ISSN 1016-9288
제45권 2호
2018년 2월호

전자공학회지

The Magazine of the IEIE

vol.45. no.2

차세대 동영상 압축 기술

- JVET 차세대 비디오 부호화 표준화 동향
- 차세대 비디오 부호화의 블록 분할 구조
- 차세대 비디오 부호화를 위한 JVET 인트라 예측기술
- FVC 기술 소개 – JVET Inter Prediction
- MPEG-FVC의 딥러닝 응용 비디오 압축 기술
- JVET HDR 기술
- 표준 동향FVC 360 영상 기술

대한전자공학회
The Institute of Electronics and Information Engineers
www.theieie.org

“일본 공학 · 산업기술 정보의 보고”
해동일본기술정보센터, 최신 정보 한글요약 제공

해동일본기술정보센터는 ㈜대덕전자 김정식 회장(해동과학문화재단 이사장)님의 열정과 기부금에 의해 설립되어 어느덧 8년째를 맞고 있습니다.

지난 7년간 전기공학, 기계항공, 건설, 토목, 환경, 건축, 재료, 화공, 바이오 등 공학 전 분야의 일본 기술서적과 일본 정부 및 산업계의 백서 및 기술보고서 등을 구입하여 명실상부한 일본 산업기술 전문 정보센터로서의 기반을 닦아왔습니다.

이러한 자료를 국내 학술연구자와 산업계 종사자에게 더 빠르고 정확하게 전파하기 위해, 이번에 모바일 기기에서도 편하게 사용할 수 있는 반응형 웹으로 홈페이지를 새롭게 구축하였습니다. 또한 자료검색을 편하게 하기 위하여 각 서적 별 카테고리를 신설하고, 미래기술 및 신 산업 관련한 정보를 집중적으로 제공해드리고 있습니다. 아울러 이러한 정보를 신속하게 전달해 드리기 위해 주간브리핑과 월간 e_뉴스레터 발행과 일본산업뉴스 및 특집기사들의 한글 요약제공 등으로 여러분을 찾아갑니다. 많은 이용을 부탁드립니다.

해동일본기술정보센터
HAEDONG JAPAN TECHNOLOGY INFORMATION CENTER
HJTIC http://hjtic.snu.ac.kr

08826 서울특별시 관악구 관악로 1, 서울대학교 공과대학 35동
전화 : 02-880-8279 | 팩스번호 : 02-871-6900
자료요청 메일 : hjtic@snu.ac.kr

https://www.facebook.com/snuhjtic
http://blog.naver.com/hjtic2010
카카오톡 오픈채팅@HJTIC 브리핑룸

2018 하계종합학술대회

2018 IEIE SUMMER CONFERENCE

2018년 6월 27일(수) ~ 29일(금) | 롯데호텔 제주(중문)

주요일정

① 논문제출 : 2018년 5월 11일(금)
② 심사통보 : 2018년 5월 25일(금)
③ 사전등록 : 2018년 5월 25일(금)~6월 10일(일)

발표분야

소사이어티	연구회
통신(Communication)	통신, 스위칭 및 라우팅, 마이크로파 및 전파전파, ITS, 정보보안시스템, 군사전자, 방송·통신 융합기술, 무선PAN/BAN, 미래 네트워크
반도체(Semiconductor)	반도체·재료 및 부품, SoC 설계, 광파 및 양자전자공학, PCB & Packaging, RF 집적회로기술
신호처리(Signal Processing)	영상신호처리, 음향 및 신호처리, 영상이해, 바이오영상신호처리
시스템 및 제어 (System and Control)	의용전자 및 생체공학, 제어계측, 회로 및 시스템, 전력전자, 지능로봇, 국방정보 및 제어, 자동차전자, 의료영상시스템, 스마트팩토리
컴퓨터(Computer)	융합컴퓨팅, 멀티미디어, 인공지능 신경망 및 퍼지시스템, 유비쿼터스 시스템, M2M/IoT, 증강휴먼, CPS보안
산업전자(Industry Electronics)	산업전자제어, 임베디드시스템, 유비쿼터스 센서네트워크, 디지털통신 시스템
New Emerging Area	의료, 에너지, Software, 기타

대한전자공학회 IEIE The Institute of Electronics and Information Engineers

(06130) 서울시 강남구 테헤란로 7길 22 과학기술회관 신관 907호
TEL 02-553-0255 (내선6) FAX 02-552-6093
e-mail ieie@theieie.org 홈페이지 http://confer2018.ieieweb.org

정보 및 제어 심포지엄 ICS 2018

2018 Information and Control Symposium

2018. 4. 19(목) ~ 20(금)

전북대학교 진수당(전북 전주시)

학술대회장
김영철(군산대) 심덕선(중앙대)

조직위원장
송철규(전북대) 서기성(서경대)

프로그램위원
이덕진(군산대) 김동준(청주대)
주영복(한국기술교육대) 곽노준(서울대)
이수열(경희대) 김호찬(제주대)
이상문(경북대) 박현욱(KAIST)
김지홍(전주비전대) 백주훈(광운대)
김기연(한국산업기술시험원) 김동헌(경남대)

재무위원
김준식 (KIST) 최영진(한양대)
정재훈(동국대) 오호진(진전기엔지니어링)
이상문(선문대) 이해승(ETAS코리아)
최수범(KISTI) 이형표(한화건설)
김종만(전남도립대) 김재호(태영건설)
이상식(가톨릭관동대) 원삼영(현대건설)
박명진(경희대) 김용선(대우건설)
이태희(전북대) 이종민(매스웍스코리아)
최대준(한라건설) 박부견(포항공대)
이성철(GS건설) 조두은(포스코건설)

홍보위원
최현택(한국해양과학기술원) 김상우(포항공대)
김호철(을지대) 김도완(한발대)
박재병(전북대) 문용선(순천대)
김용태(한경대) 이영일(서울과기대)
변영재(울산과기대) 정구민(국민대)
조영조(ETRI) 박능수(건국대)
김용권(건양대) 정종진(대진대)

발간위원
김수찬(한경대) 김은태(연세대)
이석재(대구보건대) 이상무(생산기술연구원)
남기창(동국대) 서영수(울산대)
김용권(건양대) 손영익(명지대)
고낙용(조선대) 이정환(건국대)
강대희(유도㈜) 김준동(인천대)
좌동경(아주대) 송진우(세종대)

운영위원
이경중(연세대) 권종원(KTL)
서성규(고려대) 김경호(단국대)
여희주(대진대) 조현종(강원대)
이경중(연세대) 박태형(충북대)
남기창(동국대) 황익호(ADD)
이기백(광운대) 오성권(수원대)
고낙용(조선대) 민세동(순천향대)
이학성(세종대)

총무위원
양연모(금오공대) 엄광식(인텔리안 테크놀로지스)
유정봉(공주대) 유성진(중앙대)
김영진(생산기술연구원) 안춘기(고려대)
권종원(한국산업기술시험원) 나원상(한동대)

자문위원
박종국(경희대) 양해원(한양대)
서일홍(한양대) 허욱렬(인하대)
김덕원(연세대) 김낙교(건국대)
김희식(서울시립대) 남부희(강원대)
허경무(단국대) 김영철(충북대)
오창현(고려대) 김갑일(명지대)
오상록(KIST) 남현도(단국대)
오승록(단국대) 주영훈(군산대)
정길도(전북대) 안현식(국민대)
이건영(광운대)
김일환(강원대)

대한전자공학회와 대한전기학회가 공동으로 주관하는 2018년도 정보 및 제어 심포지엄 (ICS 2018)이 2018년 4월 19일(목)~20일(금)에 전주 전북대학교 진수당에서 개최됩니다. 정보 및 제어 분야의 최신 연구 결과가 발표되는 본 학술회의는 인공지능 및 제어분야의 특별강연과 초청논문을 포함한 구두 논문발표, 포스터 논문발표 등 다양한 학술행사로 구성되며, 학계 및 산업계의 전문가들의 교류의 장이 될 것입니다. 정보 및 제어 분야의 현재를 진단하고 미래를 전망할 수 있는 ICS 2018 에 여러분을 초대합니다.

대한전자공학회 시스템 및 제어 소사이어티 회 장 김영철
대한전기학회 정보 및 제어 부문회 회 장 심덕선

▣ 논문 발표 분야

- Aerospace Control & Application · Artificial Intelligence
- Audio, Image, Video Signal Processing
- Automotive Electronics · Biomedical Systems
- Communication and Signal Processing · Control Systems
- Embedded System · Human-Computer Interaction
- Intelligent Control · Mechatronics · Mobile Systems
- Navigation · Pattern Recognition · Power Electronics
- Robotics · Security & Content Protection · Smart Car
- Sensor and Measurement · Ship Information Technology
- Smart Factory · Telematics · Ubiquitous Network

▣ 논문투고 및 사전등록 일정

1차 논문 제출 마감: 2018. 3. 16. (금)

심사결과 통보: 2018. 3. 22. (목)

완성논문 접수 마감: 2018. 3. 30. (금)

사전등록: 2018. 3. 30.(금) ~ 4. 12. (목)

제출처: http://ics2018.ieleweb.org

▣ 문의처

대한전자공학회 사무국 이안순 부장

전화: 02-553-0255(내선 6번)

e-mail: ieie@theieie.org

▣ 발표논문 중 우수논문을 선정하여 대한전자공학회/ 대한전기학회 국문지에 게재예정입니다.

▣ 학부 인력양성사업

학부생 논문 모집, 발표, 학부생 논문 중 우수한 논문 논문상 수여, 창의적 공학 설계 발표, 우수한 작품 수상이 있을 예정 입니다.

대한전자공학회
IEIE The Institute of Electronics and Information Engineers

대한전기학회 정보 및 제어 부문회
THE KOREAN INSTITUTE OF ELECTRICAL ENGINEERS

Call for Papers

www.icce-asia2018.org

IEEE/IEIE ICCE-Asia 2018

The Third International Conference On Consumer Electronics (ICCE) Asia

June 24th(Sun) - June 26th(Tue), 2018

Ramada Plaza Hotel, Jeju, Korea

International Conference on Consumer Electronics Asia 2018 (ICCE-Asia 2018) is soliciting papers in the consumer electronics with a special interest in artificial intelligence and smart drones.

Organized by the IEEE Consumer Electronics Society and the Institute of Electronics and Information Engineers, ICCE-Asia 2018 which will be held in the island of Jeju, Korea (www.visitjeju.net/en) is an event open to researchers and engineers from industry, research centres, and academia to exchange information and results related to consumer electronics (CE). The conference will feature outstanding keynote speakers, high quality tutorials, special sessions and peer-reviewed papers. It hopes to attract a global audience from industry and academia. It is a perfect opportunity to promote affiliated company/organization to an audience of world-class researchers in the CE industry.

TOPICS OF IEEE/IEIE ICCE-ASIA 2018

- Artificial Intelligence and Machine Learning for CE Applications (AIM)
- Robotics, Drones, Automation Technologies and Interfaces (RDA)
- Security and Privacy of CE Hardware and Software Systems (SPC)
- Energy Management of CE Hardware and Software Systems (EMC)
- Application-Specific CE for Smart Cities (SMC)
- RF, Wireless, and Network Technologies (WNT)
- Internet of Things and Internet of Everywhere (IoT)
- Entertainment, Gaming, and Virtual and Augmented Reality (EGV)
- AV Systems, Image and Video, and Cameras and Acquisition (AVS)
- Automotive CE Applications (CEA)
- CE Sensors and MEMS (CSM)
- Consumer Healthcare Systems (CHS)
- Enabling and HCI Technologies (HCI)
- Smartphone and Mobile Device Technologies (MDT)
- Semiconductor Devices for Consumer Electronics (SCE)
- Other Technologies Related with CE (MIS)

SPECIAL SESSIONS

Special session proposals are invited to IEEE/IEIE ICCE-Asia 2018, and inquiries regarding submission should be directed to the Special Session Chair. The proposals need to be submitted to the Special Session Chair (sangwan@kaist.ac.kr) by March 2, 2018. The proposal template is available on the conference webpage.

BEST PAPER REWARDS

The authors of the best papers will be presented Gold, Silver, and Bronze awards. Selected top quality papers will be recommended to be published in the Journal of Semiconductor Technology and Science (JSTS) or a special issue of IEIE Transactions on Smart Processing and Computing.

PAPER SUBMISSION

Prospective authors can submit their papers by following the guidelines posted on the conference webpage (http://www.icce-asia2018.org). Accepted papers will be published in IEEE Xplorer when the copyright transfer agreement is signed and returned by the authors.

AUTHOR'S SCHEDULE

• Submission due	March 2, 2018
• Accepted papers and special sessions notification	April 6, 2018
• Final submission due	May 4, 2018

E-mail for general information: inter@theieie.org

IEEE IEIE

Committee Member

General Chair
Chang Dong Yoo, KAIST

General Co-chair
Seung-Kwon Ahn, Vice President IEIE & President LG Science Park and LG Technology Council
Sharon Peng, President IEEE CE Society
Dong Eui Chang, KAIST

Technical Program Committee Chair
Sanghoon Paek, Korea University

Organization Chair
Jong-Moon Chung, Yonsei University

Industrial Relations Chair
Jansik Choi, UNIST
Jun-jin Kong, Samsung Electronics Co., Ltd.

Industry Liaison Chair
Stefan Mozar, CEO, Dynexsys

Publicity Chair
Jang Myung Lee, Pusan National University
Alex James, Nazarbayev University

Plenary and Tutorial Chair
Junmo Kim, KAIST

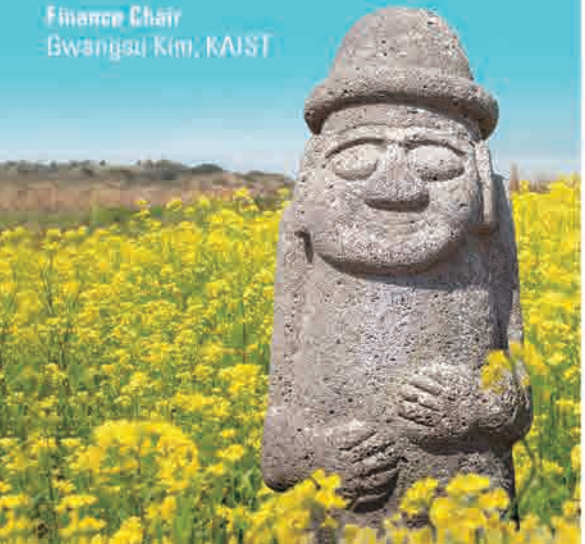
Publication Chair
Donggyu Sim, Kwangwoon University

Special Session Chair
Sang Wan Lee, KAIST

Registration Chair
Bil-Jin Jang, Kyungpook National University

Local Chair
Jinwook Burm, Sogang University

Finance Chair
Gwangsu Kim, KAIST



대한민국 4차 산업혁명
KITIS가 함께합니다

KITIS는 우리나라 대학교, 국가연구기관
그리고 기업에 학술 연구 정보를 제공합니다.

IEEE Advancing Technology for Humanity
전기전자 산업
기술의 기준

InnovationQ PLUS
POWERED BY IEEE AND IP.COM
AI를 활용한
특허검색 플랫폼

SAE INTERNATIONAL
자율주행자동차
기술의 기준

IHS Markit IEEE SAE INTERNATIONAL Authorized Dealer in Korea
www.kitis.co.kr

kitis 키티스産學硏情報(株)
KITIS Info. & Co., Ltd
대표 홍영표(서울대학교 홍동창회 중신이사) TEL. 02-3474-5290(代)

CONTENTS

제45권 2호 (2018년 2월)

※ 학회지 2월호 표지 (vol 45, No 2)

회지편집위원회

- **위원장** 정 영 모 (한성대학교 교수)
- **위 원** 권 종 원 (한국산업기술시험원 선임연구원)
  김 수 찬 (한경대학교 교수)
  김 영 선 (대림대학교 교수)
  김 창 수 (고려대학교 교수)
  김 현 (부천대학교 교수)
  박 수 현 (국민대학교 교수)
  박 인 규 (인하대학교 교수)
  박 종 선 (고려대학교 교수)
  변 영 재 (UNIST 교수)
  심 정 연 (강남대학교 교수)
  윤 지 훈 (서울과학기술대학교 교수)
  이 종 호 (가천대학교 교수)
  이 찬 수 (영남대학교 교수)
  이 창 우 (가톨릭대학교 교수)
  이 희 덕 (충남대학교 교수)
  인 치 호 (세명대학교 교수)
  정 찬 호 (한밭대학교 교수)
- **사무국 편집담당**
  변 은 정 차장(내선 3)
  TEL : (02)553-0255(대)
  FAX : (02)552-6093
- **학회 홈페이지**
  http://www.theieie.org

학회소식

12 학회소식 / 편집부

17 특집편집기 / 송병철

특집 : 차세대 동영상 압축 기술: Future Video Coding

18 JVET 차세대 비디오 부호화 표준화 동향– CfP 소개 및 JEM 구조/성능 분석 중심으로 / 강정원, 김휘용

28 차세대 비디오 부호화의 블록 분할 구조 / 백아람, 최해철

36 차세대비디오 부호화를 위한 JVET 인트라 예측기술 / 박지윤, 전병우

44 FVC 기술 소개 – JVET Inter Prediction / 박도현, 김재곤

55 MPEG–FVC의 딥러닝 응용 비디오 압축 기술 / 강제원

61 JVET HDR 기술 / 오현묵

73 표준 동향FVC 360 영상 기술 / 최기호

회원광장

83 ICEIC 2018 하와이 참석기 / 변하영

85 논문지 논문목차

87 박사학위 논문

정보교차로

88 국내외 학술행사 안내 / 편집부

97 신간안내

98 특별회원사, 단체회원

대한전자공학회
IEIE The Institute of Electronics and Information Engineers

2018년도 임원 및 각 위원회 위원

회 장	백 준 기 (중앙대학교 교수)	
수석부회장	최 천 원 (단국대학교 교수) – 소사이어티, 재무, 기획	
고 문	구 원 모 (전자신문사 대표이사)	김 기 남 (삼성전자㈜ 사장)
	박 성 욱 (SK하이닉스㈜ 부회장)	박 청 원 (전자부품연구원 원장)
	백 만 기 (김&장법률사무소 변리사)	이 상 훈 (한국전자통신연구원 원장)
	이 재 욱 (노키아티엠씨 명예회장)	이 희 국 (㈜LG 상임고문)
	천 경 준 (㈜씨젠 회장)	
감 사	정 교 일 (한국전자통신연구원 책임연구원)	백 흥 기 (전북대학교 교수)
부 회 장	서 승 우 (서울대학교 교수) – JSTS, 논문지, 정보화, 홍보, 교육	임 혜 숙 (이화여자대학교 교수) – 학술대회, SPC
	전 병 우 (성균관대학교 교수) – 사업, 학회지, 회원, 표준화	이 장 명 (부산대학교 교수) – 지부
	안 승 권 (LG사이언스파크/LG기술협의회 대표/의장)	
산업체부회장	오 성 목 (KT 사장)	이 석 희 (SK하이닉스㈜ 사장)
	조 승 환 (삼성전자㈜ 부사장)	
소사이어티 회장	이 흥 노 (광주과학기술원 교수) – 통신	전 영 현 (삼성SDI㈜ 대표이사) – 반도체
	강 문 식 (강릉원주대학교 교수) – 컴퓨터	김 창 익 (KAIST 교수) – 신호처리
	김 영 철 (군산대학교 교수) – 시스템 및 제어	이 병 선 (김포대학교 교수) – 신업전자
협동부회장	김 달 수 (㈜티엘아이 대표이사)	김 부 균 (숭실대학교 교수)
	김 상 태 (한국산업기술평가관리원 본부장)	김 종 대 (한국전자통신연구원 책임연구원)
	남 상 엽 (국제대학교 교수)	박 찬 구 (인피니언테크놀로지스파워세미텍 대표이사)
	박 형 무 (동국대학교 교수)	손 보 익 (㈜실리콘웍스 대표이사)
	송 문 섭 ((유)엠세븐시스템 대표이사)	엄 낙 웅 (한국전자통신연구원 소장)
	유 현 규 (한국전자통신연구원 책임연구원)	이 강 현 (조선대학교 교수)
	이 광 엽 (서경대학교 교수)	이 상 홍 (정보통신기술진흥센터 센터장)
	이 상 회 (동서울대학교 교수)	이 승 훈 (서강대학교 교수)
	이 윤 종 (㈜DB하이텍 부사장)	이 재 훈 (유정시스템㈜ 사장)
	인 치 호 (세명대학교 교수)	임 혁 (광주과학기술원 교수)
	장 태 규 (중앙대학교 교수)	정 은 승 (삼성전자㈜ 사장)
	정 준 (㈜쏠리드 대표이사)	정 진 용 (인하대학교 교수)
	조 상 복 (울산대학교 교수)	최 승 원 (한양대학교 교수)
	허 영 (한국전기연구원 본부장)	호 요 성 (광주과학기술원 교수)
상 임 이 사	공 준 진 (삼성전자㈜ Master) – 산학연	권 종 원 (한국산업기술시험원 선임연구원) – 논문(SC)
	김 동 규 (한양대학교 교수) – 논문(SD)	김 동 식 (인하공업전문대학 교수) – 사업(IE)
	김 선 욱 (고려대학교 교수) – 총무	김 소 영 (성균관대학교 교수) – 정보화
	김 수 찬 (한경대학교 교수) – 사업(SC)	김 승 천 (한성대학교 교수) – 논문(CI)
	김 원 종 (한국전자통신연구원 실장) – 표준화	노 원 우 (연세대학교 교수) – 재무
	백 광 현 (중앙대학교 교수) – 논문총괄	범 진 욱 (서강대학교 교수) – 사업(SD)
	송 병 철 (인하대학교 교수) – 사업(SP)	신 오 순 (숭실대학교 교수) – 논문(TC)
	심 동 규 (광운대학교 교수) – SPC 편집	유 창 동 (KAIST 교수) – 국제협력/ICCE-Asia
	유 회 준 (KAIST 교수) – JSTS 편집	윤 석 현 (단국대학교 교수) – 사업(TC)
	이 강 윤 (성균관대학교 교수) – 사업총괄	이 채 은 (인하대학교 교수) – 홍보
	이 충 용 (연세대학교 교수) – 기획	이 혁 재 (서울대학교 교수) – 학술(하계)
	임 재 열 (한국기술교육대학교 교수) – 교육	정 영 모 (한성대학교 교수) – 회지편집
	정 종 문 (연세대학교 교수) – 회원/ICCE-Asia	조 도 현 (인하공업전문대학 교수) – 논문(IE)
	한 종 기 (세종대학교 교수) – 논문(SP)	황 성 운 (홍익대학교 교수) – 사업(CI)
	황 인 철 (강원대학교 교수) – 학술(추계)	
산업체이사	고 요 환 (㈜매그나칩반도체 전무)	김 태 진 (㈜더즈텍 사장)
	김 현 수 (삼성전자㈜ 상무)	박 동 일 (현대자동차㈜ 전무)
	송 창 현 (네이버 CTO)	오 의 열 (LG디스플레이㈜ 연구위원)
	윤 영 권 (삼성전자㈜ 마스터)	조 영 민 (㈜스카이크로스코리아 사장)
	조 재 문 (삼성전자㈜ 부사장)	차 종 범 (구미전자정보기술원 원장)
	최 승 종 (LG전자㈜ 전무)	최 진 성 (도이치텔레콤 부사장)
	함 철 희 (삼성전자㈜ Master)	홍 국 태 (LG전자㈜ 연구위원)
이 사	강 동 구 (한국전기연구원 선임연구원) – 홍보	공 배 선 (성균관대학교 교수) – 학술(하계)
	권 기 룡 (부경대학교 교수) – 학술(추계)	권 종 기 (한국전자통신연구원 책임연구원) – 사업
	김 대 순 (전주비전대학교 교수) – 지부(전북)	김 상 철 (국민대학교 교수) – 회원

김 성 진 (경남대학교 교수) – 지부(부산경남울산)
김 영 선 (대림대학교 교수) – 회원
김 재 곤 (한국항공대학교 교수) – 국문논문(SP)
김 지 훈 (이화여자대학교 교수) – 총무/학술(하계)
김 진 수 (한밭대학교 교수) – 지부(대전충남)
김 태 욱 (연세대학교 교수) – 기획
남 일 구 (부산대학교 교수) – 학술(추계)
동 성 수 (용인송담대학교 교수) – 사업
박 인 규 (인하대학교 교수) – 회지
박 현 창 (동국대학교 교수) – 교육
변 경 수 (인하대학교 교수) – 홍보
성 해 경 (한양여자대학교 교수) – 정보화
송 진 호 (연세대학교 교수) – 회원
유 성 철 (LG히다찌 본부장) – 사업(IE)
이 민 호 (경북대학교 교수) – 사업(CI)
이 승 호 (한밭대학교 교수) – 국문논문(총괄)
이 찬 수 (영남대학교 교수) – 사업(총괄)
이 한 호 (인하대학교 교수) – 사업(SD)/산학연
장 익 준 (경희대학교 교수) – 학술(하계)
제 민 규 (KAIST 교수) – 교육
채 영 철 (연세대학교 교수) – 재무
한 영 선 (경일대학교 교수) – 총무/SPC 편집

협 동 이 사

강 대 성 (동아대학교 교수) – 지부(부산경남울산)
고 병 철 (계명대학교 교수) – 사업(CI)
김 경 기 (대구대학교 교수) – 국제협력
김 도 현 (제주대학교 교수) – 기획
김 만 배 (강원대학교 교수) – 국문논문(SP)
김 준 모 (KAIST 교수) – 국제협력
김 　 짐 (한국산업기술평가관리원 선임연구원) – 사업
남 기 창 (동국대학교 교수) – 회원
박 기 찬 (건국대학교 교수) – 표준화
박 수 현 (국민대학교 교수) – 회지
박 원 규 (한국나노기술원 팀장) – 표준화
박 형 민 (서강대학교 교수) – 사업(CI)
변 영 재 (UNIST 교수) – 회지
안 태 원 (동양미래대학교 교수) – 국문논문(총괄)
연 규 봉 (자동차부품연구원 팀장) – 사업
윤 성 로 (서울대학교 교수) – 회원
이 우 주 (명지대학교 교수) – 국문논문(총괄)
이 종 호 (가천대학교 교수) – 국문논문(TC)
이 태 동 (국제대학교 교수) – 학술(하계)
정 승 원 (동국대학교 교수) – SPC/학술(추계)
조 성 현 (힌양대학교 교수) – 사업
최 강 선 (한국기술교육대학교 교수) – SPC 편집
하 정 우 (네이버 Tech Leader) – 홍보
허 재 두 (한국전자통신연구원 본부장) – ICCE-Asia
김 성 호 (한국산업기술평가관리원 팀장) – 학술(하계)
김 용 신 (고려대학교 교수) – 학술(추계)
김 종 옥 (고려대학교 교수) – 정보화
김 진 상 (경희대학교 교수) – 사업(SD)
김 창 수 (고려대학교 교수) – 회지
김 태 원 (상지영서대학교 교수) – 홍보
노 태 문 (한국전자통신연구원 책임연구원) – 학술(하계)
류 수 정 (삼성전자㈜ 상무) – 산학연
박 철 수 (광운대학교 교수) – SPC 편집
배 준 호 (가천대학교 교수) – 표준화
서 춘 원 (김포대학교 교수) – 기획
송 상 헌 (중앙대학교 교수) – 교육
심 정 연 (강남대학교 교수) – 회지
윤 지 훈 (서울과학기술대학교 교수) – 국문논문(TC)
이 성 수 (숭실대학교 교수) – 기획
이 윤 식 (UNIST 교수) – 홍보
이 창 우 (가톨릭대학교 교수) – 회지
장 길 진 (경북대학교 교수) – 국제협력
정 진 곤 (중앙대학교 교수) – 국문논문(총괄)
차 철 웅 (전자부품연구원 책임연구원) – 표준화
최 재 식 (UNIST 교수) – 국제협력
홍 성 훈 (전남대학교 교수) – 광주전남지부
강 윤 희 (백석대학교 교수) – 호서지부
권 구 덕 (강원대학교 교수) – 학술(추계)
김 광 수 (KAIST 교수) – 국제협력
김 동 현 (ICTK 사장) – 산학연
김 상 완 (아주대학교 교수) – 홍보
김 진 성 (선문대학교 교수) – 학술(하계)
김 　 현 (서울대학교 교수) – 홍보
류 성 한 (한남대학교 교수) – 학술(추계)
박 성 욱 (강릉원주대학교 교수) – 학술(하계)
박 영 훈 (숙명여자대학교 교수) – 학술(하계)
박 종 선 (고려대학교 교수) – 사업(SD)
변 대 석 (삼성전자㈜ Master) – 산학연
선 우 경 (이화여자대학교 교수) – 정보화
엄 우 용 (인하공업전문대학 교수) – 국제협력
오 병 태 (한국항공대학교 교수) – 사업(총괄)
이 문 구 (김포대학교 교수) – 교육
이 재 성 (한국교통대학교 교수) – 학술(하계)
이 주 헌 (동아방송예술대학교 교수) – 교육
이 형 민 (고려대학교 교수) – 학술(추계)
정 재 필 (가천대학교 교수) – 산학연
채 관 엽 (삼성전자㈜ 박사) – 학술(추계)
최 재 원 (㈜다음소프트 이사) – 사업(CI)
한 태 희 (성균관대학교 교수) – 교육
황 인 정 (명지병원 책임연구원) – 사업(CI)

지부장 명단

강 원 지 부	김 남 용 (강원대학교 교수)
대구 · 경북지부	최 현 철 (경북대학교 교수)
부산 · 경남 · 울산지부	이 상 훈 (경남대학교 교수)
제 주 지 부	김 경 연 (제주대학교 교수)
호 서 지 부	장 은 영 (공주대학교 교수)
미 국	최 명 준 (텔레다인 박사)
러 시 아 지 부	Prof. Edis B. TEN (National University of Science and Technology)
광주 · 전남지부	원 용 관 (전남대학교 교수)
대전 · 충남지부	주 성 순 (한국전자통신연구원 박사)
전 북 지 부	송 제 호 (전북대학교 교수)
충 북 지 부	최 영 규 (한국교통대학교 교수)
일 본	백 인 천 (AIZU대학교 교수)

위원회 명단

자문위원회

위 원 장	홍 승 홍 (명예회장)		
부 위 원 장	이 문 기 (명예회장)		
위 원	고 성 제 (고려대학교 교수)	구 용 서 (단국대학교 교수)	김 덕 진 (명예회장)
	김 도 현 (명예회장)	김 성 대 (KAIST 교수)	김 수 중 (명예회장)
	김 영 권 (명예회장)	김 재 희 (연세대학교 교수)	김 정 식 (대덕전자 회장)
	나 정 웅 (명예회장)	문 영 식 (한양대학교 교수)	박 규 태 (명예회장)
	박 성 한 (명예회장)	박 진 옥 (명예회장)	박 항 구 (소암시스텔 회장)
	서 정 욱 (명예회장)	성 굉 모 (서울대학교 명예교수)	윤 종 용 (삼성전자 상임고문)
	이 상 설 (명예회장)	이 재 홍 (서울대학교 교수)	이 진 구 (동국대학교 석좌교수)
	이 충 웅 (명예회장)	이 태 원 (명예회장)	임 제 탁 (명예회장)
	전 국 진 (서울대학교 교수)	전 홍 태 (중앙대학교 교수)	정 정 화 (한양대학교 석좌교수)

기획위원회

위 원 장	이 충 용 (연세대학교 교수)		
위 원	김 지 훈 (이화여자대학교 교수)	김 태 욱 (연세대학교 교수)	노 원 우 (연세대학교 교수)
	백 상 헌 (고려대학교 교수)	박 영 준 (한양대학교 교수)	서 춘 원 (김포대학교 교수)
	양 준 성 (성균관대학교 교수)	장 익 준 (경희대학교 교수)	조 성 현 (한양대학교 교수)
	채 영 철 (연세대학교 교수)		

학술연구위원회-하계

위 원 장	이 혁 재 (서울대학교 교수)		
위 원	강 문 식 (강릉원주대학교 교수)	공 배 선 (성균관대학교 교수)	김 성 호 (한국산업기술평가관리원 팀장)
	김 지 훈 (이화여자대학교 교수)	김 진 성 (선문대학교 교수)	김 현 (서울대학교 교수)
	노 태 문 (한국전자통신연구원 책임연구원)	동 성 수 (용인송담대학교 교수)	박 성 욱 (강릉원주대학교 교수)
	박 영 훈 (숙명여자대학교 교수)	이 재 성 (교통대학교 교수)	이 채 은 (인하대학교 교수)
	이 태 동 (국제대학교 교수)	장 익 준 (경희대학교 교수)	정 윤 호 (한국항공대학교 교수)

학술연구위원회-추계

위 원 장	황 인 철 (강원대학교 교수)		
위 원	권 구 덕 (강원대학교 교수)	권 기 룡 (부경대학교 교수)	김 용 신 (고려대학교 교수)
	남 일 구 (부산대학교 교수)	류 성 한 (한남대학교 교수)	이 형 민 (고려대학교 교수)
	정 승 원 (동국대학교 교수)	채 관 엽 (삼성전자 박사)	한 영 선 (경일대학교 교수)

논문편집위원회

위 원 장	백 광 현 (중앙대학교 교수)		
위 원	권 종 원 (한국산업기술시험원 선임연구원)	김 동 규 (한양대학교 교수)	김 만 배 (강원대학교 교수)
	김 승 천 (한성대학교 교수)	김 재 곤 (한국항공대학교 교수)	신 오 순 (숭실대학교 교수)
	안 태 원 (동양미래대학교 교수)	윤 지 훈 (서울과학기술대학교 교수)	이 승 호 (한밭대학교 교수)
	이 우 주 (명지대학교 교수)	이 종 호 (가천대학교 교수)	정 진 곤 (중앙대학교 교수)
	조 도 현 (인하공업전문대학 교수)	한 종 기 (세종대학교 교수)	

국제협력위원회

위 원 장	유 창 동 (KAIST 교수)		
위 원	김 경 기 (대구대학교 교수)	김 광 수 (KAIST 교수)	김 준 모 (KAIST 교수)
	송 상 헌 (중앙대학교 교수)	엄 우 영 (인하공업전문대학 교수)	장 길 진 (경북대학교 교수)
	최 재 식 (UNIST 교수)	허 재 두 (한국전자통신연구원 본부장)	

산학연협동위원회

위 원 장	공 준 진 (삼성전자 Master)		
위 원	김 동 현 (ICTK 사장)	김 익 균 (한국전자통신연구원 그룹장)	류 수 정 (삼성전자 상무)
	민 경 식 (국민대학교 교수)	박 종 선 (고려대학교 교수)	변 대 석 (삼성전자 Master)
	이 영 주 (광운대학교 교수)	이 한 호 (인하대학교 교수)	정 재 필 (가천대학교 교수)
	최 두 호 (한국전자통신연구원 실장)	한 태 희 (성균관대학교 교수)	

회원관리위원회

위 원 장	정 종 문 (연세대학교 교수)		
위 원	김 상 철 (국민대학교 교수)	김 영 선 (대림대학교 교수)	김 진 상 (경희대학교 교수)
	남 기 창 (동국대학교 교수)	박 종 일 (한양대학교 교수)	송 진 호 (연세대학교 교수)
	신 종 원 (광주과학기술원 교수)	유 정 봉 (공주대학교 교수)	윤 성 로 (서울대학교 교수)
	정 용 규 (을지대학교 교수)		

회지편집위원회

위 원 장 정 영 모 (한성대학교 교수)

위 원 권 종 원 (한국산업기술시험원 선임연구원) 김 수 찬 (한경대학교 교수) 김 영 선 (대림대학교 교수)
김 창 수 (고려대학교 교수) 김 현 (부천대학교 교수) 박 수 현 (국민대학교 교수)
박 인 규 (인하대학교 교수) 박 종 선 (고려대학교 교수) 변 영 재 (UNIST 교수)
심 정 연 (강남대학교 교수) 윤 지 훈 (서울과학기술대학교 교수) 이 종 호 (가천대학교 교수)
이 찬 수 (영남대학교 교수) 이 창 우 (가톨릭대학교 교수) 이 희 덕 (충남대학교 교수)
인 치 호 (세명대학교 교수) 정 찬 호 (한밭대학교 교수)

사업위원회

총괄 위원장 이 강 윤 (성균관대학교 교수)
CI위원장 황 성 운 (홍익대학교 교수)
IE위원장 김 동 식 (인하공업전문대학 교수)
SC위원장 김 수 찬 (한경대학교 교수)
SD위원장 범 진 욱 (서강대학교 교수)
SP위원장 송 병 철 (인하대학교 교수)
TC위원장 윤 석 현 (단국대학교 교수)

위 원 강 석 주 (서강대학교 교수) 고 병 철 (계명대학교 교수) 권 종 기 (한국전자통신연구원 책임연구원)
김 용 운 (옴니C&S 대표) 김 원 준 (건국대학교 교수) 김 진 상 (경희대학교 교수)
김 진 태 (건국대학교 교수) 김 짐 (한국산업기술평가관리원 선임연구원) 김 현 진 (단국대학교 교수)
동 성 수 (용인송담대학교 교수) 박 종 선 (고려대학교 교수) 박 형 민 (서강대학교 교수)
신 철 호 (한국전자통신연구원 실장) 연 규 봉 (자동차부품연구원 팀장) 오 병 태 (한국항공대학교 교수)
유 성 철 (LG히다찌 본부장) 이 민 재 (광주과학기술원 교수) 이 민 호 (경북대학교 교수)
이 윤 구 (광운대학교 교수) 이 찬 수 (영남대학교 교수) 이 한 호 (인하대학교 교수)
임 승 옥 (전자부품연구원 센터장) 조 성 현 (한양대학교 교수) 최 욱 (인천대학교 교수)
최 재 원 (㈜다음소프트 이사) 황 인 정 (명지병원 책임연구원)

교육위원회

위 원 장 임 재 열 (한국기술교육대학교 교수)

위 원 동 성 수 (용인송담대학교 교수) 박 현 창 (동국대학교 교수) 송 상 헌 (중앙대학교 교수)
이 문 구 (김포대학교 교수) 이 주 헌 (동아방송예술대학교 교수) 이 찬 호 (숭실대학교 교수)
최 강 선 (한국기술교육대학교 교수)

홍보위원회

위 원 장 이 채 은 (인하대학교 교수)

위 원 강 동 구 (한국전기연구원 선임연구원) 김 상 완 (아주대학교 교수) 김 태 원 (상지영서대학교 교수)
김 현 (서울대학교 교수) 변 경 수 (인하대학교 교수) 이 윤 식 (UNIST 교수)
하 정 우 (네이버 Tech Leader)

표준화위원회

위 원 장 김 원 종 (한국전자통신연구원 실장)
간사/위원 배 준 호 (가천대학교 교수)

위 원 강 성 원 (한국전자통신연구원 본부장) 권 기 원 (성균관대학교 교수) 김 동 규 (한양대학교 교수)
김 시 호 (연세대학교 교수) 박 기 찬 (건국대학교 교수) 박 원 규 (한국나노기술원 본부장)
변 지 수 (경북대학교 교수) 송 영 재 (성균관대학교 교수) 송 용 호 (한양대학교 교수)
연 규 봉 (자동차부품연구원 센터장) 이 상 근 (성균관대학교 교수) 이 서 호 (한국기계전기전자시험연구원 과장)
이 성 수 (숭실대학교 교수) 이 종 묵 (SOL 대표) 이 하 진 (한국기초과학지원연구원 책임연구원)
이 해 성 (전주대학교 교수) 정 교 일 (한국전자통신연구원 책임연구원) 좌 성 훈 (서울과학기술대학교 교수)
차 철 웅 (전자부품연구원 책임연구원) 한 태 수 (국가기술표준원/디스플레이산업협회 표준코디) 홍 용 택 (서울대학교 교수)

정보화위원회

위 원 장 김 소 영 (성균관대학교 교수)

위 원 김 종 옥 (고려대학교 교수) 김 진 태 (건국대학교 교수) 선 우 경 (이화여자대학교 교수)
이 윤 명 (성균관대학교 교수) 이 후 진 (한성대학교 교수) 장 익 준 (경희대학교 교수)
황 진 영 (한국항공대학교 교수)

지부담당위원회

위 원 장 이 장 명 (부산대학교 교수)

위 원 김 경 연 (제주대학교 교수) 김 남 용 (강원대학교 교수) 백 인 천 (AIZU대학교 교수)
송 제 호 (전북대학교 교수) 원 용 관 (전남대학교 교수) 이 상 훈 (경남대학교 교수)
장 은 영 (공주대학교 교수) 주 성 순 (한국전자통신연구원 박사) 최 명 준 (텔레다인 박사)
최 영 규 (한국교통대학교 교수) 최 현 철 (경북대학교 교수)
Prof. Edis B. TEN (National University of Science and Technology 교수)

선거관리위원회

위 원 장	성 굉 모 (서울대학교 명예교수)		
위 원	김 선 욱 (고려대학교 교수)	김 지 훈 (이화여자대학교 교수)	노 원 우 (연세대학교 교수)
	이 충 용 (연세대학교 교수)	이 혁 재 (서울대학교 교수)	정 종 문 (연세대학교 교수)

포상위원회

위 원 장	문 영 식 (한양대학교 교수)		
간 사 / 위 원	김 선 욱 (고려대학교 교수)		
위 원	노 원 우 (연세대학교 교수)	백 광 현 (중앙대학교 교수)	이 혁 재 (서울대학교 교수)
	최 천 원 (단국대학교 교수)		

재정위원회

위 원 장	백 준 기 (중앙대학교 교수)		
위 원	노 원 우 (연세대학교 교수)	문 영 식 (한양대학교 교수)	박 병 국 (서울대학교 교수)
	박 찬 구 (인피니언테크놀로지스파워세미텍 대표이사)	이 재 훈 (유정시스템 대표이사)	정 교 일 (한국전자통신연구원 책임연구원)
	최 승 종 (LG전자 전무)	최 천 원 (단국대학교 교수)	한 대 근 (실리콘웍스 교수)

인사위원회

위 원 장	백 준 기 (중앙대학교 교수)		
위 원	김 선 욱 (고려대학교 교수)	노 원 우 (연세대학교 교수)	이 충 용 (연세대학교 교수)
	최 천 원 (단국대학교 교수)		

SPC위원회

위 원 장	심 동 규 (광운대학교 교수)		
부 위 원 장	박 철 수 (광운대학교 교수)		
위 원	강 석 주 (서강대학교 교수)	김 영 민 (광운대학교 교수)	김 창 수 (고려대학교 교수)
	김 태 석 (광운대학교 교수)	김 현 (서울대학교 교수)	신 원 용 (단국대학교 교수)
	유 양 모 (서강대학교 교수)	이 재 훈 (고려대학교 교수)	이 채 은 (인하대학교 교수)
	정 승 원 (동국대학교 교수)	조 성 현 (한양대학교 교수)	최 강 선 (한국기술교육대학교 교수)
	한 영 선 (경일대학교 교수)		

JSTS위원회

위 원 장	Hoi-Jun Yoo (KAIST)	
부 위 원 장	Dim-Lee Kwong (Institute of Microelectronics)	
위 원	Akira Matsuzawa (Tokyo Institute of Technology)	Byeong-Gyu Nam (Chungnam National Univ.)
	Byung-Gook Park (Seoul National Univ.)	Cary Y. Yang (Santa Clara Univ.)
	Chang sik Yoo (Hanyang Univ.)	Chennupati Jagadish (Australian National Univ.)
	Deog-Kyoon Jeong (Seoul National Univ.)	Dong S. Ha (Virginia Tech)
	Eun Sok Kim (USC)	Gianaurelio Cuniberti (Dresden Univ. of Technology)
	Hi-Deok Lee (Chungnam Univ.)	Hong June Park (POSTECH)
	Hyoung sub Kim (Sungkyunkwan Univ.)	Hyun-Kyu Yu (ETRI)
	Jamal Deen (McMaster University, Canada)	Jin wook Burm (Sogang Univ.)
	Jong-Uk Bu (Sen Plus)	Jun young Park (UX Factory)
	Kofi Makinwa (Delft Univ. of Technology)	Meyya Meyyappan (NASA Ames Research Center)
	Min-kyu Song (Dongguk Univ.)	Moon-Ho Jo (POSTECH)
	Nobby Kobayashi (UC Santa Cruz)	Paul D. Franzon (North Carolina State Univ.)
	Rino Choi (Inha Univ.)	Sang-Hun Song (Chung-Ang Univ.)
	Sang-Sik Park (Sejong Iniv.)	Seung-Hoon Lee (Sogang Univ.)
	Shen-luan Liu (National Taiwan Univ.)	Shi ho Kim (Yonsei Univ.)
	Stephen A. Campbell (Univ. of Minnesota)	Sung Woo Hwang (Korea Univ.)
	Tadahiro Kuroda (Keio Univ.)	Tae-Song Kim (KIST)
	Tsu-Jae King Liu (UC Berkeley)	Vojin G. Oklobdzija (Univ. of Texas at Dallas)
	Weileun Fang (National Tsing Hua Univ.)	Woo geun Rhee (Tsinghua Univ.)
	Yang-Kyu Choi (KAIST)	Yogesh B. Gianchandani (Univ. of Michigan, Ann Arbor)
	Yong-Bin Kim (Northeastern Univ.)	Yuhua Cheng (Peking Univ.)

통신소사이어티

회 장	이 흥 노 (광주과학기술원 교수)		
부 회 장	김 선 용 (건국대학교 교수)	김 재 현 (아주대학교 교수)	김 진 영 (광운대학교 교수)
	김 훈 (인천대학교 교수)	오 정 근 (㈜ATNS 대표이사)	유 명 식 (숭실대학교 교수)
	윤 석 현 (단국대학교 교수)	이 인 규 (고려대학교 교수)	허 준 (고려대학교 교수)
감 사	이 재 진 (숭실대학교 교수)	이 호 경 (홍익대학교 교수)	
협동부회장	김 병 남 (에이스테크놀로지 연구소장)	김 연 은 (㈜브로던 대표이사)	김 영 한 (숭실대학교 교수)
	김 용 석 (㈜답스 대표이사)	김 인 경 (LG전자 상무)	류 승 문 ((사)개인공간서비스협회 수석부의장)
	박 용 석 (㈜LICT 대표이사)	방 승 찬 (한국전자통신연구원 부장)	연 철 흠 (LG텔레콤 상무)
	이 승 호 (㈜하이게인 부사장)	이 재 훈 (유정시스템 대표이사)	정 진 섭 (이노와이어리스 부사장)
	정 현 규 (한국전자통신연구원 부장)		
이 사	김 성 훈 (한국전자통신연구원 박사)	김 정 호 (이화여자대학교 교수)	노 윤 섭 (한국전자통신연구원 박사)
	방 성 일 (단국대학교 교수)	서 철 헌 (숭실대학교 교수)	성 원 진 (서강대학교 교수)
	신 요 안 (숭실대학교 교수)	윤 종 호 (한국항공대학교 교수)	윤 지 훈 (단국대학교 교수)
	이 재 훈 (동국대학교 교수)	이 종 창 (홍익대학교 교수)	이 종 호 (가천대학교 교수)
	임 종 태 (홍익대학교 교수)	장 병 수 (이노벨류네트웍스 부사장)	조 인 호 (에이스테크놀로지 박사)
	최 진 식 (한양대학교 교수)	최 천 원 (단국대학교 교수)	허 서 원 (홍익대학교 교수)
간 사	신 오 순 (숭실대학교 교수)	김 중 헌 (중앙대학교 교수)	조 성 현 (한양대학교 교수)
연구회위원장	황 승 훈 (동국대학교 교수) – 통신		
	유 태 환 (한국전자통신연구원 팀장) – 스위칭 및 라우팅		
	조 춘 식 (한국항공대학교 교수) – 마이크로파 및 전파전파		
	이 철 기 (아주대학교 교수) – ITS		
	김 동 규 (한양대학교 교수) – 정보보안시스템		
	김 강 욱 (경북대학교 교수) – 군사전자		
	– 방송 · 통신융합기술		
	허 재 두 (한국전자통신연구원 본부장) – 무선 PAN/BAN		
	김 봉 태 (한국전자통신연구원 소장) – 미래네트워크		

반도체소사이어티

회 장	전 영 현 (삼성SDI 사장)		
자 문 위 원	권 오 경 (한양대학교 교수)	선우명훈 (아주대학교 교수)	신 윤 승 (삼성전자 고문)
	신 현 철 (한양대학교 교수)	우 남 성 (삼성전자 사장)	임 형 규 (SK 부회장)
수석부회장	조 중 휘 (인천대학교 교수)		
감 사	김 경 기 (대구대학교 교수)	최 중 호 (서울시립대학교 교수)	
연구담당부회장	조 경 순 (한국외국어대학교 교수)		
사업담당부회장	김 진 상 (경희대학교 교수)		
학술담당부회장	범 진 욱 (서강대학교 교수)		
총 무 이 사	공 준 진 (삼성전자 마스터)	김 동 규 (한양대학교 교수)	박 종 선 (고려대학교 교수)
	이 한 호 (인하대학교 교수)		
편 집 이 사	이 희 덕 (충남대학교 교수)	인 치 호 (세명대학교 교수)	한 태 희 (성균관대학교 교수)
학 술 이 사	강 진 구 (인하대학교 교수)	김 영 환 (포항공과대학 교수)	김 재 석 (연세대학교 교수)
	김 철 우 (고려대학교 교수)	노 정 진 (한양대학교 교수)	노 원 우 (연세대학교 교수)
	박 성 정 (건국대학교 교수)	박 홍 준 (포항공과대학 교수)	변 영 재 (UNIST 교수)
	송 민 규 (동국대학교 교수)	신 현 철 (광운대학교 교수)	유 창 식 (한양대학교 교수)
	이 혁 재 (서울대학교 교수)	전 민 용 (충남대학교 교수)	정 연 모 (경희대학교 교수)
	정 원 영 (인제대학교 교수)	정 진 균 (전북대학교 교수)	정 진 용 (인하대학교 교수)
	정 항 근 (전북대학교 교수)	차 호 영 (홍익대학교 교수)	최 우 영 (연세대학교 교수)
사 업 이 사	강 성 호 (연세대학교 교수)	공 배 선 (성균관대학교 교수)	권 기 원 (성균관대학교 교수)
	김 동 순 (전자부품연구원 센터장)	김 소 영 (성균관대학교 교수)	김 시 호 (연세대학교 교수)
	송 용 호 (한양대학교 교수)	엄 낙 웅 (한국전자통신연구원 소장)	윤 광 섭 (인하대학교 교수)
	조 대 형 (스위스로잔연방공대 총장수석보좌관)	조 상 복 (울산대학교 교수)	조 태 제 (삼성전기 마스터)
	최 윤 경 (삼성전자 마스터)	최 준 림 (경북대학교 교수)	
산 학 이 사	강 태 원 (넥셀 사장)	김 경 수 (넥스트칩 대표)	김 달 수 (TLI 대표)
	김 동 현 (ICTK 사장)	김 보 은 (라온텍 사장)	김 준 석 (ADT 사장)
	변 대 석 (삼성전자 마스터)	손 보 익 (실리콘웍스 대표)	송 태 훈 (휴인스 사장)
	신 용 석 (케이던스코리아 사장)	안 흥 식 (Xilinx Korea 지사장)	이 도 영 (옵토레인 사장)
	이 서 규 (픽셀플러스 대표)	이 윤 종 (동부하이텍 부사장)	이 장 규 (텔레칩스 대표)
	이 종 열 (FCI 부사장)	정 해 수 (Synopsys 사장)	최 승 종 (LG전자 전무)
	허 염 (실리콘마이터스 대표)	황 규 철 (삼성전자 상무)	황 정 현 (아이닉스 대표)
재 무 이 사	김 희 석 (청주대학교 교수)	임 신 일 (서경대학교 교수)	
회 원 이 사	이 광 엽 (서경대학교 교수)	최 기 영 (서울대학교 교수)	
간 사	강 석 형 (UNIST 교수)	김 영 민 (광운대학교 교수)	김 종 선 (홍익대학교 교수)
	김 형 탁 (홍익대학교 교수)	문 용 (숭실대학교 교수)	백 광 현 (중앙대학교 교수)
	이 강 윤 (성균관대학교 교수)	이 성 수 (숭실대학교 교수)	
연구회위원장	오 정 우 (연세대학교 교수) – 반도체소자및재료		
	이 상 신 (광운대학교 교수) – 광파및양자전자공학		
	김 동 규 (한양대학교 교수) – SoC설계		
	유 창 식 (한양대학교 교수) – RF집적회로		
	정 원 영 (인제대학교 교수) – PCB&Package		

컴퓨터소사이어티

회 장	강 문 식 (강릉원주대학교 교수)		
명 예 회 장	김 승 천 (한성대학교 교수)	김 형 중 (고려대학교 교수)	박 인 정 (단국대학교 교수)
	박 춘 명 (한국교통대학교 교수)	신 인 철 (단국대학교 교수)	안 병 구 (홍익대학교 교수)
	안 현 식 (동명대학교 교수)	이 규 대 (공주대학교 교수)	허 영 (한국전기연구원 본부장)
	홍 유 식 (상지대학교 교수)		
자 문 위 원	남 상 엽 (국제대학교 교수)	이 강 현 (조선대학교 교수)	정 교 일 (한국전자통신연구원 책임연구원)
감 사	심 정 연 (강남대학교 교수)	이 강 현 (조선대학교 교수)	
부 회 장	김 도 현 (제주대학교 교수)	윤 은 준 (경일대학교 교수)	정 용 규 (을지대학교 교수)
	황 성 운 (홍익대학교 교수)		
협동부회장	권 호 열 (강원대학교 교수)	김 영 학 (한국산업기술평가관리원 본부장)	박 수 현 (국민대학교 교수)
	우 운 택 (KAIST 교수)	조 민 호 (고려대학교 교수)	최 용 수 (성결대학교 교수)
총 무 이 사	박 성 욱 (강릉원주대학교 교수)	박 영 훈 (숙명여자대학교 교수)	
재 무 이 사	황 인 정 (명지병원 책임연구원)		
홍 보 이 사	이 덕 기 (연암공과대학교 교수)		
편 집 이 사	강 병 권 (순천향대학교 교수)	기 장 근 (공주대학교 교수)	김 진 홍 (성균관대학교 교수)
	변 영 재 (UNIST 교수)	이 석 환 (동명대학교 교수)	정 혜 명 (김포대학교 교수)
	진 성 아 (성결대학교 교수)		
학 술 이 사	강 상 욱 (상명대학교 교수)	권 태 경 (연세대학교 교수)	김 선 욱 (고려대학교 교수)
	김 천 식 (세종대학교 교수)	성 해 경 (한양여자대학교 교수)	이 문 구 (김포대학교 교수)
	이 민 호 (경북대학교 교수)	이 찬 수 (영남대학교 교수)	이 후 진 (한성대학교 교수)
	한 규 필 (금오공과대학교 교수)	한 태 화 (연세대의료원 연구팀장)	
사 업 이 사	김 홍 균 (다스파워 기술고문)	박 세 환 (한국과학기술정보연구원 전문연구위원)	박 승 창 (㈜유오씨 사장)
	조 병 순 (㈜시엔시인스트루먼트 사장)		
산 학 이 사	김 대 휘 (㈜한국정보통신 대표이사)	노 소 영 (월송출판 대표이사)	서 봉 상 (㈜올포랜드 이사)
	송 치 봉 (웨이버스 이사)	오 승 훈 (주얼린 대표이사)	유 성 철 (LG히다찌 산학협력팀장)
	조 병 영 (㈜태진인포텍 전무)		
논문편집위원장	진 훈 (경기대학교 교수)		
연구회위원장	윤 은 준 (경일대학교 교수) – 융합컴퓨팅		
	이 민 호 (경북대학교 교수) – 인공지능/신경망/퍼지		
	이 후 진 (한성대학교 교수) – 멀티미디어		
	진 훈 (경기대학교 교수) – 휴먼ICT		
	김 도 현 (제주대학교 교수) – M2M/IoT		
	우 운 택 (KAIST 교수) – 증강휴먼		
	황 성 운 (홍익대학교 교수) – CPS보안		

신호처리소사이어티

회 장	김 창 익 (KAIST 교수)		
자 문 위 원	김 정 태 (이화여자대학교 교수)	김 홍 국 (광주과학기술원 교수)	이 영 렬 (세종대학교 교수)
	전 병 우 (성균관대학교 교수)	조 남 익 (서울대학교 교수)	홍 민 철 (숭실대학교 교수)
감 사	한 종 기 (세종대학교 교수)	이 영 렬 (세종대학교 교수)	
부 회 장	김 문 철 (KAIST 교수)	박 종 일 (한양대학교 교수)	심 동 규 (광운대학교 교수)
협동부회장	강 동 욱 (정보통신기술진흥센터 CP)	김 진 웅 (한국전자통신연구원 그룹장)	백 준 기 (중앙대학교 교수)
	변 혜 란 (연세대학교 교수)	신 원 호 (LG전자 상무)	양 인 환 (TI Korea 이사)
	오 은 미 (삼성전자 Master)	이 병 욱 (이화여자대학교 교수)	지 인 호 (홍익대학교 교수)
	최 병 호 (전자부품연구원 센터장)		
이 사	강 현 수 (충북대학교 교수)	권 기 룡 (부경대학교 교수)	김 남 수 (서울대학교 교수)
	김 창 수 (고려대학교 교수)	김 해 광 (세종대학교 교수)	박 구 만 (서울과학기술대학교 교수)
	박 인 규 (인하대학교 교수)	서 정 일 (한국전자통신연구원 선임연구원)	신 지 태 (성균관대학교 교수)
	엄 일 규 (부산대학교 교수)	유 양 모 (서강대학교 교수)	이 상 근 (중앙대학교 교수)
	이 상 윤 (연세대학교 교수)	이 창 우 (가톨릭대학교 교수)	임 재 열 (한국기술교육대학교 교수)
	장 길 진 (경북대학교 교수)	장 준 혁 (한양대학교 교수)	한 종 기 (세종대학교 교수)
협 동 이 사	강 상 원 (한양대학교 교수)	강 제 원 (이화여자대학교 교수)	구 형 일 (아주대학교 교수)
	권 구 락 (조선대학교 교수)	김 기 백 (숭실대학교 교수)	김 기 백 (숭실대학교 교수)
	김 상 효 (성균관대학교 교수)	김 용 환 (전자부품연구원 선임연구원)	김 원 준 (건국대학교 교수)
	김 응 규 (한밭대학교 교수)	김 재 곤 (한국항공대학교 교수)	박 상 윤 (명지대학교 교수)
	박 현 진 (성균관대학교 교수)	박 호 종 (광운대학교 교수)	서 영 호 (광운대학교 교수)
	신 재 섭 (㈜픽스트리 대표이사)	신 종 원 (광주과학기술원 교수)	양 현 종 (UNIST 교수)
	이 기 승 (건국대학교 교수)	이 상 철 (인하대학교 교수)	이 종 설 (전자부품연구원 책임연구원)
	임 재 윤 (제주대학교 교수)	장 세 진 (전자부품연구원 센터장)	전 세 영 (UNIST 교수)
	정 찬 호 (한밭대학교 교수)	최 강 선 (한국기술교육대학교 교수)	최 승 호 (서울과학기술대학교 교수)
	최 준 원 (한양대학교 교수)	홍 성 훈 (전남대학교 교수)	
총 무 간 사	허 용 석 (아주대학교 교수)		
연구회위원장	김 무 영 (세종대학교 교수) – 음향및신호처리		
	송 병 철 (인하대학교 교수) – 영상신호처리		
	이 찬 수 (영남대학교 교수) – 영상이해		
	예 종 철 (KAIST 교수) – 바이오영상신호처리		

시스템 및 제어소사이어티

회 장	김 영 철 (군산대학교 교수)		
부 회 장	김 수 찬 (한경대학교 교수)	유 정 봉 (공주대학교 교수)	이 경 중 (연세대학교 교수)
	주 영 복 (한국기술교육대학교 교수)		
감 사	김 영 진 (생산기술연구원 박사)	남 기 창 (동국대학교 교수)	
총 무 이 사	권 종 원 (한국산업기술시험원 선임연구원)	김 용 태 (한경대학교 교수)	
재 무 이 사	김 준 식 (KIST 박사)	최 영 진 (한양대학교 교수)	
학 술 이 사	김 용 권 (건양대학교 교수)	서 성 규 (고려대학교 교수)	
편 집 이 사	남 기 창 (동국대학교 교수)	이 수 열 (경희대학교 교수)	
기 획 이 사	이 덕 진 (군산대학교 교수)	최 현 택 (한국해양과학기술원 책임연구원)	
사 업 이 사	고 낙 용 (조선대학교 교수)	양 연 모 (금오공과대학교 교수)	이 석 재 (대구보건대학교 교수)
산학연이사	강 대 희 (유도㈜ 박사)	조 영 조 (한국전자통신연구원 박사)	
홍 보 이 사	김 재 욱 (한국한의학연구원 박사)	김 호 철 (을지대학교 교수)	박 재 병 (전북대학교 교수)
	여 희 주 (대진대학교 교수)		
회 원 이 사	권 오 민 (충북대학교 교수)	김 기 연 (한국산업기술시험원 주임연구원)	김 종 만 (전남도립대학교 교수)
	김 지 홍 (전주비전대학교 교수)	문 정 호 (강릉원주대학교 교수)	박 명 진 (경희대학교 교수)
	변 영 재 (UNIST 교수)	송 철 규 (전북대학교 교수)	이 상 준 (선문대학교 교수)
	이 태 희 (전북대학교 교수)	이 학 성 (세종대학교 교수)	정 재 훈 (동국대학교 교수)
	최 수 범 (KISTI 연구원)		
자 문 위 원	김 덕 원 (연세대학교 교수)	김 희 식 (서울시립대학교 교수)	박 종 국 (경희대학교 교수)
	서 일 홍 (한양대학교 교수)	오 상 록 (KIST 분원장)	오 승 록 (단국대학교 교수)
	오 창 현 (고려대학교 교수)	정 길 도 (전북대학교 교수)	허 경 무 (단국대학교 교수)
연구회위원장	한 수 희 (POSTECH 교수) – 제어계측		
	이 성 준 (한양대학교 교수) – 회로및시스템		
	남 기 창 (동국대학교 교수) – 의용전자 및 생체공학		
	김 규 식 (서울시립대학교 교수) – 전력전자		
	김 영 철 (군산대학교 교수) – 지능로봇		
	이 석 재 (대구보건대학교 교수) – 국방정보및제어		
	이 덕 진 (군산대학교 교수) – 자동차전자		
	오 창 현 (고려대학교 교수) – 의료영상시스템		
	권 종 원 (한국산업기술시험원 선임연구원) – 스마트팩토리		

산업전자소사이어티

회 장	이 병 선 (김포대학교 교수)		
명 예 회 장	원 영 진 (부천대학교 교수)		
자 문 단	윤 기 방 (인천대학교 명예교수)	강 창 수 (유한대학교 교수)	이 원 석 (동양미래대학교 교수)
	이 상 회 (동서울대학교 교수)	남 상 엽 (국제대학교 교수)	이 상 준 (수원과학대학교 교수)
	최 영 일 (조선이공대학교 총장)	김 용 민 (충청대학교 교수)	윤 한 오 (경주스마트미디어센터 교수)
	김 종 부 (인덕대학교 교수)	진 수 춘 (한백전자 대표)	장 철 (우성정보기술 대표)
	한 성 준 (아이티센 부사장)		
감 사	김 은 원 (대림대학교 교수)	이 시 현 (동서울대학교 교수)	
부 회 장	김 동 식 (인하공업전문대학 교수)		
상 임 이 사	김 현 (부천대학교 교수)	김 상 범 (폴리텍인천 교수)	김 영 로 (명지전문대학 교수)
	김 영 선 (대림대학교 교수)	김 태 용 (구미대학교 교수)	김 태 원 (상지영서대학교 교수)
	동 성 수 (용인송담대학교 교수)	서 춘 원 (김포대학교 교수)	성 해 경 (한양여자대학교 교수)
	송 도 선 (우송정보대학교 교수)	안 태 원 (동양미래대학교 교수)	엄 우 용 (인하공업전문대학 교수)
	우 찬 일 (서일대학교 교수)	윤 중 현 (조선이공대학교 교수)	이 문 구 (김포대학교 교수)
	이 태 동 (국제대학교 교수)	정 재 필 (가천대학교 교수)	조 도 현 (인하공업전문대학 교수)
	최 의 선 (폴리텍아산캠퍼스 교수)		
협동상임이사	강 현 웅 (핸즈온테크놀로지 대표)	김 세 종 (SJ정보통신 부사장)	김 응 연 (인터그래텍 대표)
	김 진 선 (청파이엠티 본부장)	김 태 형 (하이버스 대표)	박 현 찬 (나인플러스EDA 대표)
	서 봉 상 (올포랜드 이사)	성 재 용 (오픈링크시스템 대표)	송 광 헌 (복두전자 대표)
	송 치 봉 (웨이버스 이사)	유 성 철 (LG히다찌 본부장)	이 영 준 (비츠로시스 본부장)
	전 한 수 (세림티에스지 이사)	조 규 남 (로봇신문사 대표)	조 병 용 (태진인포텍 부사장)
	조 한 일 (에이블정보기술 상무)	최 석 우 (한국정보기술 상무)	
재 무 이 사	강 민 구 (경기과학기술대학교 교수)	강 희 훈 (여주대학교 교수)	곽 칠 성 (재능대학교 교수)
	김 경 복 (경복대학교 교수)	문 현 욱 (동원대학교 교수)	안 성 수 (명지전문대학 교수)
	이 용 구 (한림성심대학교 교수)	이 종 하 (전주비전대학교 교수)	주 진 화 (오산대학교 교수)
학 술 이 사	구 자 일 (인하공업전문대학 교수)	김 덕 수 (동양미래대학교 교수)	김 용 중 (한국폴리텍대학 교수)
	김 종 오 (동양미래대학교 교수)	이 동 영 (명지전문대학 교수)	이 영 종 (여주대학교 교수)
	이 영 진 (을지대학교 교수)	이 종 용 (광운대학교 교수)	장 경 배 (고려사이버대학교 교수)
	정 경 권 (동신대학교 교수)		
사 업 이 사	고 정 환 (인하공업전문대학 교수)	김 영 우 (두원공과대학교 교수)	김 윤 석 (상지영서대학교 교수)
	박 진 홍 (혜전대학교 교수)	방 극 준 (인덕대학교 교수)	변 상 준 (대덕대학교 교수)
	심 완 보 (충청대학교 교수)	오 태 명 (명지전문대학 교수)	장 성 석 (영진전문대학 교수)
산학연이사	서 병 석 (상지영서대학교 교수)	성 홍 석 (부천대학교 교수)	원 우 연 (폴리텍춘천 교수)
	이 규 희 (상지영서대학교 교수)	이 정 석 (인하공업전문대학 교수)	이 종 성 (부천대학교 교수)
	정 환 익 (경복대학교 교수)	최 홍 주 (상지영서대학교 교수)	한 완 욱 (여주대학교 교수)
협 동 이 사	강 현 석 (로보웰코리아 대표)	고 강 일 (이지테크 대표)	김 민 준 (베리타스 부장)
	김 연 길 (대보정보통신 본부장)	김 창 일 (아이지 대표)	김 태 웅 (윕스 부장)
	남 승 우 (상학당 대표)	박 정 민 (오므론 과장)	오 재 곤 (세인 부사장)
	유 제 욱 (한빛미디어 부장)	이 요 한 (유성SDI 대표)	이 진 우 (글로벌이링크 대표)

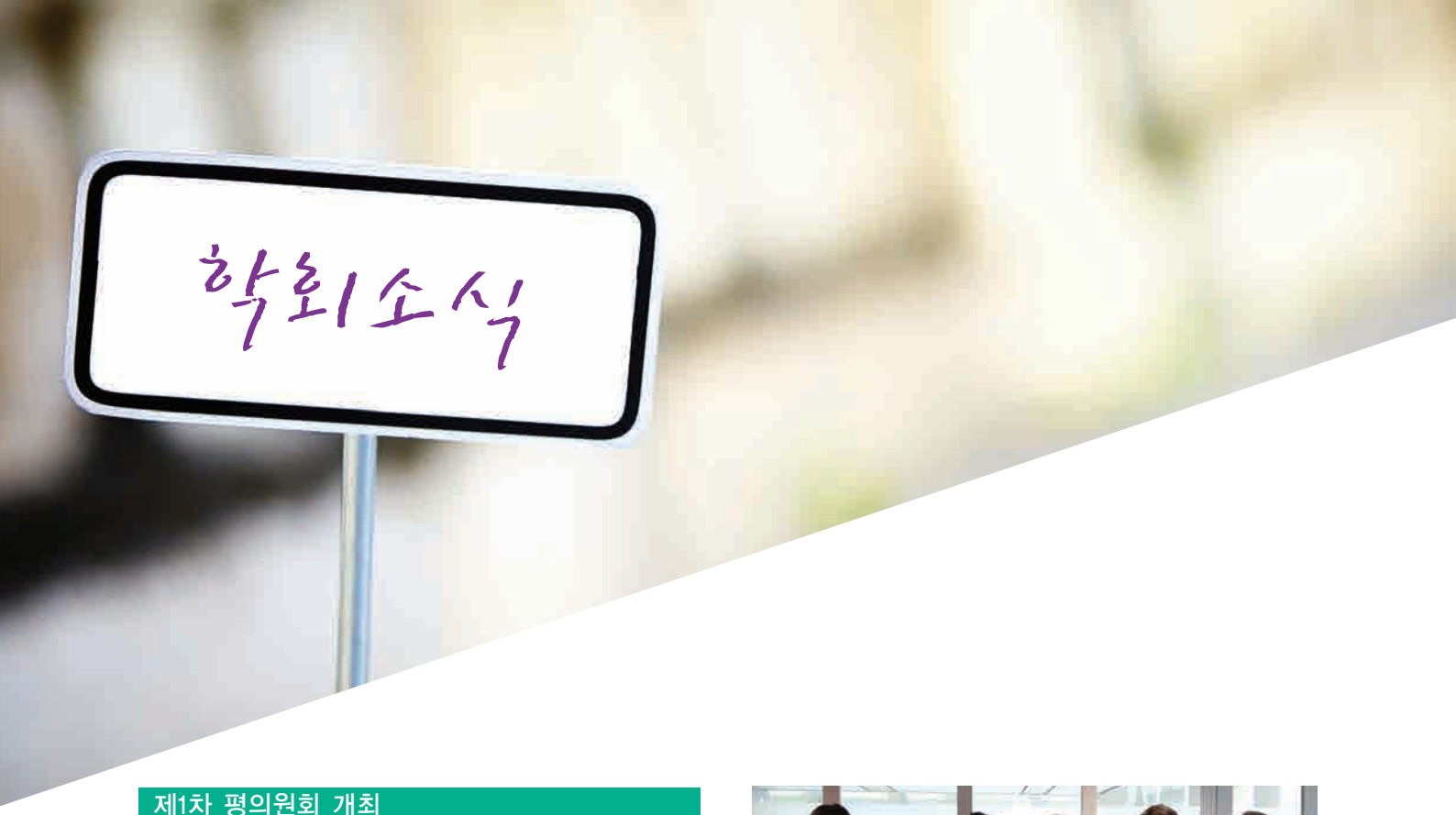
제21대 평의원 명단

강 문 식 (강릉원주대학교 교수)
강 창 수 (유한대학교 교수)
고 윤 호 (충남대학교 교수)
공 배 선 (성균관대학교 교수)
구 자 일 (인하공업전문대학 교수)
권 오 경 (한양대학교 교수)
권 혁 인 (중앙대학교 교수)
김 경 기 (대구대학교 교수)
김 기 남 (삼성전자 사장)
김 달 수 (㈜티엘아이 대표이사)
김 도 현 (명예회장)
김 동 순 (전자부품연구원 박사)
김 무 영 (세종대학교 교수)
김 상 태 (한국산업기술평가관리원 실장)
김 선 욱 (고려대학교 교수)
김 성 진 (경남대학교 교수)
김 수 원 (고려대학교 교수)
김 수 환 (서울대학교 교수)
김 영 권 (명예회장)
김 영 철 (군산대학교 교수)
김 용 석 (성균관대학교 교수)
김 원 하 (경희대학교 교수)
김 재 현 (아주대학교 교수)
김 정 태 (이화여자대학교 교수)
김 종 옥 (고려대학교 교수)
김 진 영 (광운대학교 교수)
김 창 익 (한국과학기술원 교수)
김 태 욱 (연세대학교 교수)
김 현 수 (삼성전자 상무)
김　 훈 (인천대학교 교수)
나 정 웅 (명예회장)
남 상 욱 (서울대학교 교수)
노 태 문 (한국전자통신연구원 책임연구원)
문 영 식 (한양대학교 교수)
박 광 로 (한국전자통신연구원 책임연구원)
박 동 일 (현대자동차㈜ 전무)
박 성 욱 (SK하이닉스 부회장)
박 인 규 (인하대학교 교수)
박 진 옥 (명예회장)
박 항 구 (명예회장)
박 형 무 (동국대학교 교수)
백 광 현 (중앙대학교 교수)
백 흥 기 (전북대학교 교수)
서 승 우 (서울대학교 교수)
서 춘 원 (김포대학교 교수)
성 하 경 (전자부품연구원 선임연구본부장)
손 광 훈 (연세대학교 교수)
송 민 규 (동국대학교 교수)
송 용 호 (한양대학교 교수)
신 오 순 (숭실대학교 교수)
신 현 철 (한양대학교 교수)
심 동 규 (광운대학교 교수)
안 병 구 (홍익대학교 교수)
안 태 원 (동양미래대학교 교수)
엄 낙 웅 (한국전자통신연구원 소장)
예 종 철 (한국과학기술원 교수)
오 승 록 (단국대학교 교수)
우 운 택 (한국과학기술원 교수)
유 경 식 (한국과학기술원 교수)
유 정 봉 (공주대학교 교수)
유 태 환 (한국전자통신연구원 책임연구원)
강 봉 순 (동아대학교 교수)
고 성 제 (고려대학교 교수)
고 정 환 (인하공업전문대학 교수)
공 준 진 (삼성전자 마스터)
권 기 룡 (부경대학교 교수)
권 종 기 (한국전자통신연구원 책임연구원)
권 호 열 (강원대학교 교수)
김 경 연 (제주대학교 교수)
김 기 호 (삼성전자 부사장)
김 대 환 (국민대학교 교수)
김 도 현 (제주대학교 교수)
김 동 식 (인하공업전문대학 교수)
김 봉 태 (한국전자통신연구원 소장)
김 상 효 (성균관대학교 교수)
김 선 일 (한양대학교 교수)
김 성 호 (한국산업기술평가관리원 팀장)
김 수 중 (명예회장)
김 승 천 (한성대학교 교수)
김 영 로 (명지전문대학 교수)
김 영 환 (포항공과대학교 교수)
김 용 신 (고려대학교 교수)
김 윤 희 (경희대학교 교수)
김 재 희 (연세대학교 교수)
김 정 호 (이화여자대학교 교수)
김 준 모 (한국과학기술원 교수)
김 창 수 (고려대학교 교수)
김 철 동 ((주)세원텔레텍 대표이사)
김 태 원 (상지영서대학교 교수)
김 형 탁 (홍익대학교 교수)
김 희 석 (청주대학교 교수)
남 기 창 (동국대학교 교수)
노 원 우 (연세대학교 교수)
동 성 수 (용인송담대학교 교수)
문　 용 (숭실대학교 교수)
박 광 석 (서울대학교 교수)
박 래 홍 (서강대학교 교수)
박 성 한 (명예회장)
박 종 일 (한양대학교 교수)
박 찬 구 (인피니언테크놀로지스파워세미텍 대표이사)
박 현 욱 (한국과학기술원 교수)
박 홍 준 (포항공과대학교 교수)
백 만 기 (김&장법률사무소 변리사)
범 진 욱 (서강대학교 교수)
서 정 욱 (명예회장)
선우명훈 (아주대학교 교수)
성 해 경 (한양여자대학교 교수)
손 보 익 (실리콘웍스 대표이사)
송 병 철 (인하대학교 교수)
송 제 호 (전북대학교 교수)
신 요 안 (숭실대학교 교수)
신 현 철 (광운대학교 교수)
심 정 연 (강남대학교 교수)
안 성 수 (명지전문대학 교수)
안 현 식 (동명대학교 교수)
엄 일 규 (부산대학교 교수)
오 상 록 (한국과학기술연구원 분원장)
오 창 현 (고려대학교 교수)
원 영 진 (부천대학교 교수)
유 명 식 (숭실대학교 교수)
유 창 동 (한국과학기술원 교수)
유 현 규 (한국전자통신연구원 책임연구원)
강 성 원 (한국전자통신연구원 부장)
고 요 환 ((주)매그나칩반도체 전무)
고 현 석 (한국전자통신연구원 선임연구원)
구 용 서 (단국대학교 교수)
권 기 원 (성균관대학교 교수)
권 종 원 (한국산업기술시험원 선임연구원)
김 강 욱 (경북대학교 교수)
김 규 식 (서울시립대학교 교수)
김 남 용 (강원대학교 교수)
김 덕 진 (명예회장)
김 동 규 (한양대학교 교수)
김 동 식 (한국외국어대학교 교수)
김 부 균 (숭실대학교 교수)
김 선 용 (건국대학교 교수)
김 성 대 (KAIST 교수)
김 소 영 (성균관대학교 교수)
김 수 찬 (한경대학교 교수)
김 시 호 (연세대학교 교수)
김 영 선 (대림대학교 교수)
김 용 민 (충청대학교 교수)
김 원 종 (한국전자통신연구원 팀장)
김 재 석 (연세대학교 교수)
김 정 식 (대덕전자 회장)
김 종 대 (한국전자통신연구원 연구위원)
김 지 훈 (이화여자대학교 교수)
김 창 용 (삼성전자 DMC 연구소장)
김 철 우 (고려대학교 교수)
김　 현 (부천대학교 교수)
김 홍 국 (광주과학기술원 교수)
김 희 식 (서울시립대학교 교수)
남 상 엽 (국제대학교 교수)
노 정 진 (한양대학교 교수)
류 수 정 (삼성전자 상무)
민 경 식 (국민대학교 교수)
박 규 태 (명예회장)
박 병 국 (서울대학교 교수)
박 수 현 (국민대학교 교수)
박 주 현 (영남대학교 교수)
박 춘 명 (한국교통대학교 교수)
박 현 창 (동국대학교 교수)
방 성 일 (단국대학교 교수)
백 준 기 (중앙대학교 교수)
변 영 재 (울산과학기술대학교 교수)
서 철 헌 (숭실대학교 교수)
성 굉 모 (명예회장)
손 광 준 (한국산업기술평가관리원 PD)
송 문 섭 ((유)엠세븐시스템 대표이사)
송 상 헌 (중앙대학교 교수)
송 창 현 (네이버 CTO)
신 지 태 (성균관대학교 교수)
심 대 용 (SK하이닉스 상무)
안 길 초 (서강대학교 교수)
안 승 권 (LG전자 사장)
양 일 석 (한국전자통신연구원 책임연구원)
연 규 봉 (자동차부품연구원 센터장)
오 성 목 (KT 사장)
우 남 성 ((전)삼성전자 사장)
원 용 관 (전남대학교 교수)
유 윤 섭 (한경대학교 교수)
유 창 식 (한양대학교 교수)
유 회 준 (한국과학기술원 교수)

윤 기 방 (인천대학교 교수)
윤 영 권 (삼성전자 마스터)
윤 종 용 (삼성전자 비상임고문)
이 강 윤 (성균관대학교 교수)
이 규 대 (공주대학교 교수)
이 민 호 (경북대학교 교수)
이 병 욱 (이화여자대학교 교수)
이 상 훈 (경남대학교 교수)
이 상 훈 (한국전자통신연구원 원장)
이 승 호 (한밭대학교 교수)
이 용 구 (한림성심대학교 교수)
이 윤 종 ((주)동부하이텍 부사장)
이 재 진 (숭실대학교 교수)
이종호B (서울대학교 교수)
이 찬 호 (숭실대학교 교수)
이 천 희 (전임회장)
이 태 원 (명예회장)
이 혁 재 (서울대학교 교수)
이 흥 노 (광주과학기술원 교수)
인 치 호 (세명대학교 교수)
임 재 열 (한국기술교육대학교 교수)
장 은 영 (공주대학교 교수)
전 민 용 (충남대학교 교수)
전 영 현 (삼성전자 사장)
정 길 도 (전북대학교 교수)
정 영 모 (한성대학교 교수)
정 은 승 (삼성전자 부사장)
정 종 문 (연세대학교 교수)
정 항 근 (전북대학교 교수)
조 남 익 (서울대학교 교수)
조 민 호 (고려대학교 교수)
조 성 환 (한국과학기술원 교수)
조 춘 식 (한국항공대학교 교수)
진　 훈 (경기대학교 교수)
최 강 선 (한국기술교육대학교 교수)
최 승 원 (한양대학교 교수)
최 용 수 (성결대학교 교수)
최 준 림 (경북대학교 교수)
최 천 원 (단국대학교 교수)
한 동 석 (경북대학교 교수)
한 완 옥 (여주대학교 교수)
한 태 희 (성균관대학교 교수)
허　 영 (한국전기연구원 본부장)
호 요 성 (광주과학기술원 교수)
홍 민 철 (숭실대학교 교수)
홍 유 식 (가톨릭상지대학교 교수)
황 승 훈 (동국대학교 교수)
윤 석 현 (단국대학교 교수)
윤 은 준 (경일대학교 교수)
윤 지 훈 (서울과학기술대학교 교수)
이 경 중 (연세대학교 교수)
이 문 구 (김포대학교 교수)
이 병 근 (광주과학기술원 교수)
이 상 근 (중앙대학교 교수)
이 상 홍 (정보통신기술진흥센터 센터장)
이 성 수 (숭실대학교 교수)
이 승 훈 (서강대학교 교수)
이 원 석 (동양미래대학교 교수)
이 인 규 (고려대학교 교수)
이 재 홍 (서울대학교 교수)
이 진 구 (명예회장)
이 창 우 (가톨릭대학교 교수)
이 충 용 (연세대학교 교수)
이 필 중 (포항공과대학교 교수)
이 현 중 (한국전자통신연구원 박사)
이 희 국 (㈜LG 상근고문)
임 기 택 (전자부품연구원 센터장)
임 제 탁 (명예회장)
장 태 규 (중앙대학교 교수)
전 병 우 (성균관대학교 교수)
전 홍 태 (중앙대학교 교수)
정 성 욱 (연세대학교 교수)
정 원 영 (인제대학교 교수)
정 의 영 (연세대학교 교수)
정　 준 (쏠리드 대표이사)
제 민 규 (한국과학기술원 교수)
조 도 현 (인하공업전문대학 교수)
조 상 복 (울산대학교 교수)
조 영 조 (한국전자통신연구원 책임연구원)
주 성 순 (한국전자통신연구원 박사)
차 호 영 (홍익대학교 교수)
최 기 영 (서울대학교 교수)
최 승 종 (LG전자 전무)
최 우 영 (서강대학교 교수)
최 중 호 (서울시립대학교 교수)
최 현 철 (경북대학교 교슈)
한 수 희 (포항공과대학교 교수)
한 재 호 (고려대학교 교수)
함 철 희 (삼성전자 마스터)
허 재 두 (한국전자통신연구원 본부장)
홍 국 태 (LG전자 연구위원)
홍 승 홍 (명예회장)
황 성 운 (홍익대학교 교수)
황 인 철 (강원대학교 교수)
윤 성 로 (서울대학교 교수)
윤 일 구 (연세대학교 교수)
이 가 원 (충남대학교 교수)
이 광 엽 (서경대학교 교수)
이 문 기 (명예회장)
이 병 선 (김포대학교 교수)
이 상 설 (명예회장)
이 상 회 (동서울대학교 교수)
이 성 준 (한양대학교 교수)
이 영 렬 (세종대학교 교수)
이 윤 식 (울산과학기술대학교 교수)
이 장 명 (부산대학교 교수)
이종호A (서울대학교 교수)
이 찬 수 (영남대학교 교수)
이 채 은 (인하대학교 교수)
이 충 웅 (명예회장)
이 한 호 (인하대학교 교수)
이 호 경 (홍익대학교 교수)
이 희 덕 (충남대학교 교수)
임 신 일 (서경대학교 교수)
임 혜 숙 (이화여자대학교 교수)
전 국 진 (서울대학교 교수)
전 순 용 (동양대학교 교수)
정 교 일 (한국전자통신연구원 책임연구원)
정 승 원 (동국대학교 교수)
정 윤 호 (한국항공대학교 교수)
정 정 화 (명예회장)
정 진 용 (인하대학교 교수)
조 경 순 (한국외국어대학교 교수)
조 명 진 (네이버 박사)
조 성 현 (한양대학교 교수)
조 중 휘 (인천대학교 교수)
주 영 복 (한국기술교육대학교 교수)
천 경 준 (㈜씨젠 회장)
최 병 덕 (한양대학교 교수)
최 영 규 (한국교통대학교 교수)
최 윤 식 (연세대학교 교수)
최 진 성 (도이치텔레콤 부사장)
한 대 근 ((전)실리콘웍스 대표이사)
한 영 선 (경일대학교 교수)
한 종 기 (세종대학교 교수)
허　 염 (실리콘마이터스 대표이사)
허　 준 (고려대학교 교수)
홍 대 식 (연세대학교 교수)
홍 용 택 (서울대학교 교수)
황 승 구 (한국전자통신연구원 소장)

사무국 직원 명단

송기원 국장 – 대외업무, 업무총괄, 기획, 자문, 산학연, 선거, 지부
이안순 부장 – 국내학술, 총무, 포상, 임원관련, 시스템및제어소사이어티
배지영 차장 – 국제학술, 국문논문, 교육, 컴퓨터소사이어티, 산업전자소사이어티
배기동 차장 – 사업, 표준화, 용역, 회원관리, 홍보, 신호처리소사이어티
변은정 차장 – 재무(본회/소사이어티/연구회), 학회지, 통신소사이어티
김천일 과장 – 정보화, 반도체소사이어티
장다희 서기 – 국제학술, 국제업무, SPC/JSTS영문지 발간



제1차 평의원회 개최

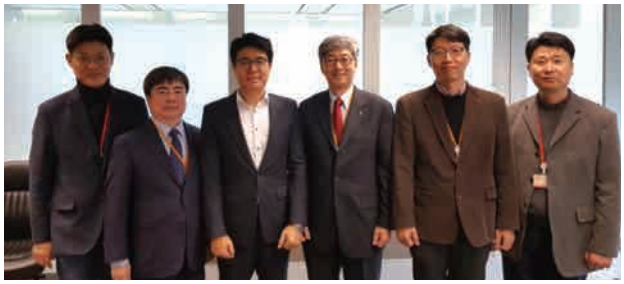
제1차 평의원회가 2월 9일(금) 오후 6시 SC컨벤션센터에서 개최되었다. 이번 회의에서는 2017년도 결산 승인 및 선거관련 규칙 개정 승인 건을 심의하여 의결하였다.

제1차 평의원회 – 백준기 회장의 사업추진 발표

특별회원 및 유관기관 방문

학회 회장단은 특별회원 및 유관기관을 방문하여 2017년도 추진현황과 2018년도 사업계획을 보고하고 상호 협력방안을 모색하였다.

한국전자통신연구원 – 이상훈 원장



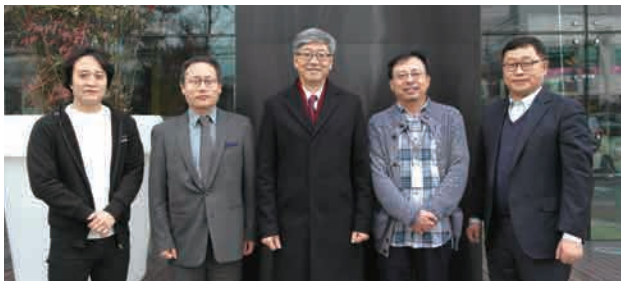
SK텔레콤 – 박진효 원장

한국산업기술평가관리원 – 김상태 단장

삼성전자 – 조승환 부사장

현대자동차 – 박동일 전무

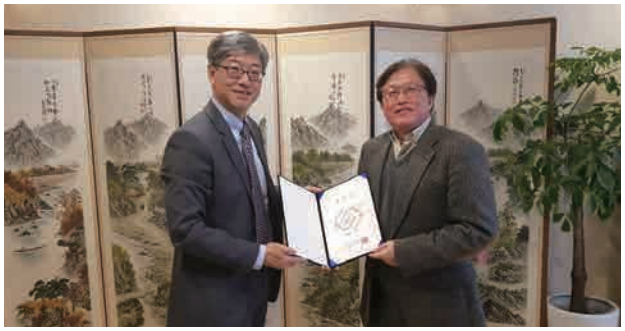
해동과학문화재단 – 김정식 이사장



네이버 – 조규찬 이사

대전충남지부 방문

학회 회장단은 2월 5일(월) 오전 11시 30분 대전충남지부를 방문하여 지부현황과 활성화방안을 논의하였다.



대전충남지부 방문 – 주성순 지부장에게 위촉장 전달

ICEIC 2018 개최

ICEIC는 우리 학회에서 격년마다 아시아 및 유라시아 지역에서 우리나라 전자/IT 학문과 산업을 전파할 목적으로 개최해 오다, 2012년부터 IEEE CE Society의 Co-sponsorship을 받아 국제 학술대회로 육성하고자 매년 개최하고 있다.

금년에는 최초로 아시아 및 유라시아 지역을 벗어나 미국, 하와이, 쉐라톤 와이키키 호텔 & 리조트에서 1월 24일(수)~1월 27일(토)에 17개국 약 420여 편의 논문이 발표된 가운데 성황리에 개최되었다. 이번 학회는 백준기 학회장이 General Chair, 백광현 교수가 Organization Chair로 참여하였으며, 김종옥 교수가 Technical Program Chair로 참여하였다.

첫째날 1월 24일(수) Welcome Reception에는 여러 국가로부터 온 약 70명의 참가자들이 참가하여 환영인사 및 담소를 나누었으며, 둘째날 1월 25일(목) 개회식에는 백준기 학회장의 환영사와 General Co-Chair인 IEEE CE Society의 Sharon Peng 회장의 환영사로 시작을 알리며, 곧이어 일본의 Tohoku University의 Fumiyuki Adachi 교수와 SK Hynix의 오종훈 전무, 그리고 하와이의 University of Hawaii at Manoa의 Anders Host-Madsen 교수의 Plenary Talk가 진행되었다. 오후에는 광주과학기술원의 호요성 교수와 일본의 Tokyo University of Agriculture and Technology의 Toshihisa Tanaka 교수의 Tutorial Talk이 있었다.

셋째날 1월 26일(금)에는 싱가폴의 Nanyang Technological University의 김태형 교수와 한국과학기술원의 김창익 교수의 Tutorial Talk가 진행되었다. 저녁에는 백준기 학회장과 IEEE CE Society의 Sharon Peng 회장과 Stephen Dukes 부회장의 환영사로 만찬의 시작을 알렸으며, Best Paper 시상식 및 하와이 전통 공연팀의 공연과 함께 Conference Banquet이 진행되었다. 마지막날 1월 27일(토)에는 ICEIC 2018 Group Discussion and Wrap-up이 진행되어 학문 및 기술교류의 의미 있는 장이 될 수 있었다. 이번 학회는 참가자들로 하여금 다른 연구자들과 편안하게 커뮤니케이션을 할 수 있는 기회를 마련할 뿐만 아니라, 아름다운 풍경과 함께 연구자들에게 재충전의 시간을 만들어 주고, 새로운 연구를 향한 발돋움을 할 수 있는 활력을 불어넣어 준 의미 있는 시간이 되었다.

Welcome Reception

개회식 – 백준기 회장 인사말

개회식 –
General Co-Chair, IEEE CE Society의 Sharon Peng 회장 인사말

Plenary Talk 1 –
일본의 Tohoku University의 Fumiyuki Adachi 교수

Plenary Talk 2 – SK Hynix의 오종훈 전무

Plenary Talk 3 –
University of Hawaii at Manoa의 Anders Host Madsen 교수

Conference Banquet –
IEEE CE Society 부회장 Stephen Dukes의 만찬 인사말

Conference Banquet 공연

주요참가자 기념촬영 – 초청인사, 조직위원 및 명예회장

신규회원 가입현황
(2017년 12월 11일 – 2018년 2월 6일)

정회원

강상규(LG전자), 권순우(한국원자력의학원), 권홍민(한림성심대학교), 김성중(카이스트), 김아란(동양미래학교), 김윤규(건국대학교), 김윤장(청운대학교 인천캠퍼스), 김준호(순천향대학교부천병원), 남창주(카네기멜론대학교), 담현규(위스텍), 류정원((주)힐세리온), 박동욱(서울시립대학교), 박민호(국방과학연구소), 박서현(국방과학연구소), 박승규(남서울대학교), 박철수(한림성심대학교), 박휘성(국방과학연구소), 배정형(알에프디앤씨), 손윤식(동국대학교), 유정호(한화시스템), 윤하늘(부산대학교), 이선엽(한림성심대학교), 이찬우(경희대학교), 정동길(국방과학연구소), 정시창(SK 텔레콤), 정용성(엘아이씨티), 정유찬((주)힐세리온), 조혜경(한성대학교), 주명식(한림성심대학교), 최의선(한국폴리텍대학 아산캠퍼스), 한상필(LG전자), 한정환(충남대학교), 황재연(마이크로인피니티), 황진영(한국항공대학교)

이상 34명

평생회원

김철영(충남대학교), 이왕상(경상대학교)

이상 2명

학생회원

강경태(성균관대학교), 김기연(중앙대학교 첨단영상대학원), 김동언(부산대학교), 김민재(중앙대학교 첨단영상대학원), 김소연(서울대학교), 김용현(성균관대학교), 김태국(성균관대학교), 김태언(부산대학교), 김형석(서울과학기술대학교), 박선호(부산대학교), 박성현(한국산업기술대학교), 박진현(부산대학교), 방진욱(부산대학교), 손우성(부산대학교), 송명규(서울과학기술대학교), 신민우(중앙대학교 첨단영상대학원), 신유진(중앙대학교), 안성기(성균관대학교), 이병훈(경북대학교), 이상현(한국산업기술대학교), 이원근(인하대학교), 이장원(경북대학교), 임재승(중앙대학교), 장태욱(고려대학교), 전현호(충남대학교), 최경이(부산대학교), 최대현(인하대학교), 최병찬(부산대학교), 최호준(성균관대학교), 하진솔(중앙대학교 첨단영상대학원)

이상 30명

학회일지

www.theieie.org

THE INSTITUTE OF
ELECTRONICS AND INFORMATION
ENGINEERS

2018년 1월 21일 ~ 2018년 2월 18일

1. 회의 개최

회의 명칭	일시	장소	주요 안건
제1차 사업위원회의	1.30 (17:00)	학회 회의실	– 2018년도 사업위원회 계획 논의 외
제1차 하계학술위원회의	2.5 (17:00)	학회 회의실	– 상견례 및 학술대회 운영 논의 외
산업전자소사이어티 이사회	2.7 (17:00)	학회 회의실	– 산업전자소사이어티 춘계 학술대회 논의 외

2. 행사 개최

행사 명칭	일시	장소	주관
ICEIC 2018	1.24~27	쉐라톤 와이키키 호텔 & 리조트, 하와이	본회

특 · 집 · 편 · 집 · 기

차세대 동영상 압축 기술: Future Video Coding

송병철 편집위원
(인하대학교)

최신 비디오 코덱 표준인 HEVC(High Efficiency Video Coding)/H.265보다 2배 이상의 압축 성능을 갖는 차세대 비디오 부호화(Future Video Coding) 표준을 위하여, 2015년 10월 ITU-T VCEG(Q6/SG16)과 ISO/IEC MPEG(JTC 1/SC 29/WG 11)은 새로운 잠재적 표준기술을 탐색하기 위한 협력팀으로 JVET(Joint Video Exploration Team)을 출범시켰다. JVET는 2015년 10월 제네바에서의 제1차 회의 후 기존 HEVC 대비 성능 개선을 위한 후보 기술 탐색을 진행하고 있으며, 2016년 10월 제4차 청두 회의에서 그 동안의 기술 탐색 결과 JVET의 참조SW인 JEM 3.0(Joint Exploration Model)의 성능이 기존의 HEVC 대비 약 10배의 복잡도 증가에 25%의 부호화 효율을 개선하였음을 확인하였다. 이를 바탕으로 2020년 표준 완료를 목표로, 2017년 7월 Future Video Coding에 대한 기술제안요청서(CfP: Call for Proposal)를 공표하였고, 2018년 2월에 기고 기술 평가를 시작하는 표준화 일정을 확정하였다. FVC 표준화가 본격화되는 현 시점에서 본 특집호는 해당 표준화 전문가들의 FVC 기술 소개를 다뤘다. 우선, "JVET 차세대 비디오 부호화 표준화 동향 (강정원 외)"에서는 표준화 진행 동향과 JEM의 구조/성능에 대해 설명한다. 둘째, "차세대 비디오 부호화의 블록 분할 구조 (최해철 외)"에서는 JEM의 블록 분할 구조인 QTBT에 대해 소개하고, QTBT 응용 기술 동향을 설명한다. 셋째, "차세대비디오 부호화를 위한 JVET 인트라 예측기술 (전병우 외)"에서는 JEM의 Test Model 7.1에 선택된 최신 인트라 압축기술들을 소개한다. 넷째, "FVC 기술 소개 – JVET Inter Prediction (김재곤 외)"에서는 JEM7.0에 채택되어 있는 화면 간 예측 부호화 요소 기술들에 대해 설명한다. 다섯째, "MPEG-FVC의 딥러닝 응용 비디오 압축 기술 (강제원)"에서는 MPEG-FVC 표준을 앞두고 딥러닝 기반 비디오 압축 방식 중 MPEG 부호화 요소기술의 딥러닝 응용을 중심으로 최근 연구동향을 알아본다. 여섯째, "JVET HDR 기술 (오현묵)"에서는 JVET에서 진행되고 있는 차세대 비디오 압축 기술 표준화를 앞두고 HDR (high dynamic range)과 관련된 MPEG 기술 동향을 살펴본다. 마지막 일곱번째, "표준 동향FVC 360 영상 기술 (최기호)"에서는 JVET그룹에서 360도 영상을 위한 차세대 코덱 표준을 위해서 스터디한 것을 중심으로 FVC 360 영상 표준 기술을 설명하고자 한다. 바쁜 일정 중에서도 본 특집호를 위하여 수고를 아끼지 않으신 집필진 전문가 여러분께 감사드리며, 본 특집호가 차세대 비디오 압축 표준인 FVC의 다양한 비디오 코덱 표준 기술에 대한 좋은 소개 자료로 활용되어 UHDTV, 3DTV, IPTV, 모바일/인터넷 스트리밍, 영상 장비 등 고화질 비디오 서비스 및 산업 활성화 에 기여할 수 있기를 기원한다.

JVET 차세대 비디오 부호화 표준화 동향- CfP 소개 및 JEM 구조/성능 분석 중심으로

강 정 원
한국전자통신연구원

김 휘 용
한국전자통신연구원

Ⅰ. 서 론

근래에, UHD와 같은 고해상도 영상뿐만 아니라 HDR(High Dynamic Range)/WCG(Wide Color Gamut)/HFR(High Frame Rate), 그리고, VR · AR, Light Field 등의 초실감 미디어로의 진화가 진행됨에 따라 초실감 미디어 기반의 서비스도 급속히 증가하고 있으며, 이로 인해, 인터넷 전송 데이터 가운데 영상이 차지하는 비율이 점점 증가하고 있다. 이러한 영향으로 주어진 대역폭 범위 내에서 영상을 보다 경제적으로 전송하기 위해 영상 압축 효율 향상에 대한 요구는 지속적으로 증대되고 있다.

이러한 기술 발전의 흐름에 대응하기 위해서, 동영상 압축과 관련

〈표 1〉 표준화 주요 일정

일시	주요 이슈
'14년 10월 (110차 MPEG)	MPEG과 VCEG이 공동으로 차세대 비디오 부호화 표준화를 위한 브레인스토밍 회의 개최
'15년 02월 (111차 MPEG)	차세대 비디오 부호화 표준화를 위한 본격 적인 논의 시작 – 요구사항 문서 초안 발행
'15년 10월 (113차 MPEG, 1차 JVET)	차세대 비디오 부호화 표준화를 위해 MPEG과 VCEG의 공동 알고리즘 탐색팀(JVET) 구성
'17년 04월 (118차 MPEG, 6차 JVET)	새로운 표준화를 시작할 만큼 기술적으로 성숙되었는지를 확인하기 위하여 Joint CfE 진행 – Joint CfE 문서 발행
'17년 07월 (119차 MPEG, 7차 JVET)	공식적으로 차세대 비디오 부호화 표준화 추진 결정 – Joint CfE 평가 결과 문서 발행 – 기술제안 모집을 위해 Joint CfP 초안 발행
'17년 10월 (120차 MPEG, 8차 JVET)	– 최종 요구사항 문서 발행 – Joint CfP 문서 발행 – MPEG과 VCEG 공동 협력팀(JCT) 운영 원칙을 담은 ToR 발행
'18년 10월 (124차 MPEG,)	– 1차 Test Model 선정 예정
'20년 10월	– 표준화 완료 (FDIS 발행) 예정

된 양대 국제 표준화 그룹인 ISO/IEC MPEG(Moving Picture Experts Group)과 ITU-T VCEG(Video Coding Experts Group)은 JVET(Joint Video Exploration Team)을 구성하여 '15년부터 HEVC 이후의 차세대 비디오 부호화 표준 개발과 관련된 기술 탐색 작업을 지속해 왔다. JVET은 기존의 기술 탐색 과정에서 새로운 비디오 표준의 가능성을 확인하였고, '20년 표준 완료를 목표로 차세대 비디오 부호화 표준화를 진행하기로 결정하였다.

〈표 1〉은 차세대 비디오 부호화 표준화 관련하여 진행된 주요 일정을 보여준다. '15년 2월 MPEG에서 요구사항 문서 초안 발행을 시작으로 본격적인 차세대 비디오 부호화 표준화에 대한 논의가 시작되었으며, '15년 10월에 이전까지 MPEG과 VCEG이 따로 진행하던 차세대 비디오 부호화 표준화를 위한 노력을 공동으로 진행하기로 합의하고 차세대 비디오 부호화 기술을 공동으로 탐색하기 위한 공동 탐색팀인 JVET을 구성하였다. JVET에서는 탐색 참조 모델인 JEM(Joint Exploration Test Mode)[1]을 구축하고, JEM 기반에서의 압축 효율 향상을 위한 기술 탐색을 진행하였으며, '17년 7월 7차 JVET 회의에서 Joint CfE(Call for Evidence)[2]를 통해 새로운 표준화를 시작할 만큼 부호화 기술이 성숙하였음을 확인하였다. 이를 근거로, '17년 10월 마카오 회의에서 MPEG과 VCEG 공동으로 새로운 표준 개발을 위한 기술제안 요청서(Call for Proposal(CfP) Video Compression with Capability beyond HEVC)[3]를 발행하였고, '18년 4월에 기고기술 평가를 진행하고, '20년 10월 표준화를 완료하는 표준화 일정을 확정하였다.

본 고에서는 표준화 진행 동향과 JEM의 성능에 대해 설명하고자 한다. 2장에서는 차세대 비디오 부호화 표준 요구사항 및 Joint CfP에 대해 소개한다. 3장에서는 Joint CfP에서 HEVC의 참조소프트웨어인 HM(HEVC Test Model)과 더불어 anchor로 정의된 JEM 기술에 대해 설명하고, 그 성능을 분석한다. 끝으로 4장에서는 차세대 비디오 부호화 표준화의 향후 전망과 결론을 맺는다.

Ⅱ. 차세대 비디오 부호화 표준 요구사항 및 CfP

1. 차세대 비디오 부호화 표준 요구사항

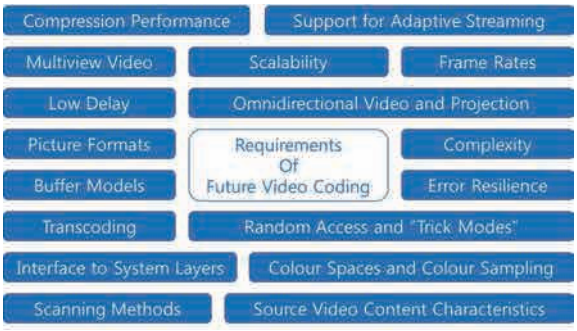
차세대 비디오 부호화 표준 요구사항은 MPEG[4]과 VCEG[5]에서 각각 정의하였으나, 두 개의 요구사항은 크게 다르지 않으므로, 본 절에서는 〈그림 1〉에 나타낸 MPEG에서 정의한 표준 요구사항 중 핵심 요구사항에 대해 정리하고자 한다.

"압축성능(Coding Performance)" 요구사항에서는 기존 표준인 HEVC Main Profile과 비교하여 상당한 비트량 감소를 달성해야 함을 명시하고 있으며, 구체적으로, 동일한 주관적 화질에서 최소 30%의 비트량 감축을 제공해야 함을 의무적 요구사항으로, 50% 수준의 비트량 감축을 제공하는 것을 권고적 요구사항으로 제시하고 있다.

"복잡도(Complexity)" 항목에서는 표준 예상 사용 시점에서 구현 가능한 수준이어야 함이 의무적 요구사항이며, 비트량 측면에서 부담이 크지 않은 병렬처리 구현 기능은 권고 요구사항이다.

"해상도(Picture Format)" 항목에서는 VGA부터 8K x 4K지원이 의무적 요구사항이며, "색공간 및 색샘플링(Colur Spaces and Colour Sampling)" 항목에서는 YCbCr 4:2:0 샘플링과 픽셀당 10비트 입력 및 BT.2100 지원 WCG는 의무적 요구사항이고, YCbcr/RGB 4:4:4 또는 YCbCr 4:2:2 입력, 픽셀당 16비트 입력, HDR은 권고적 요구사항이다.

"Omnidirectional Video and Projection" 항목에서는 한 개 이상의 렌즈를 이용하여 획득한 영상들을 효율적으



〈그림 1〉 차세대 비디오 부호화 표준 요구사항

로 압축하는 것을 의무적 요구사항으로 기술하고 있다.

이외에, “Scanning Methods” 항목에서는 모든 프로파일과 레벨에서 순차 주사 방식(Progressive scanning)을 지원하는 것이 의무적 요구사항이며, “Low Delay” 항목에서는 부호화와 복호화 지연을 합해서 한 프레임을 넘지 않는 저지연 동작이 가능해야 함을 의무적으로 요구하고 있다. “Random Access” 항목에서는 임의 엑세스 기능 및 intra-only coding 기능을 의무적으로 요구하고 있으며, “Scalable Video Coding”, “Transcoding”, “Buffer Model” 등의 항목에서도 이전 표준화와 유사한 수준의 요구사항을 제시하고 있다.

2. 차세대 비디오 부호화 표준화를 위한 Joint CfP

차세대 비디오 부호화 표준화를 위한 Joint CfP는 MPEG과 VCEG에 의해 공동으로 발행되었으며, 관련된 주요 일정은 〈표 2〉와 같다. Joint CfP 문서에는 CfP를 위한 구체적인 진행 일정 및 차세대 비디오 부호화 표준화의 진행 일정과 함께 CfP 기술 제안 시 적용할 시험 영상, 목표 부호화 비트율을 포함한 시험 조건, 제안 기술들의 평가 방법 등을 명시하고 있으며, 본 절에서는 이에 대해 설명하고자 한다.

Joint CfP는 실험 영상의 특성에 따라 SDR(Standard Dynamic Range) 비디오, HDR(High Dynamic Range) 비디오, 360도 비디오의 3개 카테고리로 구분되며, 각각의 카테고리별로 기술을 제안할 수 있다.

SDR 비디오의 경우 실험 영상은 YCbCr 4:2:0 8비트 혹은 10비트 영상으로, 〈표 3〉에 나타낸바와 같이 SDR-A 클래스로 분류되는 UHD 5종과 SDR-B 클래스로 분류되는 HD 5종이 정의되어 있다. HDR 비디오의 경우 실험 영상은 4:2:0 10비트 영상으로, 〈표 4〉에 나타낸바와 같이 HDR-A 클래스로 분류되는 HLG(Hybrid Log-Gamma) 변환함수[6]가 적용된 UHD 3종과 HDR-B 클래스로 분류되는 PQ (Perceptual Quantizer) 변환함수[6]가 적용된 HD 5종이 정의되어 있다. HLG 변환함수와 PQ 변환함수는 HDR 비디오 지원 방송 규격 표준인 ITU-R BT.2100[6]에서 정의된 변환함수로서 실험 영상에 포함한 의미가 있다고 할 수 있다. 360 비디오의 경우 4:2:0 8비트 혹은 10비트 영상으로, 〈표 5〉에서 나타낸바와 같이 360 클래스로 분류되는 UHD 영상 5종으로 정의되어 있다.

〈표 2〉 Joint CfP 관련 주요 일정

일시	주요 일정
‘17.10.31	Final CfP 문서 발행
‘17.12.15	CfP참가 공식 등록 마감 (Formal registration period ends)
‘18.02.15	Coded test material 제출 마감
‘18.03.01	주관적 화질 평가 시작
‘18.04.02	제안 기술에 대한 설명문서 등록 및 제출
‘18.04.10	비트스트림과 복호화기 cross-checking
‘18.04.11~20	제안 기술 평가 회의

Joint CfP에서는 앞에서 언급한 실험 영상들을 부호화하기 위한 실험 조건으로 두 개의 제약 집합(constraint set)인 constraint set 1과 constraint set 2를 정의하였다. Constraint set 1은 Hierarchical B 구조를 사용하는 것으로 GOP의 최대 크기가 16이며, 1.1초 또는 그보다 더 적은 간격에서 임의접근(random access)이 가능한 집합으로 정의되었다. 이러한 constraint set 1은 부호화 구조상 부/복호화에 따른 지연(delay)이 발생하는 구조로 높은 부호화 효율 및 임의접근이 필요한 응용 분야에 대한 요구사항을 반영한 것이다. Constraint set 2은 부호화 구조에 따른 지연이 없는 구조로 저지연이 필요한 응용 분야에 대한 요구사항을 반영한 것이다. 이러한 제약 집합의 특성에 따라 SDR 비디오의 경우 UHD 실험영상인 SDR-A 클래스의 영상들에 대해 constraint set 1만 적용하고, HD 실험영상인 SDR-B 클래스의 영상들에 대해 constraint set 1과 constraint set 2를 모두 적용한다. 또한, HDR 비디오의 경우 HDR-A와 HDR-B 클래스 및 360 비디오의 360 클래스의 모든 영상들에 대해 constraint set 1만 적용하도록 기술하고 있다.

Joint CfP에서는 제안 기술들의 평가를 위하여 〈표 3, 4, 5〉에 기술한 바와 같이 목표 비트율을 정의하고 있으며, 각 기관은 기술 제안 시에 정의된 목표 비트율을 넘지 않도록 비트스트림을 생성하여 제출해야 한다. 제출된 비트스트림에 기반한 제안 기술들의 평가는 BD-rate과 같은 객관적 성능과 MPEG의 Test Chair가 주관하는 주관적 화질 평가로 이루어진다. 이를 위한 anchor로 HM

〈표 3〉 CfP SDR 비디오 실험 영상

Class	Resolution	Frame rate	bit-depth	Sequence name	Target bitrate [kbit/s]			
					Rate 1	Rate 2	Rate 3	Rate 4
SDR-A	3840 x2160	60	10	FoodMarket4	950	1400	2200	3800
		60	10	CatRobot1	1500	2400	3800	6000
		60	10	DaylightRoad2	1400	2200	3500	5500
		50	10	ParkRunning3	2000	3300	6000	10000
		30	10	Campfire	2000	3300	6000	10000
SDR-B	1920 x1080	60	8	BQTerrace	400	600	1000	1500
		60	10	RitualDance	900	1500	2300	3800
		60	10	MarketPlace	500	800	1200	2000
		50	8	BasketballDrive	800	1200	2000	3500
		50	8	Cactus	500	800	1200	2000

〈표 4〉 CfP HDR 비디오 실험 영상

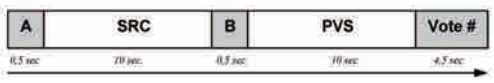
Class	Transfer Function	Resolution	Frame rate	bit-depth	Sequence name	Target bitrate [kbit/s]			
						Rate 1	Rate 2	Rate 3	Rate 4
HDR-A	HLG	3840 x2160	60	10	DayStreet	680	1100	1750	2800
			60	10	PeopleInShoppingCenter	640	960	1450	2150
			60	10	SunsetBeach	1500	3000	6000	10000
HDR-B	PQ	1920 x1080	50	10	Market3	600	900	1500	2400
			50	10	Hurdles	350	500	750	1200
			50	10	Starting	450	800	1500	2000
			25	10	ShowGirl2	450	600	850	1400
			24	10	Cosmos1	500	900	1500	3000

〈표 5〉 CfP 360 비디오 실험 영상

Class	Resolution	Frame rate	bit-depth	Sequence name	Target bitrate [kbit/s]			
					Rate 1	Rate 2	Rate 3	Rate 4
360	8192 x4096	30	10	Chairlift	1500	2400	4000	7000
		30	8	KiteFlite	1200	2400	4000	7000
		30	8	Harbor	700	1200	2000	3300
		30	8	Trolley	1500	2400	4000	7000
	6144 x3072	60	8	Balboa	2000	3300	6000	10000

16.16과 JEM 7.0을 정의하고, JVET에서는 HM16.16과 JEM7.0으로 정의된 목표 비트율에 맞춘 비트스트림을 생성하여 배포하였다.

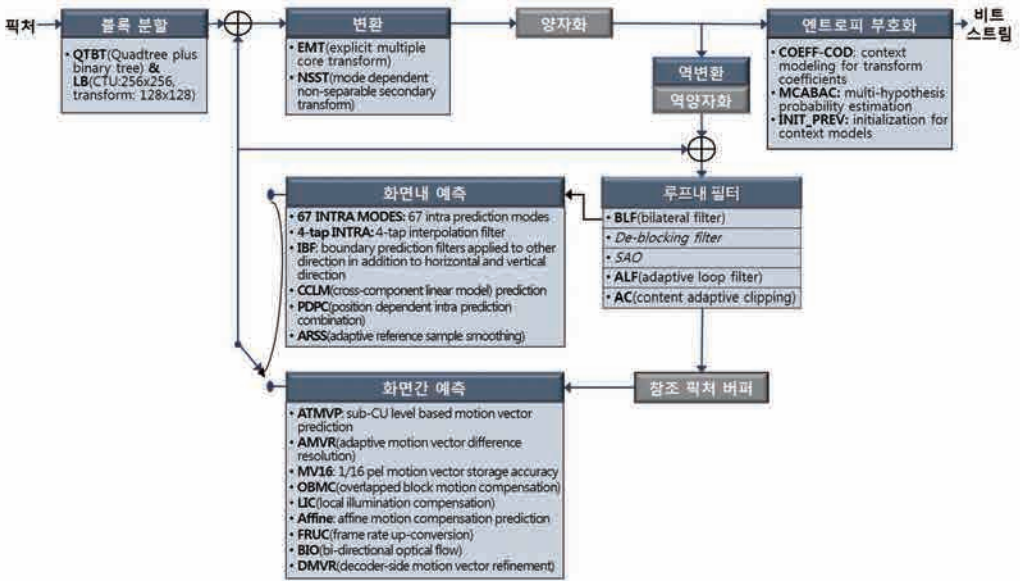
제안 기술들에 대한 주관적 화질 평가는 BT.500[7]에 정의된 DSIS(Double Stimulus Impairement Scale)에 따라 진행될 예정으로, DSIS 방식은 〈그림 2〉와 같이 10초 동안 원본 영상을 보여주고, 10초 동안에 부호화된 영상을 보여준 후 5초 동안에 평가하는 방식이다. 주관적 화질 평가 결과는 4월 회의에서 공개되어 결과문서로 발행될 예정이다.



〈그림 2〉 DSIS 평가 방법

Ⅲ. JEM 구조 및 개발 진행 과정

〈그림 3〉은 JVET에서 개발한 탐색 참조 모델인 JEM의 인코더 블록도를 보여준다. JEM은 HEVC 참조 소프



〈그림 3〉 JEM 인코더 블록도

트웨어에 기반한 것으로, HEVC 표준에 추가로 채택된 툴들을 〈그림 3〉의 각 부호화 단계 블록 하단에 열거하였다.

이를 간략하게 살펴보면, JEM은 24개의 새로운 툴이 HEVC에 추가된 구조로, 분야별로는 새로운 블록분할 툴, 화면내 예측 관련 툴 6개, 화면간 예측 관련 툴 9개, 변환 부호화관련 툴 2개, 루프내 필터 관련 툴 3개, 엔트로피 부호화 툴 3개가 추가 되었다.

〈표 6〉은 새로 추가된 24개 툴이 JEM에 채택된 경과를 나타낸 것으로, 기재된 내용 이외에 채택 툴들에 대한 미미한 수준의 추가 변경사항들은 배제하고 주요 변경 내용만 기술하였다.

JVET이 구성되기 이전인 '15년 2월 VCEG 회의에서 Qualcomm이 HEVC 참조 소프트웨어인 HM에 6개 툴들(LB(Large Block), ATMVP(Adaptive Temporal Motion Vector Prediction), OBMC(Overlapped Block Motion Compensation), CCLM(Cross-Component Linear Model), EMT(Explicit Multiple Core Transform), ALF(Adaptive Loop Filter))의 적용을 제안하고, 제안한 기술들의 조합이 RA(Random Access) 경우에 HM대비 10.8% 비트량 감축을 보임을 증명하며, 차세대 비디오 부호화 표준화를 위한 탐색을 진행해야 함을 강력히 주장하였다. 이에 VCEG에서는 Qualcomm이 제안한 기술 기반으로 참조 소프트웨어인 KTA(Key Technology Area) 1.0을 배포하며 본격적인 차세대 비디오 부호화 표준화 탐색을 시작하였다.

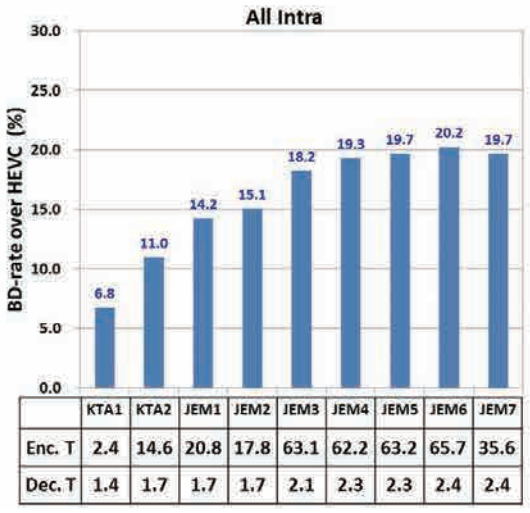
JVET이 구성된 '15년 10월 회의에서는 부호화 기술에 대한 탐색을 먼저 진행하고 있던 VCEG의 참조 소프트웨어인 KTA 기반을 유지하며 새로 제안하여 채택된 툴들을 추가하여 JVET의 참조 소프트웨어인 JEM 1.0

〈표 6〉 JEM 채택 경과

SW version	채택 기술/툴
KTA-1.0 ('15.02, VCEG 회의)	LB (256x256) & transform(64x64), ATMVP, OBMC, CCLM, EMT, ALF
KTA-2.0 ('15.06, VCEG 회의)	67 INTRA MODES, 4-tap INTRA, IBF, AMVR, LIC, FRUC, BIO, ROT, COEFF-COD, MCABAC, INIT-PREV
JEM-1.0 ('15.10, 1차 JVET 회의)	PDPC, 4x4 NSST, Affine, ARSS
JEM-2.0 ('16.02, 2차 JVET 회의)	MV16, GOP 크기 변경 (8 → 16)
JEM-3.0 ('16.05, 3차 JVET 회의)	QTBT
JEM-4.0 ('16.10, 4차 JVET 회의)	AC, 8x8 NSST
JEM-5.0 ('17.01, 5차 JVET 회의)	DMVR, AMVR 변경(4-luma sample precision 추가)
JEM-6.0 ('17.03, 6차 JVET 회의)	BLF
JEM-7.0 ('17.07, 7차 JVET 회의)	PDPC → P-PDPC, block base design for BIO, remove ARSS

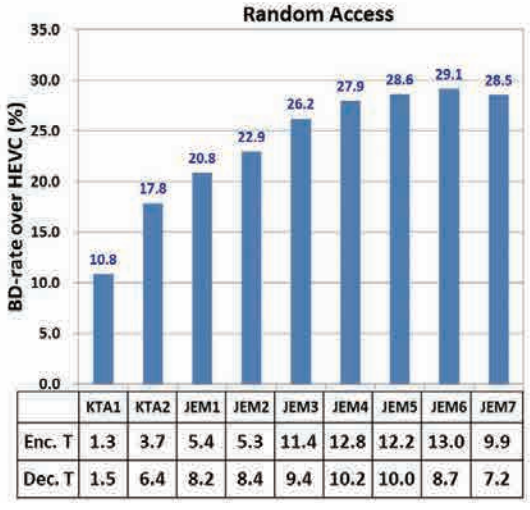
을 배포하였다. 이후의 JVET은 매 회의마다 새로 제안한 기술을 평가하고, 제안한 기술에 대한 탐색 실험(EE, exploration experiments)을 통해 다양한 조건에서의 실험 및 분석을 차기 회의까지 진행하여 JEM에 채택 여부를 결정하고, 채택된 기술들을 포함한 참조 소프트웨어를 배포하는 과정을 반복하였다.

JEM은 매 회의를 거치면서 부호화 효율은 향상되었으나 부호화 효율 향상과 함께 인코딩 및 디코딩 복잡도가 급속히 증가하였다. 〈그림 4〉와 〈그림 5〉는 각각 AI(All Intra) 경우와 RA 경우의 HM대비 JEM의 비트량 감축율을 나타내는 BD-rate을 비교한 것이며, 그림 하단의 Enc. T와 Dec.T는 인코딩 시간 및 디코딩 시간을 의미한다.



	KTA1	KTA2	JEM1	JEM2	JEM3	JEM4	JEM5	JEM6	JEM7
Enc. T	2.4	14.6	20.8	17.8	63.1	62.2	63.2	65.7	35.6
Dec. T	1.4	1.7	1.7	1.7	2.1	2.3	2.3	2.4	2.4

〈그림 4〉 JEM 버전별 성능 비교 (All Intra)



	KTA1	KTA2	JEM1	JEM2	JEM3	JEM4	JEM5	JEM6	JEM7
Enc. T	1.3	3.7	5.4	5.3	11.4	12.8	12.2	13.0	9.9
Dec. T	1.5	6.4	8.2	8.4	9.4	10.2	10.0	8.7	7.2

〈그림 5〉 JEM 버전별 성능 비교 (Random Access)

KTA 2.0의 경우 움직임 정보의 전송 없이 디코더에서 움직임 정보를 생성하는 기술인 FRUC(Frame Rate Up Conversion)과 움직임을 보정하는 기술인 BIO의 채택으로 인해 비트량 감축율은 RA 경우 17.8%로 KTA 1.0에 비해 급격히 향상되나 디코딩 시간 또한 6.4배로 KTA 1.0의 1.5배에 비해 상당히 증가함을 볼 수 있다. JEM 3.0의 경우 새로운 블록 분할 구조인 QTBT를 적용함에 의해 비트량 감축율은 3% 정도 향상되나 AI의 경우 인코딩 시간이 HM대비 63.1배, RA의 경우 11.4배로 증가하였다. H.264대비 HEVC의 인코딩 시간은 약 10배, 디코딩 시간은 1.5~2배 수준임을 감안하면, JEM의 복잡도 증가는 상당한 수준임을 알 수 있다. 이러한 복잡도 증가에 대한 부담을 덜기 위하여 JVET은 꾸준한 노력을 기울였다. 특히, AI 경우의 HM대비 과도한 인코딩 시간을 줄이기 위해, JEM 7.0에서는 화면내 예측 툴 가운데 복잡도가 높은 PDPC를 간략화하여 planar 모드를 대체하는 P-PDPC로 변경하였고 복잡도 대비 비트량 감축율이 미미한 ARSS를 제거하였다. 또한, 화면간 예측 툴 가운데 픽셀 단위 처리를 수행하는 BIO 기술을 블록단위 처리 수행으로 변경하여 구현 복잡도를 줄이는 노력을 기울였다. 이러한 노력에 의해, JEM 7.0은 JEM 6.0대비 부호화 효율 하락은 0.6% 수준을 유지하면서 AI의 인코딩 시간을 35.6배로 JEM 6.0의 절반 수준으로 감소시켰으며, RA의 경우도 인코딩 시간을 9.9배, 디코딩 시간을 7.2배로 JEM 6.0 대비 상당히 감소시켰다.

Ⅳ. JEM 부호화 성능

본 절에서는 JEM의 객관적 성능 및 주관적 성능에 대해 설명하고, JEM에 포함된 개별 툴의 성능에 대해 살펴보고자 한다.

1. JEM 객관적 성능 및 주관적 성능

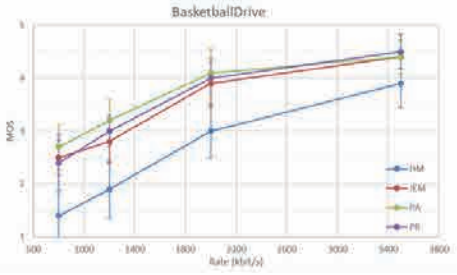
JEM의 객관적 성능 및 주관적 성능은 7차 JVET 회의에서 실시한 Joint CfE 제안 기술 평가 결과[8]에 포함된 JEM과 HM의 주관적 화질 평가 결과 및 객관적 성능을

〈표 7〉 JEM 6.0 성능 (CfE 실험조건 및 실험영상)

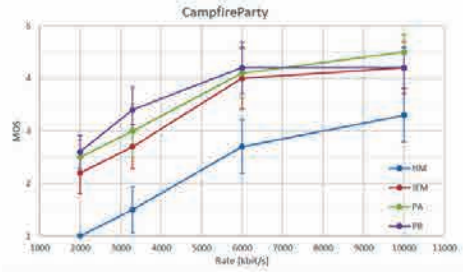
Resolution		Sequence name	BD-rate (%)
UHD	4096 x2160	CrossWalk1	-37.07
		FoodMarket3	-34.18
		Tango1	-35.68
	3840 x2160	CatRobot1	-39.84
		DaylightRoad1	-40.2
		BuildingHall1	-32.83
		ParkRunning2	-31.39
		CampfireParty	-37.32
1920 x1080 (HD)		BQTerrace	-29.72
		RitualDance	-26.95
		Timelapse	-23.16
		BaseketballDrive	-31.45
		Cactus	-35.56
UHD 평균			-36.06
HD 평균			-29.37
전체 평균			-33.49

통해 설명하고자 한다.

JVET은 6차 JVET 회의에서 Joint CfE 문서를 발행하고, 7차 JVET 회의에서 Joint CfE에 대한 제안기술들을 제출받아 표준화 회의 참가자들 가운데 10명이 참여하는 주관적 화질 평가를 실시하였다. Joint CfE는 Joint CfP와 유사하게 HM 16.15와 JEM 6.0을 anchor로 선정하였고, 실험 영상과 실험 조건도 유사하다. 모든 조건이 동일하지 않은 이유는 Joint CfE 과정을 거치며 내용을 보완하여 Joint CfP 문서가 최종 발행되었기 때문이다.



〈그림 6〉 주관적 화질 평가 결과 (BasketballDrive)



〈그림 7〉 주관적 화질 평가 결과 (CampfireParty)

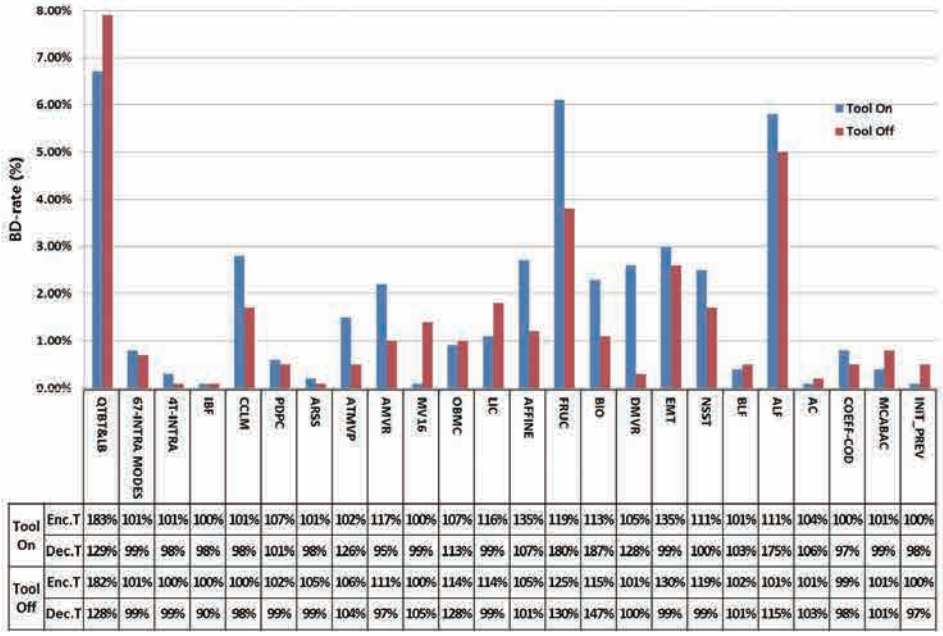
〈표 7〉은 Joint CfE 의 anchor인 JEM 6.0의 HM 16.15대비 객관적 부호화 성능인 BD-rate을 나타낸다. Joint CfP와 동일하게 Joint CfE 실험 조건은 주관적 화질 평가를 용이하게 하기 위해 부호화 비트율을 JEM 공통 실험조건[9]보다 상당히 낮게 설정하였기 때문에 전반적인 부호화 효율이 JEM 공통 실험조건을 적용하는 경우와 약간의 차이를 보임을 알 수 있다. 〈그림 6〉과 〈그림 7〉은 주관적 화질 평가 결과를 나타내는 것으로 제안기술들 이외에 Joint CfE의 anchor인 HM과 JEM의 주관적 성능도 나타내는 것으로 HM과 JEM의 주관적 성능 차이가 뚜렷함을 볼 수 있다.

2. JEM 포함 툴 부호화 성능

JEM은 차세대 비디오 부호화 기술들을 탐색하기 위한 소프트웨어로서, 높은 인코더 및 디코더 복잡도로 인해 JEM이 그대로 차세대 비디오 부호화 표준으로 채택되기는 어려울 것이나, JEM에 포함된 툴들 가운데 채택 가능성이 높은 툴들이 있을 수 있으므로, 각 개별 툴들에 대한 성능 분석은 그 의미가 있다고 할 수 있다. 또한, 개별 툴과 코덱에 포함된 다른 툴들과의 상관관계는 코덱 전체를 효율적으로 설계하기 위해서 중요한 요소라고 할 수 있다. 따라서, 본 절에서는 코덱에서 특정 툴로 인한 비트량 감축율과 함께 코덱에 포함된 다른 툴들과의 상관관계에 따른 성능 분석도 같이 살펴보기 위해서 JEM 6.0에 포함된 특정 툴에 대한 "Tool on"과 "Tool off" 실험 결과를 분석하고자 한다.

〈그림 8〉[10]은 JEM 6.0에 포함된 개별 툴들의 "Tool on" 및 "Tool off" 실험 결과에 대해 BD-rate, 인코딩 시간(Enc.T), 디코딩 시간(Dec.T)을 비교한 것으로 실험조건은 JEM 공통 실험조건 가운데 RA 조건을 적용하였다.

"Tool on"은 HM에 JEM의 블록분할 구조인 "QTBT & LB"을 적용한 것을 anchor로 하고, anchor에 "QTBT & LB"를 제외한 JEM 6.0 포함 툴 가운데 특정 툴 한 개만 적용한 경우의 부호화 성능 향상 정도(즉, 비트량 감축율)



		QTBT&LB	67-INTRA MODES	4T-INTRA	IBF	CCLM	PDPC	ARSS	ATMVP	AMVR	MV16	OBMC	LIC	AFFINE	FRUC	BIO	DMVR	EMT	NSST	BLF	ALF	AC	COEFF-COD	MCABAC	INIT_PREV
Tool On	Enc.T	183%	101%	101%	100%	101%	107%	101%	102%	117%	100%	107%	116%	135%	119%	113%	105%	135%	111%	101%	111%	104%	100%	101%	100%
	Dec.T	129%	99%	98%	98%	98%	101%	98%	126%	95%	99%	113%	99%	107%	180%	187%	128%	99%	100%	103%	175%	106%	97%	99%	98%
Tool Off	Enc.T	182%	101%	100%	100%	100%	102%	105%	106%	111%	100%	114%	114%	105%	125%	115%	101%	130%	119%	102%	101%	101%	99%	101%	100%
	Dec.T	128%	99%	99%	90%	98%	99%	99%	104%	97%	105%	128%	99%	101%	130%	147%	100%	99%	99%	101%	115%	103%	98%	101%	97%

〈그림 8〉 JEM 6.0 포함 툴 성능 비교

를 보여준다. 블록분할 구조는 코덱에 포함된 모든 툴의 성능에 영향을 주는 것으로, "QTBT & LB"는 JEM에서 가장 높은 부호화 효율을 제공하는 툴로서 차세대 비디오 부호화 표준에 채택 가능성이 높기 때문에 HM에 "QTBT & LB"를 적용한 것을 anchor로 선정하였다. 한편, "Tool on"의 "QTBT & LB"의 성능은 HM anchor 대비 HM에 "QTBT&LB"를 적용했을 때의 성능을 비교한 결과이다. "Tool off" 는 JEM 6.0을 anchor로 하고, anchor에서 JEM 6.0에 포함된 툴 가운데 특정 툴 한 개만을 "off" 시켰을 때의 부호화 효율 저하 정도(즉, 비트량 증가율)를 보여준다. 〈그림 8〉에서 각 그래프 하단에 기술된 툴의 이름은 각각 "Tool on"과 "Tool off"의 경우에 성능 비교 대상이 되는 툴을 의미한다.

특정 툴의 "Tool on"과 "Tool off" 실험 결과를 비교하는 것에 의해 해당 툴과 JEM 6.0에 포함된 다른 툴과의 상관관계를 다음과 같이 두 개의 유형으로 분석할 수 있을 것이다.

첫 번째 유형은 "Tool on" 실험에서 큰 비트량 감축율을 보이나 "Tool off" 실험에서 작은 비트량 증가율을 보이는 툴이다. 이러한 유형에 해당하는 툴은 해당 툴의 특성과 유사한 툴이 JEM 6.0에 존재하여 해당 툴을 제거하여도 부호화 효율 감소 정도가 크지 않다고 해석할 수 있을 것이다. 예를 들어 DMVR과 FRUC가 대표적인 경우라 할 수 있다. DMVR은 추가적인 정보 없이 merge 혹은 skip의 경우에 디코더에서 움직임 정보를 보정하는 기술로, 디코더에서 움직임 정보 없이 움직임 보상을 수행하는 FRUC와 유사한 효과를 가진다고 할 수 있다. 이로 인해 DMVR의 경우 "Tool on" 실험에서는 2.6%였던 비트량 감축율이 "Tool off" 실험에서 2.6%과 비교하여 상당이 낮은 0.3% 비트량 증가율로 나타났다. 이 유형에 해당하는 다른 툴들은 DMVR과 유사한 효과를 가지는 FRUC 뿐만 아니라, 그 효과가 일부 유사한 AFFINE과 BIO, 4T-INTRA, PDPC, ARSS가 포함된다. 하지만, CCLM의 경우, 〈그림 8〉의 BD-rate은 휘도 성분만의 결과를 보인 것이기 때문에 첫 번째 유형에 포함되는 것처럼 보이지만, CCLM은 색차신호의 부호화 효율 개선에 기여하는 툴로서 색차 신호의 BD-rate을 고려할 때 첫 번째 유형에 해당하지 않는다고 해석된다.

두 번째 유형은 "Tool on" 실험에서의 비트량 감축 정도보다 "Tool off" 실험에서의 비트량 증가 정도가 더 큰 툴이다. 이러한 유형에 해당하는 툴은 JEM 6.0에 포함된 툴과의 상호작용에 의한 시너지 효과를 보이는 툴로

해석할 수 있다. 예를 들어, MV16이 대표적인 경우이다. MV16은 화면간 예측 시 활용할 목적으로 움직임 정보를 1/16 pel 단위로 저장하는 기술로 움직임 정확도가 증가함에 따라 다른 화면간 예측 툴들의 성능을 향상시키는 효과가 있으므로, "Tool off" 실험에서 MV16을 제거함에 의한 비트량 증가가 1.4%로 "Tool on" 실험에서의 비트량 감소인 0.1% 보다 상당히 크다는 것을 알 수 있다. 이 유형에 해당하는 다른 툴들은 QTBT&LB, OBMC, LIC, BLF, MCABAC, INIT_PREV가 있다.

한편, "Tool on" 실험 결과를 살펴보면, 부호화 성능이 3%이상인 툴은 QTBT&LB, FRUC, ALF, EMT가 있으며, 이 툴들은 인코딩 시간 및 디코딩 시간의 증가도 상당함을 알 수 있다. 이러한 툴들은 복잡도를 줄이기 위한 노력이 필요할 것이라 생각된다. 또한, 부호화 성능이 0.3% 미만인 툴들도 존재함을 알 수 있다. 이러한 툴들은 인코딩 및 디코딩 시간뿐만 아니라 구현 복잡도 등을 고려하여 향후 진행될 차세대 비디오 부호화 표준화에서 논의될 것으로 예상할 수 있다. 이 외에도 일반적으로 최종 표준에 포함되기 위해서는 인코딩 시간 및 디코딩 시간를 포함한 구현 복잡도 대비 적절한 수준의 부호화 효율 향상이 필요하므로, 신규 툴의 경우에도 이를 고려한 개발이 요구된다.

Ⅴ. 결 론

차세대 비디오 부호화 기술 개발을 공동으로 진행하기 위해서 MPEG과 VCEG은 처음으로 공동 탐색팀인 JVET을 구성하여 탐색 참조 소프트웨어인 JEM을 구축하고, JEM 기반의 압축 효율 향상 기술에 대한 탐색을 진행하여 왔으며, '18년 4월 Joint CfP 제안 기술들의 평가를 시작으로 본격적인 표준화를 진행할 예정이다. 이에, 본고에서 서술한 HEVC 이후의 새로운 비디오 표준은 초고해상도 SDR 비디오, HDR 비디오 및 360도 비디오를 포함하고, new 미디어인 VR · AR, Light Field 압축에도 활용될 수 있는 부호화 기술로 평가되고 있기 때문에, 앞으로 표준화 진행 중에 매우 활발한 연구 개발이 진행될 것으로 예상된다.

감사의 글

본 연구는 2018년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2016-0-00572, 초고실감 미디어 서비스 실현을 위해 HEVC/3DA 대비 2배 압축을 제공하는 5세대 비디오/오디오 표준 핵심 기술 개발 및 표준화)

참 고 문 헌

[1] ITU-T/ISO/IEC JVET, "Algorithm description of Joint Exploration Test Model 7 (JEM7)," JVET-G1002, Aug., 2017

[2] ITU-T/ISO/IEC JVET, "Joint Call for Evidence on Video Compression with Capability beyond HEVC," JVET-F1002, April, 2017

[3] ITU-T/ISO/IEC JVET, "Joint Call for Proposal on Video Compression with Capability beyond HEVC," JVET-H1002, Oct., 2017

[4] SO/IEC JTC1/SC29/WG11, "Requirements for a Future Video Coding Standard v5," N17074, July, 2017

[5] ITU-T SG16/Q6, "Requirements for Future Video Coding (FVC)," VCEG-BD03, July, 2017

[6] ITU - R Sector, Image parameter values for high dynamic range television for use in production and international programme exchage, Recommendation ITU-R BT.2100-0

[7] ITU - R Sector, Methodology for the subjective assessment of the quality of television pictures, Recommendation ITU-R BT.500-13

[8] ITU-T/ISO/IEC JVET, "Results of the Call for Evidence on Video Compression with Capability beyond HEVC," JVET-G1004, Aug., 2017

[9] ITU-T/ISO/IEC JVET, "JVET common test conditions and software reference configurations," JVET-G1010, Aug., 2017

[10] E.Alshina et al., "Complexity and performance tradeoff for next generation video coding standard development," SPIE 2017, Sept., 2017

강정원

- 1993년 2월 한국항공대학교 항공전자공학과 학사
- 1995년 2월 한국항공대학교 항공전자공학과 공학석사
- 2003년 8월 Georgia Institute of Tech. ECE 공학박사
- 2003년 10월~현재 한국전자통신연구원 책임연구원
- 2015년 1월~현재 한국전자통신연구원 표준전문위원

〈관심분야〉
영상 압축, 영상신호처리

김휘용

- 1994년 KAIST 전기및전자공학과 학사
- 1998년 KAIST 전기및전자공학과 석사
- 2004년 KAIST 전기및전자공학과 박사
- 2003년 ~ 2005년 ㈜애드팍테크놀러지 멀티미디어팀장
- 2005년 ~ 현재 한국전자통신연구원 실감AV 연구그룹장

〈관심분야〉
영상압축, 영상처리, 영상이해, 실감미디어서비스

차세대 비디오 부호화의 블록 분할 구조

백 아 람
한밭대학교
멀티미디어공학과

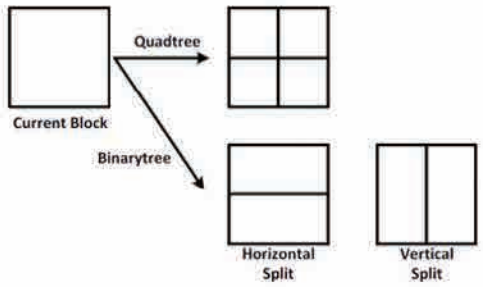
최 해 철
한밭대학교
멀티미디어공학과

Ⅰ. 서 론

이전 세대와 비교하여 향상된 부호화 효율을 선보인 High Efficiency Video Coding (HEVC)[1]는 2013년 1월에 표준화가 완료된 이후로 다양한 응용 분야에서 폭넓게 사용되고 있으며, 관련된 확장 표준들은 계속해서 활용도가 더욱 높아질 것으로 예상되고 있다. 하지만 영상 정보는 계속해서 제한된 네트워크 대역폭을 통해 전송 또는 저장되어지므로 HEVC보다 더 높은 비디오 부호화 효율을 제공할 차세대 비디오 부호화 기술이 요구되고 있다. 따라서 ISO/IEC MPEG(JTC 1/SC 29/ WG 11)과 ITU-T VCEG (Q6/16)은 차세대 비디오 표준 기술 개발을 위해 Joint Video Exploration Team (JVET)을 결성하고 〈표 1〉과 같이 2015년 10월 1차 회의를 시작으로 현재까지 8번의 JVET 회의를 통해 기술 탐색을 위한 논의를 진행하고 있다.

JVET 구성 이전에 VCEG은 이미 비디오 부호화 효율 향상을 위한 기술적 논의를 진행하고 있었으며, 2015년 2월 ITU-T SG16 VCEG 회의에서 추가적인 부호화 툴을 이용한 HEVC 기반 부호화 효율 향상 목표의 기고서[2]가 발표되었다. 기고서에서는 HEVC에 추가적인 기술들을 조합하여 HMKTA 1.0 플랫폼을 공개하였고, All intra (AI), Random access (RA), Low-delay B (LDB) 조건에서 각각 Y-BD Rate 기준으로 6.8%, 10.4%, 8.9%의 부호화 효율 향상 결과를 보였다. 2015년 8월에는 HMKTA 2.0이 공개되었고, 다시 여러 부호화 툴이 추가되어 AI, RA, LDB에서 각각 10.9%, 17.9%, 14.8%의 부호화 효율 향상 결과를 보였다. 이후 VCEG과 MPEG이 JVET을 결성하여 2015년 10월 FVC 기술 탐색을 위한 공통의 플랫폼인 Joint

이 논문은 2016년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임.(No. NRF-2016R1A2B1012652)



〈그림 1〉 QT(Quad-tree) 블록 분할 구조와 BT(Binary-tree) 블록 분할 구조

〈표 1〉 차세대 비디오 부호화 기술 탐구를 수행한 JVET 회의 현황

MPEG Meeting	Date	City	Released JEM version
MPEG 113	2015.10.19~21	Geneva	JEM 1.0
MPEG 114	2016.2.20~26	San Diego	JEM 2.0
MPEG 115	2016.5.26~6.1	Geneva	JEM 3.0
MPEG 116	2016.10.15~21	Chengdu	JEM 4.0
MPEG 117	2017.1.12~20	Geneva	JEM 5.0
MPEG 118	2017.3.31.~4.7	Hobart	JEM 6.0
MPEG 119	2017.7.13~21	Torino	JEM 7.0
MPEG 120	2017.10.18~25	Macao	–

Exploration Model (JEM)의 첫 번째 버전을 시작으로 현재까지 JEM 7.0을 공개하였으며, HEVC 대비 AI, RA, LDB에서 각각 19.7%, 28.5%, 22.3%의 부호화 효율 향상을 보였다[3].

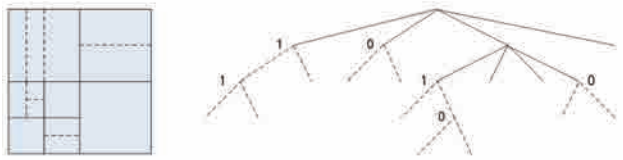
이러한 JEM에서 추가된 기술 중 가장 큰 변화 중 하나로 블록 분할 구조 변경을 꼽을 수 있다. 2016년 6월에 공개된 JEM 3.0에서는 1.0부터 Exploration Experiments (EE)로 진행되었던 Quadtree plus Binary tree (QTBT) block structure가 기존 HEVC의 Quadtree structure를 대신하여 적용되었다. 기존 Quadtree structure의 단점을 보완한 QTBT는 비디오 데이터의 지역적 특성에 더 적합할 수 있도록 더 많은 유연성을 제공한다. 본고에서는 이러한 QTBT를 통해 차세대 비디오 부호화 표준화에서의 블록 분할 구조와 응용 기술에 대해서 살펴볼 것이다. 본고는 다음과 같이 구성되어 있다. 2장에서는 JEM의 블록 분할 구조인 QTBT에 대해 소개하며, 3장에서는 QTBT 응용 기술 동향을 소개한다. 마지막으로 4장에서 결론으로 마무리 짓는다.

Ⅱ. 차세대 비디오 부호화의 블록 분할 구조

기존 HEVC 블록 분할방식은 각 Coding Tree Unit(CTU)에서 Quadtree 구조를 이용하여 4개의 정사각형 Coding Unit(CU)들로 분할하고, 이러한 CU 수준에서 화면 간 예측 또는 화면 내 예측 중 최적의 예측 방법을 결정한다. CU 분할은 최소 CU 크기에 도달할 때까지 Quadtree 구조에 의해 더 작은 CU들로 분할되며, 각 CU는 Prediction Unit(PU) 분할 타입에 따라 다시 1,2 또는 4개의 PU로 분할된다. 각 PU는 다시 최적으로 결정된 예측 방법과 PU 분할 타입에 기반한 예측 프로세스에 따라 잔차 신호를 획득하게 되며, 잔차 신호에 대해 Residual Quadtree Transform(RQT) 구조에 따라 다시 Transform Unit(TU)로 분할된다. 이러한 다양한 컨셉의 HEVC 블록 분할 구조는 이전 비디오 코딩 표준들에 비해 뛰어난 성능을 보였다.

하지만, HEVC의 블록 분할 구조는 다음 분석 결과와 같은 단점이 존재한다. 예측 전환을 위한 최소 단위인 CU의 모양이 오직 정사각형이어야 하며, PU 분할은 고정된 몇 가지 타입을 사용하므로써 유연성을 잃을 수 있다. 또한, TU를 위한 RQT는 복잡도 상승에 비해 미미한 성능 향상을 제공하며 CU, PU, TU를 위한 다양한 컨셉은 복잡하고 중복적인 부분도 존재한다. 마지막으로 휘도 신호와 색차 신호를 위해 동일한 블록 분할 구조가 적용되지만, 휘도와 색차 신호는 특성이 다른 경우가 많다. 따라서 차세대 비디오 부호화 표준을 위한 블록 분할 구조는 CU가 비디오 정보의 지역적 특성에 더 적합할 수 있는 유연성을 제공해야 하며, 이러한 특징을 고려하여 VCEG에서 제안된 QTBT 블록 분할 구조가 현재 JEM에 채택되어 이용되고 있다.

QTBT는 〈그림 1〉과 같이 Quad-tree(QT) 분할과 Binary-Tree(BT) 분할을 함께 이용한다. QT 분할은 한 블록을 동일한 크기의 4개의 서브블록으로의 분할을 의미하며, BT 분할은 한 블록을 대칭 수평분할 또는 대칭 수직분할 타입을 이용하여 2개의 서브블록으로 분할하는 것을 의미한다. CTU는 QT를 이용하여 분할되며, 한 노드의 분할은 최소 허용 QT 노드 크기(minQTSize)까지



〈그림 2〉 QTBT 구조의 예

〈표 2〉 QTBT 파라미터 설정의 예

QTBT Parameters	I Slices		P and B Slices
CTU size	128x128		128x128
	Luma	Chroma	
MinQTSize	16x16	4x4	16x16
MaxBTSize	32x32	–	128x128
MaxBTDepth	4	0	4
MinBTSize	4	–	4

분할이 가능하다. QT로 분할된 노드의 크기가 최대 허용 BT 크기(maxBTSize)보다 크지 않다면 BT 구조를 이용하여 분할이 가능하다. BT로 분할된 노드는 최소 허용 이진트리 노드 크기 또는 최대 허용 BT 깊이에 이를 때까지 분할이 가능하다. 〈표 2〉는 JEM에서 QTBT 관련하여 설정 가능한 파라미터 값의 예를 나타낸다. 〈그림 2〉는 QTBT 블록 분할 구조가 적용된 블록 분할의 예와 해당 분할의 트리 구조이다. 분할 트리에서 실선은 QT 분할을 의미하고 점선은 BT 분할을 의미한다. 〈그림 2〉의 블록 분할 예와 같이 CTU는 먼저 QT로 분할되고 분할된 각 노드는 다시 QT 또는 BT를 사용하여 재귀적으로 분할이 가능하다. 최종 결정된 BT 노드는 예측과 변환을 위해 사용된다. 추가적으로 QTBT 구조는 휘도와 색차 신호에 대해 I 슬라이스에서는 독립적이며, P와 B 슬라이스에서는 분할 구조를 공유한다.

현재 JEM 복호기에서 QTBT 구조의 왜율 최적화(RDO) 과정은 RDO 연산 명령을 재귀적으로 호출하여 각각의 최적 분할을 결정한다. RDO 연산 명령은 해당 블록의 위치 정보와 크기 정보를 이용하여 입력 블록에 대해 수행한다. 첫째로, 입력 블록은 최적의 모드에 대한 정보와 RD cost를 저장한다. 다음으로 수평 BT에 대한 조건에 해당하는 경우, 입력 블록은 수평 방향의 두 개의 서브 블록으로 분할된다. 분할된 각각의 블록은 입력 블록과 같은 가로 값을 갖지만, 높이는 절반으로 나뉘게 된다. 이러한 서브블록은 RDO 연산 명령을 재귀적으로 호출하여 각각의 최적 분할을 결정한다. 최종 결정된 현재 입력 블록에 대한 수평 바이너리 트리의 RD cost도 저장된다. 이와 비슷한 방식으로 현재 입력 블록에 대한 수직 BT 분할과 QT 분할에 대한 RDO 연산 명령을 수행하고 마찬가지로 최적 분할에 대한 정보와 RD cost를 저장한다. 최종적으로 최적 모드, 수평과 수직 BT 분할, QT 분할에 대한 모든 비교가 끝나면 최소 RD cost를 갖는 최적의 블록 분할 형태를 결정하게 된다.

〈표 3〉 QTBT 관련 파라미터 설정에 따른 성능 분석을 위한 다양한 테스트 셋 설정

Parameter	Anchor	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6
CTUSize	128	128	128	256	256	128	256
MinQTLumaISlice	8	16	8	8	8	8	8
MinQTChromaISlice	4	4	4	4	4	4	4
MinQTNonISlice	8	16	8	8	8	8	8
MaxBTDepthISliceL	3	4	2	2	3	2	2
MaxBTDepthISliceC	3	0	2	2	3	0	0
MaxBTDepth	3	4	2	2	3	2	2
MaxBTSizeISliceL	32	32	32	32	32	32	32
MaxBTSizeISliceC	16	16	16	16	16	16	16
MaxBTSizeBPSlice	128	128	128	128	128	128	128

〈표 4〉 표 3의 테스트 셋들에 대한 실험 결과 요약

Testset	Coding Performance (Y, U, V BD-Rate(avg.))	Encoding Time	Decoding Time
Test 1	–0.77% / 3.04% / 3.27%	133%	100%
Test 2	1.46% / 1.93% / 1.97%	66%	107%
Test 3	1.28% / 0.89% / 1.13%	66%	106%
Test 4	–0.43% / –1.07% / –0.95%	105%	108%
Test 5	1.37% / 5.90% / 6.08%	63%	100%
Test 6	1.23% / 4.82% / 5.21%	63%	100%

I 슬라이스의 경우, 현재 블록의 휘도 신호에 대한 QTBT RDO 연산이 끝난 후 색차 신호에 대한 RDO 연산이 수행된다. 이러한 QT와 BT를 위한 RDO 연산의 재귀적 호출은 많은 연산량을 필요로 한다. 따라서 RDO 과정의 속도 향상을 위해 여러 부호화 속도 향상 방법이 구현되어 소프트웨어에 포함되었다. 이러한 속도 향상 방법은 RDO 연산 과정에서 하나의 블록에 대해 여러 차례에 걸쳐 접근되어 지는 것을 방지하는데 기반을 두고 있다. 또한 앞서 소개한 maxBTSize와 minQTSize와 같은 QTBT

관련 파라미터 설정도 부호화 성능과 복잡도에 대한 중요한 요소이다. 시간적 계층이나 픽쳐 수준에서 조건에 따라 블록 크기를 변경하는데 기반 하는 고속화 방법들도 있다.

QTBT의 성능 확인을 위해 JEM 1.0에서 다양한 실험 조건에 대해 측정한 QTBT 실험 결과가 발표[4]되었으며, 그 중 다른 기술들을 모두 끄고 QTBT만 적용한 결과는 AI 환경에서 Y, U, V 각각 4.93%, 8.35%, 8.9%의 평균 BD-rate 감소, 1102%의 부호화 복잡도 증가와 123%의 복호화 복잡도 증가를 보였다. QTBT가 JEM 3.0에서 채택된 후 QTBT 관련 파라미터 설정에 따른 성능 분석을 위해 〈표 3〉과 같이 6개의 테스트 셋에 대한 〈표 4〉의 실험 결과가 발표되었다[5]. 평가는 JEM 3.0의 공통 실험 조건을 기준으로 진행되었다. Test1의 설정은 33%의 부호화 복잡도 증가 대비 휘도 신호 영역에서 3.04%, 3.27% 부보화 손실 결과를 보였다. Test 4는 5%, 8%의 부/복호화 복잡도 증가와 함께 Y, U, V 각각 −0.42%, −1.07%, −0.95%의 부호화 효율 향상 결과를 보였다. 나머지 테스트 셋에서 부호화 복잡도는 감소하였지만 부호화 효율 손실을 보였으며, Test2와 Test3은 복호화 복잡도까지 증가하는 결과를 보였다.

〈표 5〉 QTBT에서의 조기 CU 결정 조건

```
if    (rpcBestCU → getSkipFlag(0) && (bTestHorSplit || bTestVerSplit)
      && uiBTDepth〉=SKIP_DEPTH)
      stopremainingpartitioningprocess
else
      test partitioning horizontally

if    (bTestHorSplit && rpcBestCU → isSkipped(0)                    &&
      rpcBestCU-〉getBTDepth(0)==uiBTDepth                          &&
      uiBTDepth〉=SKIPHORNOVERQT_DEPTH_TH)
      stop remaining partitioning process
else
      test partitioning vertically
do    Quadtree partitioning
```

〈표 6〉 CTU 크기와 BT 분할 깊이 임계값에 따른 테스트 셋 설정

Testset	CTU size	SKIP_DEPTH	SKIPHORNOVERQT_DEPTH_TH
Set 1	128	2	2
Set 2	128	2	1
Set 3	256	2	2
Set 4	256	2	1

〈표 7〉 표 6의 테스트 셋들에 대한 실험 결과 요약

Testset	Coding Performance (Y, U, V BD-Rate(avg.))	Encoding Time	Decoding Time
Set1	0.76% / −0.08% / 0.0%	77%	94%
Set2	0.69% / −0.10% / −0.01%	78%	96%
Set3	0.2% / −1.0% / −0.79%	81%	94%
Set4	0.51% / −1.09% / −0.83%	77%	96%

Ⅲ. QTBT 응용 기술 동향

본 장에서는 2018년 1월 현재까지 JEM에 적용된 QTBT 기반의 주요 응용 기술과 해당 기술의 실험 결과를 소개한다.

1. QTBT 기반 부호화 속도 향상 방법

앞서 QTBT 설명과 같이, QTBT 관련 파라미터 설정은 부호화 성능과 복잡도에 큰 영향이 있는 것을 실험 결과로 확인하였다. 이러한 특성을 이용하여 현재까지 발표된 여러 QTBT 기반 부호화 속도 향상 방법을 소개한다.

첫 번째 방법으로 현재 BT 깊이에서 스킵 모드를 사용하는 조기 CU 결정 방법[6]이 있다. 〈표 5〉의 조기 CU 결정에 대한 조건이 만족하는 경우, 다음 깊이의 QT 또는 BT 분할을 위한 부호화 비율 비교 단계를 종료한다. 기존 QTBT의 수평 블록 분할의 깊이 임계값은 2이며, 수직 블록 분할의 깊이 임계값은 3이다. 임계값에 따른 성능을 확인하기 위해 〈표 6〉과 같이 4가지 테스트 셋에 대해 JEM 3.0 기본 설정을 비교 대상으로 실험을 진행하였다. 〈표 7〉은 4개의 테스트 셋에 대한 실험 결과이며, 본 기술은 실험 세트 3번의 설정을 적용하는 것을 제안하였다.

다음 기술로 시간적 계층 구조에 따라 maxBTDepth를 다르게 활용한 고속화 방법[7]을 소개한다. 본 기술은 시간적 계층 구조가 높을수록 블록 크기가 커지는 분석 결과를 소개하였고, 이러한 결과는 높은 시간적 계층에서 maxBTDepth의 효율과 관계가 있는 것을 나타낸다. 기존 JEM 공통 실험 조건에 따른 maxBTDepth는 3으로, 제안하는 방법은 핵심 프레임과 이와 관련있는 프레임들의 낮은 시간적 계층에서 블록 크기 선택의 유연함을 유지하기 위해 높은 maxBTDepth 값을 이용하고, 상대적

〈표 8〉 시간적 계층 구조에 따른 MaxBTDepth 설정

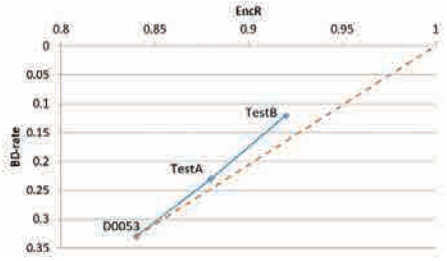
Temporal ID	MaxBTDepth			
	testA	testB	CTC	test2
0	3	3	3	2
1	3	3	3	2
2	3	3	3	2
3	3	2	3	2
4	2	2	3	2

〈표 9〉 표 8의 테스트 셋들에 대한 실험 결과 요약

Testset	Coding Performance (Y, U, V BD-Rate(avg.))	Encoding Time	Decoding Time
testA	0.27% / 0.18% / 0.19%	90%	100%
testB	0.54% / 0.39% / 0.41%	81%	100%
test2	1.46% / 1.93% / 1.97%	65%	98%

〈표 10〉 픽쳐 거리에 따른 SKIP_DEPTH 설정

Distance between pictures	SKIP_DEPTH		
	D0053 Set1	TestA	TestB
4 〉	2	3	3
3	2	3	3
2	2	2	3
1	2	2	2



〈그림 3〉 표 10의 3가지 SKIP_DEPTH 설정에 대한 trade-off 비교

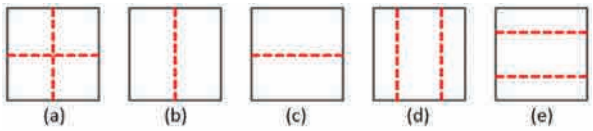
으로 낮은 중요도를 갖는 프레임들의 높은 시간적 계층에서 낮은 maxBTDepth 값을 이용하였다. 더 정확한 성능 평가를 위해 〈표 8〉과 같이 테스트 셋을 나누어 JEM 3.0 기본 설정을 비교 대상으로 실험을 진행하였으며, 〈표 9〉는 실험 결과를 나타낸다.

다음은 앞서 설명한 시간적 계층 구조를 참조하는 방법을 응용하여 픽쳐 사이의 거리에 따라 SKIP_DEPTH를 조절하는 방법[8]을 소개한다. 〈표 10〉과 같이 기존에 제안한 SKIP_DEPTH 값인 2에서 픽쳐 거리가 멀수록 다양한 블록사이즈를 평가하기 위해 3을 적용하고, 픽쳐 거리가 가까울수록 같은 값인 2를 적용한다. 〈그림 3〉은

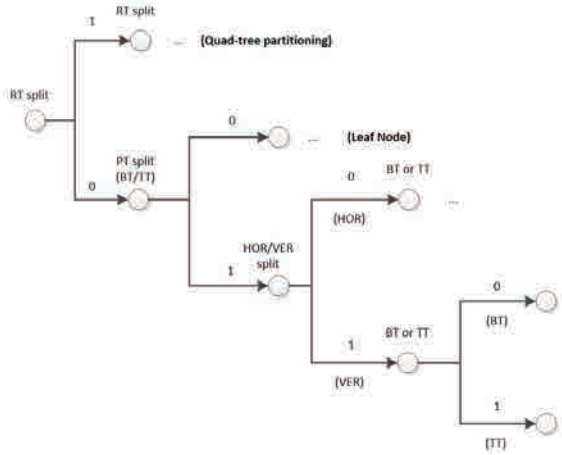
〈표 11〉 Fast Algorithm을 위한 조건

$$RD_B + RD_F > RD_P \;\&\&\; RD_F > RD_P * 0.40 \;\&\&\; BTDepth > 1$$

$$RD_B + RD_F > 1.10 * RD_P \;\&\&\; RD_F > RD_P * 0.60 \;\&\&\; BTDepth \leq 1$$



〈그림 4〉 (a) QT분할 (b) 수직 BT분할 (c) 수평 BT분할 (d) 수직 TT 분할 (e) 수평 TT 분할



〈그림 5〉 MMT에서의 트리 시그널링 구조

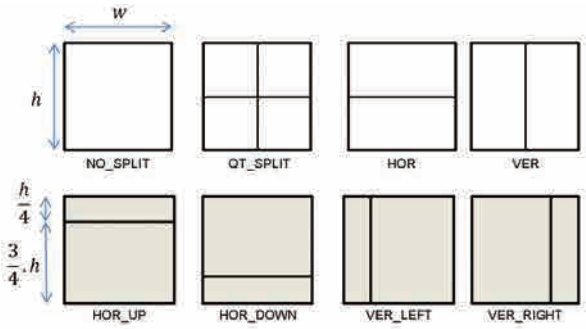
〈표 10〉의 세 가지 SKIP_DEPTH 설정에 대한 실험 결과의 trade-off를 나타낸다. 제안한 TestA와 TestB 모두 기존 방법보다 부호화 효율 손실 대비 부/복호화 복잡도에 대해 더 나은 결과를 보였다.

마지막 고속화 방법은 〈표 11〉과 같은 제안한 조건이 충족할 때, 두 번째 자식 블록에 대한 수직 또는 수평 분할을 건너뛰게 되는 스킵 모드 방법이다. 〈표 11〉에서 RD_B는 분할되지 않은 두 번째 자식 블록에 대한 best 예측의 RD cost를 나타내며, RD_F는 첫 번째 자식 블록에 대한 최소 RD cost를 나타낸다. RD_P는 부모 블록의 최소 RD cost를 나타내며, BTDepth는 두 번째 자식 블록의 BT depth를 나타낸다. 실험은 JEM 5.0에서 진행되었으며, AI, RA, LDB, LDP에서 각각 Y 평균 BD-Rate 0.08%, 0.18%, 0.12%, 0.14% 증가와 87%, 91%, 94%, 94%의 인코딩 시간 단축 결과를 보였다.

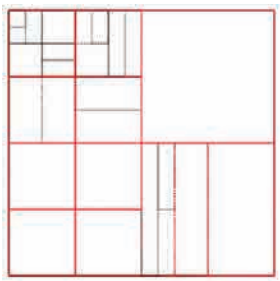
2. Multi-Type-Tree

본 기술은 기존의 QT와 BT에 더하여 블록의 중앙 영역을 기준으로 분할하는 Triple-tree(TT)를 추가한 방법[9]이다. 〈그림 4〉의 (d)와 (e)는 TT의 수평 및 수직 분할의 예를 나타낸다. Multi-type-tree(MMT)는 QT와 같은 Region tree(RT)와 BT, TT와 같은 Prediction tree(PT)의 두 단계 트리로 구분할 수 있다. CTU는 RT 단위로 분할이 되며, 각 RT는 더 분할된 RT나 PT로 분할이 가능하다. 각 PT는 PT depth의 한계치까지 분할이 가능하며, 각 PT의 leaf 노드가 CU가 된다. 기존 QTBT 구조에서 현재 블록의 중앙 영역에 존재하는 객체에 대하여 여러 개의 분할된 블록을 사용해야 하지만, TT는 이러한 단점을 보완할 수 있는 장점이 있다.

시그널링의 경우, RT는 QT와 유사하며 PT는 하나의 추가적인 bin을 필요로 한다. 〈그림 5〉는 MMT에서의 트리 시그널링 구조를 나타낸다. 첫 번째 bin은 RT leaf 노드의 분할 여부를 나타내며, RT가 분할되지 않는 경우에 다음 bin을 사용하여 PT 분할 수행 여부를 나타낸다. 다음으로 PT가 분할되지 않는 경우에는 다음 bin을 사용하여 수평 또는 수직 분할을 나타내며, 하나의 추가적인 bin을 이용하여 BT와 TT 중 어떠한 방식으로 분할할 것인지를 나타내게 된다.



〈그림 6〉 Asymmetric Coding Units의 분할 모드 종류



〈그림 7〉 Grouped Signalling을 위해 블록 영역 크기 임계값을 64로 설정하였을 때 SU 분할의 예

MMT의 성능 평가를 위해 JEM 3.1 기본 설정을 비교 대상으로 실험을 진행하였다. RA 환경에서 3.18%의 Y 평균 BD-rate 감소를 보였으며, 201%의 부호화 복잡도 증가와 94%의 복호화 복잡도 감소를 보였다. 실험 결과의 특징으로 높은 해상도일수록 좋은 성능을 보였으며, Class A1과 A2에 대하여 각각 4.20%, 4.89%의 Y 평균 BD-rate 감소를 보였다.

3. Asymmetric Coding Units

본 기술은 앞서 설명한 MMT와 마찬가지로 기존 QTBT의 분할 구조에서 비대칭(Asymmetric) 모양으로 CU를 분할하는 방법을 추가한 블록 분할 구조[10]이다. 〈그림 6〉은 본 기술의 CU 분할 모드의 종류를 나타낸다. 추가된 비대칭 분할 모드는 QTBT에서 BT 분할 모드의 집합을 확장하게 된다. 비대칭 분할 구조가 적용된 노드는 다시 비대칭 분할 구조가 포함되는 BT 구조로 분할이 가능하다. 비대칭 분할 구조를 위해 BT 분할에 대한 신택스 확장을 필요로 한다. 두 개의 플래그가 추가되며, 첫 번째 플래그는 해당 BT 분할의 대칭 또는 비대칭 여부를 나타내고 두 번째 플래그는 비대칭인 경우 수평 또는 수직 분할을 나타내게 된다. 분할 구조가 추가되면서 증가하는 부호화 복잡도를 최대한 줄이기 위해 RDO 과정에서 중복적인 BT의 경우 스킵할 수 있는 고속화 방법도 적용되었다.

본 기술의 성능 측정을 위해 JEM 3.0 기본 설정을 비교 대상으로 AI 환경에서 실험을 진행하였다. 비대칭 CU 분할과 MaxBTSizeSliceC를 64로 설정하였을 때 실험 결과로 1.44%의 Y 평균 BD-rate 감소를 보이고 396%의 부호화 복잡도 증가 결과를 보였다. 다음으로 고속화 방법을 추가로 적용하였을 때, 1.06%의 Y 평균 BD-rate 감소를 보이고 213%의 부호화 복잡도 증가를 보였다.

4. Grouped Signalling for Transform

본 기술은 QTBT 구조에서 EMT 플래그를 여러 블록에 대해 함께 시그널링하는 방법[11]을 제안하였다. 함께

시그널링하는 블록 영역 크기를 설정할 수 있으며, 해당 블록 영역 크기는 슬라이스 헤더를 통해 전송된다. 블록 영역 크기는 임계값으로 슬라이스 헤더에 시그널링되며, 임계값보다 크거나 같은 영역의 블록에 대해서만 Signalling unit (SU)로 나타내고 시그널링한다. 〈그림 7〉은 128x128 CTU에서 임계값 64에 따른 SU 분할의 예를 나타내며, SU leaf 노드 내에 있는 블록들은 EMT 플래그 값을 공유하게 된다.

성능을 확인하기 위해 블록 영역에 대한 임계값을 64로 설정하고, JEM 2.0 기반과 MinQTLumaISlice는 16, MinQTChromaISlice는 4, MinQTNonISlice는 16의 QTBT 설정에서 실험을 진행하였다. 실험 결과는 AI 환경에서 0.21%의 Y 평균 BD-rate 감소를 보였으며, 109%의 부호화 복잡도 상승과 95%의 복호화 복잡도 감소를 보였다.

Ⅳ. 결 론

본 고에서는 HEVC 이후 ITU-T SG 16과 MPEG이 결성한 JVET의 차세대 비디오 부호화 기술 탐구에서 이용되고 있는 새로운 블록 분할 구조와 그 응용 기술 동향에 대해 살펴보았다. 새로운 블록 분할 구조는 기존 블록 분할 구조의 단점을 극복하고 비디오 정보의 지역적 특성에 더 적합할 수 있는 유연성을 제공하고 있으며, 이러한 장점을 응용하여 추가적인 블록 분할 구조를 사용하여 더 유연한 블록 분할 구조 방법들도 제안되고 있다. 또한 블록 분할 관련 파라미터 설정에 따라 부호화 성능과 복잡도에 큰 영향을 미치는 것으로 확인되었고, 이러한 특성을 이용하여 다양한 부호화기측 고속화 방법도 공개가 되고 있다. 이처럼 최근까지 JVET은 새로운 비디오 표준화를 위한 Call For Evidence를 통하여 비디오 부호화 기술의 발전 성숙도를 확인하였고, 2017년 10월 31일에 Call For Proposal를 발행하고 본격적인 표준화를 위한 최종 준비 단계를 진행하고 있다. 그러므로 신흥 시장을 위한 영상 기술을 포함하는 차세대 비디오 표준에 대한 기술력 경쟁은 가장 중요한 단계에 있으며, 최종 표준화 종료 시점인 2020년 10월까지 전 세계의 관련 기업과 연구기관, 대학들의 기술력 확보를 위한 노력은 지속될 것으로 판단된다. 따라서 앞으로 펼쳐질 차세대 비디오 부호화 표준화에서의 국내 산학연의 선전을 기대한다.

참 고 문 헌

[1] ITU-T Rec. H.165 and ISO/IEC 23008-2, “High efficiency video coding,” Final draft approval Jan 2013.

[2] J. Chen, Y. Chen, M. Karczewicz, X. Li, H. Liu, L. Zhang, and X. Zhao, “Coding tools investigation for next generation video coding,” ITU-T SG 16, doc. COM-16-C806, Jan 2015.

[3] “Report of AHG3 on JEM software development,” Joint Video Exploration Team (JVET) of ITU-T SG 16 WP 3 and ISO/IEC JTC 1/SC 29/ WG11, 8th Meeting, Macao, Oct 2017, Doc. JVET-H0003.

[4] Quadtree plus binary tree structure integration with JEM tools, Joint Video Exploration Team (JVET) of ITU-T SG 16 WP 3 and ISO/IEC JTC 1/SC 29/ WG11, 2nd Meeting, San Diego, Feb 2016, Doc. JVET-B0023.

[5] AHG5:Experiment on JEM default setting, Joint Video Exploration Team (JVET) of ITU-T SG 16 WP 3 and ISO/IEC JTC 1/SC 29/ WG11, 4th Meeting, Chengdu, Oct 2016, Doc. JVET-D0052.

[6] AHG5:Fast encoding setting for JEM, Joint Video Exploration Team (JVET) of ITU-T SG 16 WP 3 and ISO/IEC JTC 1/SC 29/ WG11, 4th Meeting, Chengdu, Oct 2016, Doc. JVET-D0053.

[7] AHG5:Fast QTBT encoding configuration, Joint Video Exploration Team (JVET) of ITU-T SG 16 WP 3 and ISO/IEC JTC 1/SC 29/ WG11, 4th Meeting, Chengdu, Oct 2016, Doc. JVET-D0095.

[8] AHG5:Improved fast encoding setting, Joint Video Exploration Team (JVET) of ITU-T SG 16 WP 3 and ISO/IEC JTC 1/SC 29/ WG11, 5th Meeting, Geneva, Jan 2017, Doc. JVET-E0023.

[9] Multi-Type-Tree, Joint Video Exploration Team (JVET) of ITU-T SG 16 WP 3 and ISO/IEC JTC 1/SC 29/ WG11, 4th Meeting, Chengdu, Oct 2016, Doc. JVET-D0117.

[10] Asymmetric Coding Units in QTBT, Joint Video Exploration Team (JVET) of ITU-T SG 16 WP 3 and ISO/IEC JTC 1/ SC 29/ WG11, 4th Meeting, Chengdu, Oct 2016, Doc. JVET-D0064.

[11] Grouped signalling for transform in QTBT, Joint Video Exploration Team (JVET) of ITU-T SG 16 WP 3 and ISO/IEC JTC 1/SC 29/ WG11, 3rd Meeting, Geneva, May 2016, Doc. JVET-C0054.

백 아 람

• 2012년 2월 한밭대학교 멀티미디어공학과 학사
• 2014년 2월 한밭대학교 멀티미디어공학과 석사
• 2014년 3월~현재 한밭대학교 멀티미디어공학과 박사과정

〈관심분야〉
비디오 부호화, 병렬 프로그래밍

최 해 철

• 1997년 2월 경북대학교 전자공학과 학사
• 1999년 2월 한국과학기술원 전기및전자공학과 석사
• 2004년 8월 한국과학기술원 전기및전자공학과 박사
• 2004년 9월~2010년 2월 한국전자통신연구원 선임연구원
• 2010년 3월~현재 한밭대학교 교수

〈관심분야〉
영상처리, 비디오 부호화, 컴퓨터 비젼

차세대비디오 부호화를 위한 JVET 인트라 예측기술

박 지 윤
성균관대학교

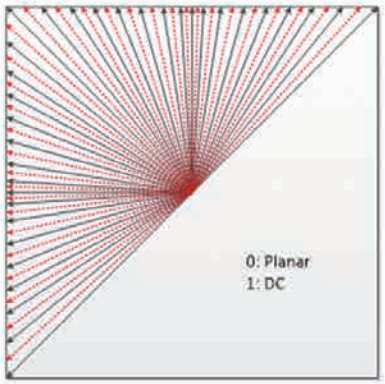
전 병 우
성균관대학교

I. 서 론

비디오 압축기술은 기본적으로 영상간 (inter picture) 존재하는 시간중복성과 영상내 (intra picture) 존재하는 공간중복성을 효율적인 신호예측을 통하여 제거한 후 양자화를 이용하여 영상신호를 표현하는데 소요되는 비트량을 줄이되 주로 인지시각 관점에서 인간이 쉽게 감지하기 어려운 정보 위주로 제거하도록 하여 정보손실에 따른 화질저하를 최소화 하도록 한다. 또한, 그 이후 정보 이론관점에서 영상데이터를 최소 비트량 만을 사용하여 표현함으로써 영상 데이터의 양을 추가로 줄인다. 이러한 일련의 영상압축 기술들은 입력영상의 시간/공간/비트/컬러 해상도, 피사체의 움직임, 컬러공간, 컬러신호채널등 압축할 신호의 매우 다양한 성질 등에 영향을 받을 뿐만 아니라, 영상을 얻는 카메라, 보여주는 디스플레이, 신호를 전송하는 전송채널, 그리고 부호화된 영상을 활용하는 서비스 등에도 큰 영향을 받기 때문에, 각 서비스가 본격화되면서 해당 서비스에 가장 효율적인 압축부호화 기술이 계속 개발되면서, H.261 → H.263 → MPEG-1 → MPEG-2 → MPEG-4 → H.264/AVC → H.265/HEVC 까지 일련의 영상부호화 국제표준으로 발전되어 왔다.

한편 현재는 HEVC 국제표준화가 2013년에 완료된 이후, 다시 HEVC 대비 2 배의 압축률 향상을 목표로 하는 차세대 비디오 부호화 (Future Video Coding; 이하 FVC) 표준화가 ISO/IEC MPEG (JTC1/SC29/WG11)과 ITU-T VCEG (Q6/16)의 공동 비디오 부호화 팀 (Joint Video Exploration Team; 이하 JVET) 주관으로 진행 되어오

본 연구는 2017년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행됨 (No. 2016-0-00572, 초고실감 미디어 서비스 실현을 위해 HEVC/3DA 대비 2배 압축을 제공하는 5세대 비디오/오디오 표준 핵심 기술 개발 및 표준화)



〈그림 1〉 JEM7.1 상의 인트라예측방향

고 있다. 또한, JVET의 공동 실험을 위하여, 부호화 효율 향상에 효과적인 기술들을 선택하고 이들을 소프트웨어로 집약한 JEM (Joint Exploration Model)이 같이 개발되고 있다. FVC는 고해상도 영상, 360비디오와 같은 VR 영상, 그리고 기존 영상들을 더욱 더 고효율로 압축하는 것을 주 목표로 하고 있다.

한편, MPEG-2, H.264/AVC, H.265/HEVC의 표준 기술이 제정되어 오면서 전체적인 부호화 효율은 비약적으로 증가하기는 하였으나, 인트라 예측 기술은, 화면간 예측을 수행하는 인터 예측 기술에 비하여 아직도 부호화 성능개선이 많이 필요한 실정이다. 따라서, JVET에서는 인트라 예측효율을 높이기 위한 다양한 방법들이 고찰되고 있는 바, 본 고에서는 차세대 비디오 표준화를 위한 JEM의 Test Model 7.1에 선택된 최신 인트라 압축기술들을 살펴본다.

Ⅱ. 차세대 비디오부호화를 위한 인트라 예측기술

방대한 데이터 량을 지닌 비디오신호의 부호화를 위하여는 화소간, 또는 화면간에 존재하는 중복성(redundancy)을 제거하여 정보이론 관점에서 순수 정보(entropy)에 해당하는 가장 핵심 신호만을 효율적으로 부호화 하는 것이 매우 중요하다. 동일 영상 내에 존재하는 중복성을 제거하기 위하여 사용하는 인트라예측은 인터 예측에 비하여 부호화 효율성은 아직도 많이 낮지만, 실제 응용환경에서는 인트라 부호화 되는 Intra picture를 주기적으로 전송하여야 하기 때문에 실제 서비스활용을 위하여는 매우 중요한 기술이다. 인트라 부호화를 위하여는 화소간 또는 블록간의 공간 중복성을 효과적으로 줄이는 것이 핵심인데, FVC 에서는 HEVC 와 마찬가지로 블록간의 공간 중복성을 줄이는 방향으로 기술을 고려하여 왔다. 한편, HEVC에서는 블록간 공간 중복성을 제거하기 위하여 Directional intra prediction, DC prediction, Planar prediction의 세가지 방법을 사용하여 왔다. 또한, 인트라 예측은 휘도와 색차 신호 각각에 대하여 서로 다른 방식을 사용할 수도 있다. 이는 휘도와 색차신호의 통계적 성질이 서로 같지 않기 때문이다. 한편, 해당 휘도(또는, 색차) 신호에 대하여 어떤 방식의 인트라 예측방법을 사용하였는지를 복호화기에 정확히 지시하여 주기 위하여 intra prediction mode 정보에 대한 부호화가 필요하다. 이러한 각 기술에 대하여 차례로 알아보기로 한다.

1. 휘도신호에 대한 인트라 예측

FVC 표준 개발을 위한 공동 실험을 하기 위하여 만들어 지고 있는 JEM에서는 자연 영상에서 나타나는 다양한 방향성을 지닌 예측방향을 고려하여 Directional intra mode를 기존 HEVC에서의 33개에서 65개로 대폭 늘렸다. JEM7.1에서 지금까지 고려하고 있는 65개의 인트라 예측 방향이 〈그림 1〉에 나타나 있다. 여기서, HEVC의 33개 방향에 새롭게 추가된 인트라 예측방향은 붉은 점 화살표로 표현되어 있다. 인트라 예측시, 65개의 인트라 예측방향 중 하나의 방향을 선정한 후, 종래 HEVC에 하였던 것처럼 그 방향으로 해당블록에 대한 인트라 예측이 수행된다. 한편, HEVC에서 사용되었던 Planar와 DC 인트라 예측 기술은 JEM7.1에서도 동일하다. 부호화기가 Directional intra prediction, DC prediction, Planar prediction 방법 중 어느 것을 사용하였는지, 그리고 Directional intra prediction 을 사용하였다면, 65개의 방향 중 어느 것을 선택하였는지는 인트라 예측모드 (intra prediction mode) 라는 이름으로 압축비트스트림에 기록되어 복호화기에 전달된다. 따라서, 복호화기는 비트스트림에서 읽은 인트라 예측모드 정보를 통하여 부호화기가 선택한 인트라 예측방법, 그리고 Directional

intra prediction 의 경우 부호화기가 사용한 예측방향을 정확히 알 수 있게 된다.

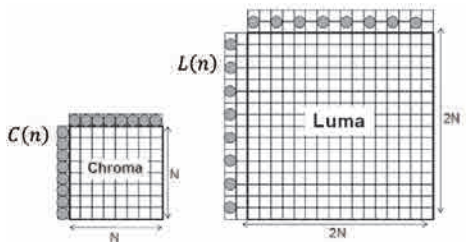
2. 색차신호에 대한 CCLM 인트라 예측

JEM에서는 색차신호 부호화를 위하여 5개의 전통적인 인트라 모드(DC, planar, vertical, horizontal, luma-derived)와 뒤에서 자세히 설명할 6 개의 CCLM (Cross Component Linear Model) 모드로 구성되는 총 11개의 인트라 예측모드를 지원한다. CCLM 을 이용한 인트라 예측은 아직까지는 비교적 잘 알려지지 않았으므로 좀 더 상술하면 다음과 같다.

컬러영상의 경우 RGB에서 YCbCr 컬러공간으로 색공간변환을 하였더라도 휘도신호 (Y 채널)와 색차신호 (Cb 및 Cr 채널)간에 어느 정도의 중복성이 아직도 남아 있음이 알려져 있다. 따라서, 휘도신호와 색차 신호간에 존재하는 이러한 연관성 (correlation)을 추가로 제거한다면 예측부호화 성능을 더욱 향상시킬 수 있을 것이다. 여기서 휘도와 색차 신호사이의 중복성을 Cross component 중복성이라 부른다. 또한 부호화된 휘도 신호로부터 색차신호를 어느 정도 예측할 수 있는가를 모델링하기 위하여 만든 것이 선형 correlation 모델인 CCLM (Cross Component Linear Model) 이다. CCLM을 사용하여 휘도신호로부터 얻어지는 색차 화소값에 대한 예측치는 아래 식과 같이 동일 블록의 복원된 휘도 화소값을 사용하여 계산 된다.

$$pred_c(i,j) = a \cdot rec_L(i,j) + \beta$$

여기서, (i,j)는 주어진 블록내 해당 화소의 공간위치를 표시하며, $pred_c(i,j)$은 주어진 블록내 해당위치의 색차 화소값을 의미하고, $rec_L(i,j)$은 동일 블록의 복원 휘도화소값을 의미한다. 422 또는 420 컬러포맷과 같이 일반적으로 휘도신호보다 색차신호의 공간해상도가 낮으므로, 이 식에서 사용하는 $rec_L(i,j)$ 값은 색차신호의 공간 해상도에 맞게 휘도화소의 값을 하향표본화 (downsampling) 한 것이다. 한편 이 식에서 파라미터 α 와 β는 색차신호와 휘도신호간의 연관성을 1차 선형모델로 regression 한 경우의 1차 선형모델을 규정하는 값으로써, 현재 블록 주변의 이웃한 복원된 휘도 및 색차 성분 화소 사이의 regression error를 최소화 하기 위해 다음과 같이 얻어진다.



〈그림 2〉 CCLM인트라예측을 위한 주변 화소

$$\alpha = \frac{N \cdot \sum(L(n) \cdot C(n)) - \sum L(n) \cdot \sum C(n)}{N \cdot \sum(L(n) \cdot L(n)) - \sum L(n) \cdot \sum L(n)},$$

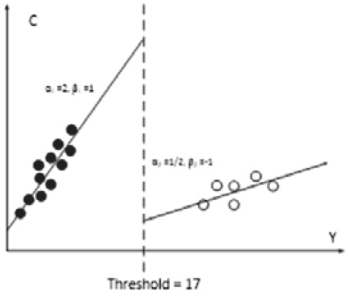
$$\beta = \frac{\sum C(n) - \alpha \cdot \sum L(n)}{N}$$

〈그림 2〉에 나타난 것과 같이, 위 식에서 $L(n)$은 하향표본화된 현재블록에 이웃하는 상단과 좌측의 복원된 휘도 화소값을 의미하고, $C(n)$은 현재블록에 이웃하는 상단과 좌측의 복원된 색차 화소값을 의미한다. N은 색차 코딩블록 (CB)의 가로 폭과 세로 길이 중 작은 값의 두배로 설정된다. 만일 코딩블록(CU)이 정사각형이라면 N은 코딩블록 한 변의 길이의 2배가 될 것이며, 직사각형 모양의 코딩 블록이라면, 더 긴 변의 길이를 짧은 변의 길이만큼 하향표본화 (downsampling) 하여 얻어진 정사각형의 한변의 길이의 2배가 될 것이다.

한편, 코딩블록 (CU)의 부호화 순서가 휘도(Y) → 색차(Cb) → 색차(Cr)이므로, 위에서 살펴본 CCLM 기술은 휘도에서 색차신호로의 예측뿐만 아니라, Cb 성분으로부터 Cr 성분을 예측하는 데도 사용될 수 있으며, 이를 CCLM Cb-to-Cr prediction이라 부른다. 이때 Cb로 부터 Cr로의 예측은 복원된 화소값을 사용하지 않고 residual 신호를 사용하며, Cr에 대한 예측치를 계산하기 위해 복원된 Cb residual과 Cr intra prediction을 아래 식과 같이 사용한다.

$$pred^*_{Cr}(i,j) = pred_{Cr}(i,j) + \alpha \cdot resi_{Cb}(i,j)$$

또한, 이 식에서 사용하는 Scaling 값인 α는 아래와 같이 얻어진다.



〈그림 3〉 이웃 화소들을 분류하는 예

$$\alpha = \frac{N \cdot \sum\left(Cb(n) \cdot Cr(n)\right) - \sum Cb(n) \cdot \sum Cr(n) + \lambda \cdot (-0.5)}{N \cdot \sum\left(Cb(n) \cdot Cb(n)\right) - \sum Cb(n) \cdot \sum Cb(n) + \lambda}$$

이 식에서 $Cb(n)$는 주변 복원 Cb 샘플들을 의미하고, $Cr(n)$는 주변 복원 Cr 샘플들을 의미하며, λ는 $\sum\left(Cb(n) \cdot Cb(n)\right) \gg 9$이다.

JEM에 사용하는 CCLM은 다시 단일 모델 CCLM모드와 다중모델 CCLM모드 (MMLM: Multi model LM)로 구분된다. 이름에서 알 수 있듯이 단일 모델 CCLM모드는 휘도 화소로부터 색차 화소값을 예측하기 위해 전체 CU를 대표하여 하나의 선형 모델을 사용하는 것이고, MMLM에서는 두개의 모델을 사용할 수 있는 것이다. MMLM을 사용할 경우, 현재블록과 이웃하는 휘도 화소 및 이웃하는 색차 화소는 2개의 그룹으로 분류되고, 각 그룹은 각각의 선형모델을 유도하는 훈련 집합으로 사용된다. 또한, 부호화할 현재 블록내의 휘도 및 색차화소들도 역시, 주변 화소들의 분류기준을 동일하게 적용하여 두개의 그룹으로 분류된다. 〈그림 3〉은 이웃하는 화소들을 2 개의 그룹으로 분류하는 예이다. 이때 분류를 위한 임계 값은 주변의 복원된 휘도 화소값들의 평균값으로 계산되며, 다음 식이 나타낸 것과 같이, 복원된 휘도 화소값이 임계 값보다 작거나 같은 이웃 화소들은 그룹 1로 분류되고, 복원된 휘도화소값이 임계 값보다 큰 이웃 화소들은 그룹 2로 분류된다.

$$Pred_c[x,y] = \begin{cases} \alpha_1 \times Rec_L'[x,y] + \beta_1 & if\ Rec_L'[x,y] \le Threshold \\ \alpha_2 \times Rec_L'[x,y] + \beta_2 & if\ Rec_L'[x,y] > Threshold \end{cases}$$

위에 상술한 바에 따라 두개 그룹으로 분류되어 얻어진 각각의 CCLM 모델을 사용하여 복원된 휘도신호를 이용한 색차신호의 예측치가 각각 계산된다.

JEM에서는 색차신호의 인트라예측을 위하여 6 개의 CCLM 모드를 고려하고 있는데, 이 6개의 모드는 CCLM l mode, MMLM (Multi model LM) 모드, 그리고 4종류의 MFLM (multi filter LM) 모드로 구성된다. 4종류의 MFLM 모드들은 각각 색차신호의 하향표본화 (down sampling) 할 때 사용되는 필터로 구분된다. 한 CU의 색차성분의 인트라 예측모드로 CCLM 모드가 아닌 전통적인 5 종류의 색차 인트라 예측 모드 중 하나가 선택되었을 때, Cr 성분의 예측효율을 향상시키기 위해 CCLM Cb-to-Cr prediction이 적용된다.

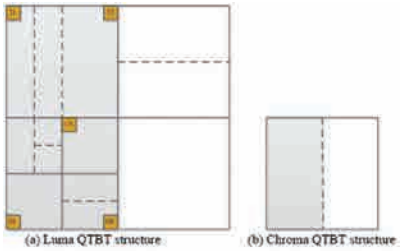
3. 휘도 인트라 예측모드 부호화기술

인트라 예측방향 중 부호화기가 선정한 하나의 방향을 복호화기에 지시하기 위하여, directional intra mode 정보를 부호화 할 필요가 있다. 모드 부호화의 목적은 많은 모드들을 사용하지만, 이에 대한 선택정보를 되도록 적은 비트로 표현하기 위함이다. 이를 위해 영상과 화면 내 예측 모드의 통계적인 특성을 이용한다. 일반적으로 영상을 일정한 크기의 블록으로 나누었을 때, 하나의 블록과 그 주변블록은 유사한 영상 특징을 가질 확률이 높음으로, 화면 내 예측 모드 또한 유사한 값을 가질 확률이 높다. 이러한 특성을 고려하여, 현재 CU를 기준으로 왼쪽 CU와 위쪽 CU의 화면 내 예측모드를 기반으로 현재 CU의 모드를 부호화 한다. 그리고 이 주변 CU의 화면 내 예측 모드와도 동일한 인트라 예측모드를 가질 가능성이 높으므로, 이 후보들의 집합이라는 의미를 지닌 MPM(Most Probable Mode) 리스트를 사용한다. 만약 현재 PU의 화면 내 예측 모드가 주변 PU의 화면 내 예측모드와 유사하다면, MPM 내의 한 모드로 결정될 확률이 높다. 따라서 이러한 통계적 경향성을 최적으로 이용한다면, 모드를 부호화하는데 소요되는 비트량을 줄일 수 있다. 즉, 현재 CU의 인트라 예측모드가 MPM리스트에 속해있는지 여부를 확인한 후, 이에 따라 현재 CU의 인트라모드가 MPM 리스트에 속해있는 경우에는 MPM 리스트의 어떤 모드인지, 또는 CU의 인트라모드가 MPM 리스트에 속해있지 않는 경우에는, MPM 리스트외의 어떤 모드인지를 추가로 신호한다. HEVC와는 달리 JEM에서는 67개로

화면 내 예측 모드의 수가 증가 되었으므로 3개의 MPM을 채용했던 HEVC와는 다르게, 6개의 MPM을 채용한 변형된 intra mode 부호화 방법을 사용한다.

MPM 리스트는 6개의 서로 다른 모드들로 구성되는데, 이와 같은 MPM 리스트를 만들기 위하여 {Neighbor intra modes, Derived intra modes, Default intra modes} 의 세 그룹의 모드들을 먼저 고려한다. 첫 번째 그룹인 Neighbor intra modes는 다섯 개의 이웃하는 블록들의 intra prediction mode들로 MPM 리스트를 먼저 구성하는 것이다. 〈그림 4〉와 같이 5개의 이웃하는 주변 블록들은 좌(L), 상(A), 좌하(BL), 우상(AR), 그리고 좌상(AL)의 5개의 주변 블록으로써, 인터 예측의 merge 모드에서 고려하는 이웃블록들과 동일하다. 초기 MPM 리스트는 〈그림 4〉의 5개의 주변블록들의 intra mode, planar, 그리고 DC 모드로 우선 초기화 되는데, 이때 MPM 리스트상의 초기 모드들은 좌 → 상 → planar → DC → 좌하 → 우상 → 좌상의 순으로 고려된다. 이 중에는 서로 중복되는 모드들이 있을 수 있기 때문에, 중복되는 모드를 제거하여 서로 다른 인트라 모드들로만 구성되는 MPM 리스트를 만들기 위하여 그 이후 pruning과정을 거친다. 만일 Pruning 을 통하여 MPM 리스트에서 서로 다른 MPM 후보의 개수가 6개보다 적어진 경우에는, 두 번째 그룹인 Derived intra modes 들을 추가로 채워 넣는다. 이는 Neighbor intra modes 들 중 이미 MPM 리스트에 포함 되어진 angular모드들에 대해 −1 또는 +1을 더함으로써 Derived intra modes를 얻는 것이다. 이 과정에서 DC 또는 planar와 같은 non−angular 모드들은 고려하지 않는다. 이런 과정을 통해서도 MPM 리스트가 여전히 6개보다 적은 후보를 갖는 경우에는, 세 번째 그룹인 Default intra modes들을 사용하여 6개의 서로 다른 모드값을 갖도록 MPM리스트를 마지막으로 채운다. Default modes로 MPM 리스트를 채울 때는 수직모드 → 수평모드 → 2번모드 → 대각선모드의 순서에 따른다. 이와 같은 과정을 통해, 서로 다른 6개의 모드들로 구성되는 MPM리스트가 최종적으로 만들어 진다.

〈그림 4〉 인트라부호화모드 부호화를 위한 주변블록



〈그림 5〉 | 슬라이스의 색차 CB에 해당하는 하위블록

총 67개의 인트라 모드중에, 6개의 MPM리스트에 포함되지 않은 남은 61개의 non−MPM 모드는 selected mode set 와 non−selected mode set 로 다시 나뉜다. Selected mode set 에는 16개의 모드가 들어있고, 나머지 45개의 모드는 non−selected mode set에 속한다. 현재 모드가 속해 있는 mode set을 지시하는 정보는 flag 형태로 압축 비트스트림에 표시된다. Selected mode set는 다음과 같이 총 61개의 non−MPM 모드를 sub−sampling 함으로써 만들어진다.

Selected mode set = {0, 4, 8, 12, 16, 20, ⋯, 60}
Non−selected mode set = {1, 2, 3, 5, 6, 7, 9, 10 ⋯ 59}

해당 블록의 인트라 모드가 MPM list에 속할 때는 인덱스만을 시그널링 해 주면 되고, 그렇지 않을 때는 selected mode set 16개중의 하나임을 지시하기 위하여 4비트의 고정길이 인덱스를 전송하고, Selected mode set에도 포함되지 않으면 해당 모드 정보를 truncated binary code로 시그널링 한다.

4. 색차 인트라 예측모드 부호화기술

인트라 예측모드는 휘도신호와 색차신호 각각에 대하여 독립적으로 전송되는데, 색차신호에 대한 인트라 예측모드 부호화 방법도 기본적으로 휘도신호의 경우와 유사하므로, 색차신호에 대한 차이점 위주로 알아보도록 한다.

색차신호의 인트라예측모드 부호화를 위한 색차신호

〈표 1〉 Intra mode pre-selection단계의 최적모드 후보의 개수

Intra prediction block size	HM	JEM
4×4	8	7
8×8	8	7
16×16	3	2
32×32	3	2
64×64	3	2
> 64×64	3	2

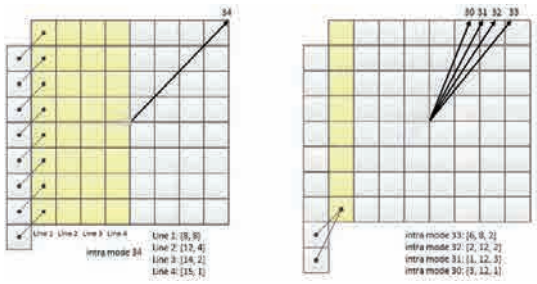
인트라예측모드 후보 리스트는 CCLM모드와 DM모드(현재 색차 블록에 대응되는 휘도 블록 안에 배치된 5개의 인트라 예측 모드로부터 유추되는 모드를 의미한다), 그리고 공간 주변 블록으로부터의 색차 예측을 수행하는 모드들로 채워진다. I-Slice에서 색차 블록과 대응되는 휘도 블록의 5가지 위치는 〈그림 5〉와 같이 해당 휘도 블록의 센터 (CR), 상단 왼쪽 (TL), 상단 오른쪽 (TR), 하단 왼쪽 (BL) 및 오른쪽 하단 (BR) 4x4 블록이다. P 및 B 슬라이스의 경우, 5 개의 서브 블록 모두 동일한 모드를 갖으므로 그 중 하나만 체크하면 된다. 공간 주변 블록으로부터의 색차 예측 모드에서는 5 개의 색차 예측 모드 (공간적으로 이웃하는 왼쪽, 위, 아래 왼쪽, 오른쪽 위 및 왼쪽 위), 그리고 DC모드, planar모드, 그리고 DM모드(이미 색차 모드 후보 목록에 포함 된 방향성 모드에 −1 또는 +1을 더함으로써 얻어진다), 마지막으로 수직, 수평, 모드 2가 순차적으로 색차모드 후보에 추가된다. 또한, 새로운 색차 인트라 모드가 후보 목록에 추가 될 때마다 pruning 과정이 적용된다. 이때, CCLM 모드가 아닌 색차 인트라 모드 후보 리스트의 길이는 5로 제한되도록 한다. 컬러신호에 대한 인트라예측모드 시그널링을 할때, CCLM 모드들 중 하나 또는 전통적인 색차 인트라 예측 모드 중 하나가 사용되는지 여부를 표시하기 위한 플래그가 먼저 시그널링 되고, 그 이후, 몇 개의 플래그를 추가로 사용하여 현재의 색차 코딩블록에 사용 된 정확한 색차 예측 모드를 지시한다.

5. 인트라예측모드 결정

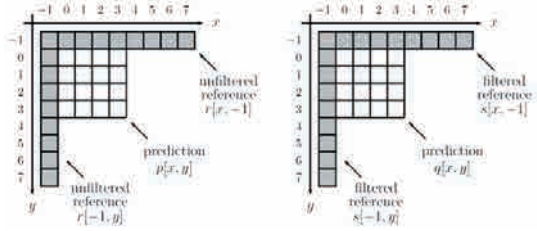
JEM에서는 부호화면에서 가장 유리한 인트라 예측모드를 결정하여야 하는데, 인트라 예측 모드가 35개였던 HEVC와는 달리, JEM에서 고려하고 있는 인트라 예측 모드의 총 개수는 이의 대략 두 배에 이르는 67개이다. 따라서, HEVC 때와 비교하여 intra mode 결정을 위한 계산량이 대폭 증가하므로, 종래 HM에서 최적 인트라 예측모드를 결정하기 위하여 사용한 두단계의 결정과정을, FVC부호화기에서는 HM 에서 사용하던 첫 번째 단계인 intra mode pre-selection 과정을 다시 두 단계로 확대한 변형된 방법을 사용한다. FVC에서 사용하는 intra mode pre-selection 의 첫 단계에서는 비교적 계산이 용이한 SATD 값을 기반으로 기존 HEVC가 정의한 35개 intra prediction modes 들 중에서 N개(N은 intra prediction 블록 크기에 의해 결정된다) 모드들을 먼저 고른다. 그리고 intra mode pre-selection의 두 번째 단계로, 1단계에서 선택된 N개의 모드들과 바로 이웃한 모드들(〈그림 1〉에서 붉은색 점 화살표로 표현된 새로운 intra prediction directions)을 SATD를 사용하여 추가로 평가하여 첫 단계에서 선택된 N개 후보모드들의 목록을 갱신한다. 그 이후, M 개의 상위 MPM 들이 N 개 후보리스트에 없는 경우 이를 추가한다. 이 갱신된 후보리스트를 사용하여, 종래 HM 에서 두번째 단계로 사용하였던 것과 같이 RD 값 비교를 수행하여 최종 모드를 결정한다. 여기서 M의 값은 HM에서 사용하였던 값보다 1증가한 값을 사용하고, N의 값은 〈표 1〉에 보인 것 처럼 다소 감소된 값을 사용한다.

6. 인트라 예측을 위한 필터링

방향성 인트라예측 기술(directional intra prediction)을 사용하여 예측화소값을 계산하기 위하여는 필터링이 필요하다. HEVC에서는 2-tap linear interpolation 필터가 사용되었는데, JEM에서는 방향성 인트라예측의 정확도를 더욱 향상시키기 위해 2종류의 4-tap intra interpolation 필터가 사용된다. 즉, 블록크기가 64 또는 이보다 작은 경우에는 Cubic interpolation 필터가, 그리고 블록크기가 64보다 큰 경우에는 Gaussian interpolation 필터가 사용된다. 이 두가지 필터를 정의하는 파라미터들은 블록 크기에 따라 정해지며, 블록크기가 같다면, 동일한 필터가 모든 directional mode 그리고 블록내 모든 위치의 예측화소에 사용된다.



〈그림 6〉 인트라 모드 30–34에 대한 경계 예측 필터의 예



〈그림 7〉 필터링 되지 않은 참조 샘플과 필터링된 참조샘플

인트라 예측을 위한 필터링은 위에서 살펴본 방향성에 따른 예측화소값을 생성하기 위하여도 사용되지만, 인트라예측된 신호블록을 필터링하기 위하여도 사용된다. HEVC 의 경우 수직 또는 수평방향의 인트라 예측블록을 생성한 후, 가장 왼쪽의 컬럼이나 가장 위쪽의 row에 대하여 필터링을 취한다. 이는 주변블록과의 불연속성을 최소화 하기 위함이다. JEM 에서는 이 방법을 다양한 대각선 intra mode들로 까지 확장하고, 4개의 행 또는 열까지의 경계화소들에는 (intra mode 2번과 34번에 대해) 2–tap 필터 또는 (intra mode 3–6번과 30–33번에 대해) 3– tap 필터를 사용한다. 〈그림 6〉은 intra mode 34번과 30–33번에 대한 boundary prediction 필터의 예를 보여준다. intra mode 2번과 3–6번에 대한 boundary prediction도 이와 유사하다.

7. Position dependent intra prediction combination (PDPC)

PDPC는 인트라 예측에 predictor mode와 블록 크기에 따라 nonfiltered와 filtered된 참조 화소들을 각각 이용하여 얻어진 예측치를 선형적으로 조합하는 방법이다. 〈그림 7〉에 나타난 바와 같이 인트라 예측을 위하여 Filtered와 unfiltered 참조화소들을 나타내는 샘플 r과 s를 각각 이용한다. q[x, y]는 새로운 filtered reference인 s로부터 얻어지는 directional 예측치를 의미하며, DC와 boundary filter에서는 이용하지 않는다. x와 y는 block boundary로부터 수평 그리고 수직 거리를 의미하며, 새로운 prediction 값인 p[x, y]는 다음과 같이 boundary element의 가중값과 q[x, y]를 조합하여 얻어진다.

$$\begin{aligned} p[x,y] = \Big\{ & \left(c_1^{(v)} \gg \lfloor y/d_y \rfloor\right) r[x,-1] \\ & - \left(c_2^{(v)} \gg \lfloor y/d_y \rfloor\right) r[-1,-1] \\ & + \left(c_1^{(h)} \gg \lfloor x/d_x \rfloor\right) r[-1,y] \\ & - \left(c_2^{(h)} \gg \lfloor x/d_x \rfloor\right) r[-1,-1] \\ & + b[x,y]\, q[x,y] + 64 \Big\} \gg 7 \end{aligned}$$

위 식에서 $c_1^v, c_2^v, c_1^h, c_2^h$는 저장된 prediction 파라미터를 의미하며, d_x 또는 d_y값은 블록 크기가 16x16까지는 1이고, 그 이상의 블록에서는 2의 값을 갖는다. Filtered 참조화소값의 계산에는 참조화소를 정수 계산으로 조정하고, Gaussian filter에 근사 시키기 위해서 짝수차수의 binomial lowpass filter를 사용한다. 또한, h_k는 k 번째 filter의 impulse response를 의미하고, linear combination으로 filtered reference를 계산하기 위해 추가적으로 저장된 파라미터 α가 사용된다. 아래 식에서 "*"는 convolution을 의미한다.

$$\mathbf{s} = \alpha\,\mathbf{r} + (1-\alpha)(\mathbf{h}_k * \mathbf{r})$$

Prediction 파라미터의 세트($c_1^v, c_2^v, c_1^h, c_2^h$, a 와 filter

〈표 2〉 PDPC를 위한 파라메터 집합

Set	Intra mode	Set	Intra mode	Set	Intra mode
0	0	12	12, 56	24	24, 44
1	1	13	13, 55	25	25, 43
2	2, 66	14	14, 54	26	26, 42
3	3, 65	15	15, 53	27	27, 41
4	4, 64	16	16, 52	28	28, 40
5	5, 63	17	17, 51	29	29, 39
6	6, 62	18	18, 50	30	30, 38
7	7, 61	19	19, 49	31	31, 37
8	8, 60	20	20, 48	32	32, 36
9	9, 59	21	21, 47	33	33, 35,
10	10, 58	22	22, 46	34	34
11	11, 57	23	23, 45		

index k)는 해당 PU의 prediction 방향과 블록 크기에 따라 정의된다. 주어진 블록 크기에서 각각의 35개의 prediction 방향에 대해 〈표 2〉와 같이 prediction 파라미터의 3개의 set가 정의된다. 3개의 set 중 어떤 하나가 사용될지는 CU단에서 0부터 3까지의 값을 갖는 index가 보내짐으로써 알 수 있다. 0의 값은 기존 intra prediction이 사용되었음을 의미하고, 1, 2, 3의값은 prediction parameter set 번호를 의미한다.

Ⅲ. 맺음말

본 고에서는 FVC 표준개발을 위하여 JEM에 지금까지 선택된 인트라 예측기술에 대해 살펴보았다. 동영상 부호화에서 인트라 예측부호화 기술은 빼놓을 수 없는 매우 중요한 기술이므로, 향후 표준화가 계속 진행됨에 따라 더욱 압축효율이 높은 다양한 인트라 부호화 기술들이 발표될 것으로 기대한다.

참 고 문 헌

[1] Jian le Chen, "Algorithm Description of Joint Exploration Test Model 7 (JEM 7)," JVET-G1001, Jul. 2017.

[2] Gary J. Sullivan, "Overview of the high efficiency video coding (HEVC) standard," IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology, pp.1649 - 1668, Dec.2012

박 지 윤

- 2016년 8월 국민대학교 정보통신대학 컴퓨터공학부 학사
- 2017년 9월~현재 성균관대학교 전자전기컴퓨터공학과 석박사통합과정

〈관심분야〉
멀티미디어 영상압축

전 병 우

- 1985년 서울대학교 전자공학과 학사
- 1987년 서울대학교 전자공학과 석사
- 1992년 Purdue Univ. School of Elec. 공학박사
- 1993년~1997년 삼성전자 신호처리연구소 선임/수석연구원
- 1997년~현재 성균관대학교 전자전기공학부 교수

〈관심분야〉
멀티미디어 영상압축, 영상인식, 신호처리

FVC 기술 소개 – JVET Inter Prediction

박 도 현
한국항공대학교

김 재 곤
한국항공대학교

Ⅰ. 서 론

2013년 1월, 초고해상도(UHD: Ultra High Definition) 영상의 효과적인 부호화를 위한 HEVC(High Efficiency Video Coding) 표준화가 완료되었다[1]. HEVC는 UHD 방송, 스마트폰, 비디오 스트리밍 등 여러 상용 제품 및 서비스에 적용되고 있다. 하지만 5G 이동통신과 같은 인프라의 진화와 함께 HDR(High Dynamic Range), WCG(Wide Color Gamut), 가상현실(VR: Virtual Reality), 증강현실(AR: Augmented Reality) 등 보다 진화된 초실감 비디오 서비스가 대두됨에 따라 이에 대응할 수 있는 보다 강력한 비디오 압축 성능이 요구되고 있다. 이러한 배경에 따라 HEVC와 비교하여 동등한 주관적 화질에서 2배의 부호화 성능 제공을 목표로 하는 차세대 비디오 압축 표준화를 위해 2015년 10월 ITU-T VCEG(Video Coding Experts Group)과 ISO/IEC MPEG(Moving Picture Experts Group)은 공동으로 JVET(Joint Video Exploratory Team)을 구성하였다[2]. JVET은 차세대 비디오 부호화(FVC: Future Video Coding) 표준화에 앞서 요구사항과 테스트 절차를 정의하고 부호화 효율을 개선할 수 있는 잠재적 표준 기술을 탐색, 검증 작업을 진행하고 있다. 매 JVET 회의 이후 회의 내용이 반영된 참조 코덱 SW인 JEM(Joint Exploration Test Model)을 배포하고 있으며 지난 2017년 7월에 진행된 제7차 JVET 회의의 결과로 JEM7.0이 배포되었다. 2017년 10월 마카오에서 개최된 제8차 JVET 회의에서 본격적인 표준화 작업을 위한 비디오 부호화 기술을 요청하는 제안기술요청서(CfP: Call for Proposal)를 공표하였다[3]. 기술제안요청서는 차세대 비디오 압축 표준의 요구사항 및 진행 일정과 함께 SDR 비디오, HDR 비디오, 360도 비디오 각각에 대한 테스트 시퀀스, 목표 비트율, 실험 환경 등을 명시하였고, 차세대 비디오 압축 표준

화를 진행하는 그룹 이름을 JVET(Joint Video Experts Team)으로 명명하였다. JVET은 2018년 10월 테스트 모델 선택 완료, 2020년 10월 최종 표준안(FDIS: Final Draft International Standard) 완료를 목표로 하고 있다. 본 고에서는 JVET의 참조 SW 코덱인 JEM7.0에 채택되어 있는 화면간 예측 부호화 요소 기술에 대해 설명한다[4].

Ⅱ. JEM 화면간 예측 부호화 기술

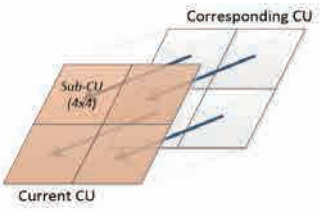
JEM 비디오 코덱은 기존의 HEVC의 참조 SW 코덱인 HM 기반으로 구성되었기 때문에 전체적인 구조는 기존의 HEVC와 유사하지만 효율적인 비디오 압축을 위해 기존의 방법보다 향상된 기술을 적용하여 부호화 성능을 높였다. JEM의 화면간 예측은 HEVC와 마찬가지로 효율적인 움직임 정보 부호화를 위해서 주변 블록과 현재 블록의 움직임 정보 유사성을 이용하는 AMVP(Advanced Motion Vector Prediction) 모드, Merge 모드를 확장하여 채택하였다. 또한 서브 블록 단위로 움직임을 예측할 수 있는 ATMVP(Alternative Temporal Motion Vector Prediction), 부호화 블록 단위로 MVD(Motion Vector Difference)의 해상도를 결정하는 AMVR(Adaptive Motion Vector Resolution), 움직임 벡터(MV: Motion Vector)의 저장 정밀도를 높이는 MV16, 화면간 예측에서의 블록 경계에서의 부정확성을 보완하기 위한 OBMC(Overlapped Block Motion Compensation), 현재 프레임과 참조 프레임 사이의 밝기 차이를 보상하는 LIC(Local Illumination Compensation), zoom-in/zoom-out, 회전 등 평행이동 이외의 움직임을 보상하기 위한 AFFINE, 복호화기에서 움직임을 예측, 생성하여 사용하는 FRUC(Frame Rate Up Conversion), 화소 단위의 개선된 움직임 보상을 위한 BIO (Bi-directional Optical flow), 복호화기에서 움직임을 개선시킬 수 있는 DMVR(Decoder-side Motion Vector Refinement)와 같은 기술들을 추가적으로 채택하여 화면간 예측 부호화 성능을 높이고 있다[5]. 본 장에서는 JEM 성능 향상을 위해 채택된 화면간 예측 부호화 기술들에 대해 소개한다.

1. Sub-CU Based MV Prediction

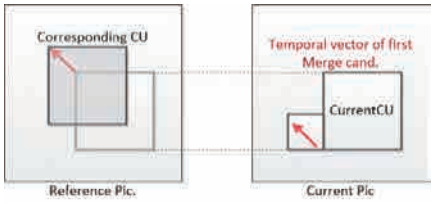
부호화 단위인 CU(Coding Unit)는 각 방향에 대해 하나의 움직임 정보만을 가질 수 있다. 본 기술은 CU를 sub-CU로 분할하여 각 sub-CU가 하나의 움직임 정보를 가질 수 있게 하여 부호화 성능을 높인다. 참조 프레임(referene frame)에 존재하는 대응 블록의 다수의 서브블록으로부터 움직임 정보를 유도하는 ATMVP와 공간적/시간적 주변 블록의 움직임 정보를 sub-CU 단위로 재귀적으로 유도하는 STMVP(Spatial-Temporal Motion Vector Prediction) 두 가지 방법이 JEM에서 사용된다. ATMVP는 〈그림 1〉에서 보이듯이 4×4 크기의 sub-CU의 움직임을 대응되는 sub-블록을 이용하여 유도한다. ATMVP의 움직임 정보 유도는 2단계로 구성된다.

우선, 〈그림 2〉와 같이 현재 CU의 Merge 후보 리스트 중 첫 번째 후보의 참조 프레임과 움직임 벡터를 이용하여 찾은 참조 블록으로 sub-블록 단위의 대응 블록을 찾는다. 대응 sub-블록에 움직임 정보가 존재하는 지 확인하고 현재 sub-CU의 움직임 정보로 전달한다. 대응 sub-블록의 움직임 정보가 존재하지 않을 때 중앙 위치 블록의 움직임 정보를 이용하여 유도한다.

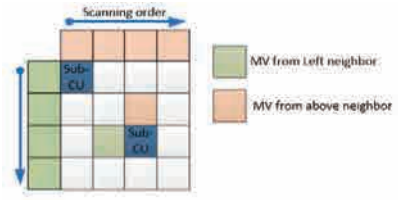
STMVP는 sub-CU 단위로 움직임 정보를 예측하는데 있어 공간적으로 인접한 두 블록의 움직임 벡터와 HEVC의 TMVP를 포함한 세 가지의 움직임 벡터를 평균하여 사용한다. 공간적 인접 블록은 현재 sub-CU의 좌측, 상측 블록이다. 두 번째 공간적 인접 블록은 현재 sub-CU



〈그림 1〉 ATMVP 움직임 예측



〈그림 2〉 ATMVP 움직임 정보 유도



〈그림 3〉 STMVP sub-CU의 공간적 인접 블록

의 좌측 블록이다. 현재 서브블록이 CU의 경계에 존재하면서 공간적 인접 블록의 움직임 정보를 사용할 수 없다면 〈그림 3〉과 같이 우측 또는 아래 블록으로 이동하면서 움직임 벡터를 탐색한다. ATMVP, STMVP 모드는 기존 Merge 후보에 추가되어 해당 모드를 지시하기 위한 추가적인 신택스(syntax) 요소는 필요하지 않다.

2. Adaptive MV Difference Resolution(AMVDR)

JEM은 MVD(MV Difference) 부호화를 1/4 화소 단위, 정수 화소 단위 또는 4 화소 단위의 해상도로 진행할 수 있다. MVD 해상도는 CU 단위에서 조절이 가능하며 MVD가 non-zero인 경우에 어떤 해상도를 이용하여 부호화 했는지를 지시하는 MVD 해상도 플래그를 전송해야 한다. 우선 현재 CU의 MVD 정밀도가 1/4 화소 단위 인지 아닌지를 알려주는 플래그를 전송한 후 해당하는 MVD 정밀도가 1/4 화소 단위 정밀도가 아닐 경우 정수 화소 단위 정밀도인지 4 화소 단위의 정밀도 인지를 지시하는 추가적인 플래그(flag)를 전송한다. 부호화기에서는 CU 단위 율-왜곡(R-D: Rate-Distortion) 비용 검사를 통해 MVD 해상도를 결정하기 때문에 다음과 같은 방법으로 부호화기의 부담을 줄인다.

- 움직임 정보를 1/4 화소 단위 해상도로 저장하고 저장된 1/4화소 단위 움직임 정보를 해당 해상도의 움직임 정보로 라운딩(rounding) 하여 사용한다.
- 정수 화소 단위 해상도의 R-D 비용이 - 1/4 화소 단위의 해상도 보다 확실히 크다면 4 화소 단위 해상도에 대한 R-D 비용 검사는 건너뛴다.

3. Higher MV Storage Accuracy

HEVC의 움직임 벡터는 1/4 화소 단위의 정밀도로 저장된다. 본 기술은 휘도 성분의 움직임 벡터를 1/16 화소

〈표 1〉 JEM 움직임 보상의 보간 필터 계수

0	0	0	64	0	0	0	0
0	1	−3	63	4	−2	1	0
~							
0	1	−2	4	63	−3	1	0

(a)

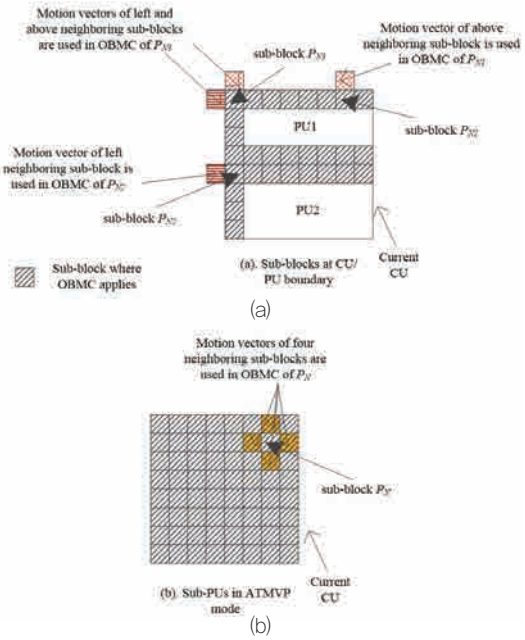
0	64	0	0
−1	63	2	0
~			
0	2	63	−1

(b)

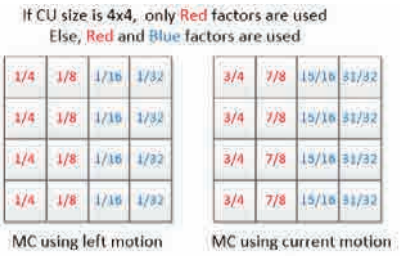
단위의 정밀도로 저장하고 색차 성분에 대한 움직임 벡터 정밀도는 1/32 화소 단위로 저장한다. Skip/Merge 모드의 움직임 보상에서 적용되며 움직임 보상에서 사용되는 보간 필터는 〈표 1〉과 같다. 〈표 1 (a)〉는 휘도 성분에 대한 보간 필터를 나타내고 〈표 1 (b)〉는 색차 성분에 대한 보간 필터를 나타낸다.

4. Overlapped Block Motion Compensation(OBMC)

OBMC는 H.263와 같은 기존의 비디오 부호화 표준에서 제안되었던 기술이다. H.263과 달리 JEM에서는 CU 단위로 OBMC 동작은 제어할 수 있으며 〈그림 4 (a)〉에



〈그림 4〉 OBMC 움직임 보상 블록



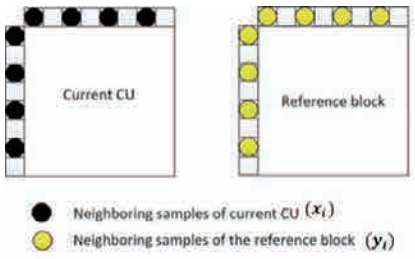
〈그림 5〉 OBMC 합성 Weighting factor

서 보이듯이 현재 CU의 아래와 오른쪽을 제외한 경계에 대하여 4x4 sub-블록으로 분할하고 해당 sub-블록에 적용된다. 또한 sub-CU merge, Affine 그리고 FRUC 모드와 같이 sub-블록 단위로 부호화가 진행된 CU의 경우 〈그림 4 (b)〉와 같이 내부에 모든 sub-CU에 OBMC가 적용된다.

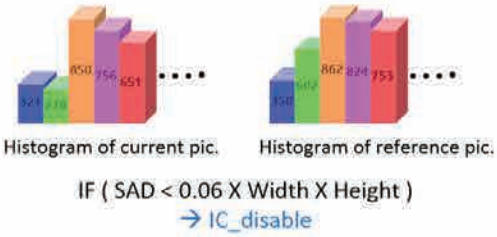
OBMC가 sub-CU 단위로 적용될 때, 주변 sub-블록의 움직임 벡터가 존재하면서 현재 sub-블록의 움직임 벡터와 같지 않으면 해당 주변 움직임 벡터를 이용해 현재 sub-블록에 대한 예측 블록을 생성할 수 있다. 이러한 방법으로 생성한 여러 개의 예측 블록을 혼합하여 최종적인 예측 신호를 생성한다. 예측 블록을 혼합할 때 〈그림 5〉와 같이 현재 sub-블록의 움직임 벡터를 이용한 예측 블록에는 위치에 따라 {3/4, 7/8, 15/16, 31/32}와 같은 가중치를 주변 sub-블록의 움직임 벡터를 이용한 예측 블록에는 {1/4, 1/8, 1/16, 1/32}의 가중치를 두어 혼합한다. 현재 CU의 가로, 세로 길이가 4와 같거나 현재 CU가 sub 블록 단위의 예측을 사용한 경우 인접 한 두 줄의 화소에만 각각 {3/4, 7/8}, {1/4, 1/8}과 같이 가중치를 둔다. 현재 CU가 AMVP 모드로 부호화 되지 않으면 OBMC는 고정으로 적용된다.

5. Local Illumination Compensation(LIC)

LIC는 〈그림 6〉과 같이 현재 블록의 주변 샘플과 참조 블록의 주변 샘플을 사용하여 두 샘플들이 최소 제곱 오차를 가지게 하는 선형 모델을 이용해 프레임간의 조명 변화를 보상한다. LIC의 적용 여부에 대한 flag를 CU 단위로 전송한다. 부호화기에서 CU 단위로 LIC 여부를 결정하기 위해 추가적인 R-D 검사가 필요하다. LIC가 적용 될 때, MR-SAD(Mean Removed Sum of Absolute



〈그림 6〉 LIC 파라미터 유도에 사용되는 샘플



〈그림 7〉 LIC 부호화기 복잡도 개선 기법

difference)와 MR-SATD (Mean-Removed Sum of Absolute Hadamard Transformed Difference)가 움직임 탐색 과정에서 왜곡을 측정하기위해 사용된다.

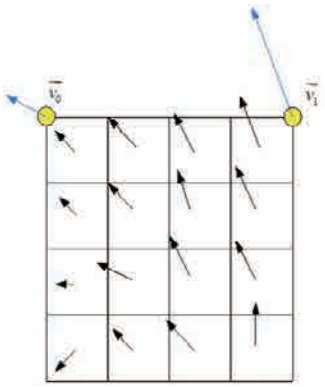
LIC 선형 모델의 스케일 값 α와 오프셋 β 두 파라미터는 식 (1)을 이용하여 구할 수 있다.

$$\alpha = \frac{N\sum xy - \sum x \sum y}{N\sum x^2 - \sum x \sum y}, \quad \beta = \sum y - \alpha \sum x \quad (1)$$

LIC의 부호화기 복잡도를 줄이기 위한 방안으로 현재 프레임와 참조 프레임 사이의 분명한 조명변화가 없다면 현재 프레임 전체에 LIC를 적용하지 않는다. 〈그림 7〉과 같이 프레임과 모든 참조 프레임의 히스토그램을 계산하고 히스토그램의 차이가 주어진 임계치(0.06) 보다 낮은 경우 프레임 단위로 LIC를 적용하지 않는다.

6. Affine Motion Compensation Prediction

HEVC에서는 오직 평행이동만을 고려한 움직임 보상 예측을 하였다. 하지만 현실적으로 줌 인/아웃, 회전, 원근과 같은 불규칙한 움직임들이 존재하기 때문에 평행이동만을 고려한 움직임 보상 예측의 부호화 효율은 비교적 낮다고 볼 수 있다. 따라서 차세대 비디오 코딩 표준에서는 불규칙한 움직임도 고려할 수 있는 움직임 보상 예측 방법을 적용한다. JEM의 Affine 예측은 단순한 변환



〈그림 8〉 sub-블록 단위의 Affine MVF

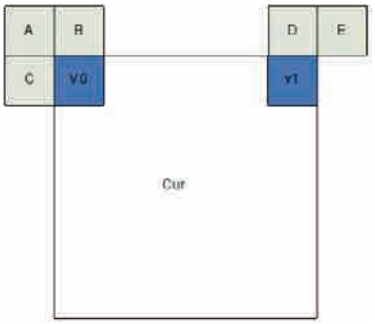
모델을 이용하여 두개의 CPMV(Control Point Motion Vector)로 〈그림 8〉과 같이 블록 내 sub-블록 단위의 MVF(Motion Vector Field)를 유도한다.

수식 (2)를 통해 두 개의 CPMV를 사용하여 각 MVF를 계산할 수 있다. (v_{0x}, v_{0y}), $(v_{1x} v_{1y})$는 각각 블록의 좌상단, 우상단 CPMV이며 w, h는 블록의 폭, 높이이다.

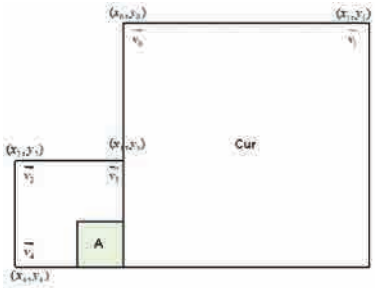
$$\begin{cases} v_x = \dfrac{(v_{1x}-v_{0x})}{w}x - \dfrac{(v_{1y}-v_{0y})}{h}y + v_{0x} \\ v_y = \dfrac{(v_{1y}-v_{0y})}{h}x + \dfrac{(v_{1x}-v_{0x})}{w}y + v_{0y} \end{cases} \quad (2)$$

JEM에서는 AF_INTER, AF_MERGE 두 가지가 Affine 예측 방법이 사용된다. AF_INTER는 CU의 가로와 세로의 길이가 8 보다 클 경우에만 적용되며 CU 단위로 해당 기법의 적용 여부를 알려주는 플래그를 전송한다.

AF_INTER 모드에서는 주변 블록에서 유도된 CPMVP(CPMV Predictor)와 CPMV의 차분값을 전송한다. CPMVP(v_0, v_1)는 〈그림 9〉에서 보이는 A, B, C 블



〈그림 9〉 AF_INTER의 CPMVP 후보 블록



〈그림 10〉 AF_MERGE의 CPMV 유도

록의 움직임 벡터 중 하나와 D, E 블록의 움직임 벡터 중 하나를 선택하여 구성한다. CPMVP 후보 리스트를 구성하기 위하여 A,BC와 D,E 사이의 가능한 모든 조합을 찾고 두 CPMVP의 일관성을 기준으로 모든 CPMVP조합을 정렬한 뒤 상위 두 쌍의 후보를 이용한다. CPMVP 후보 중 최적의 R-D 비용을 가지는 움직임 벡터 쌍을 결정하고 몇 번째 후보 리스트를 이용했는지에 대한 인덱스 정보를 전송한다.

AF_MERGE 모드는 공간적 주변의 블록 중 Affine 모드가 적용된 블록으로부터 현재 CU의 CPMV를 계산한다. 주변 블록 중 하나라도 Affine 모드를 사용하여 복호화가 진행 된 경우에만 AF_MERGE를 적용할 수 있고 주변 블록은 HEVC의 공간적 Merge 후보와 같은 순서로 탐색하여 첫 번째로 유효한 Affine 예측 블록을 이용한다. 〈그림 10〉와 같이 A 위치의 블록이 Affine 모드로 예측되었다면 움직임 벡터 v_2, v_3, v_4를 이용하여 현재 블록의 CPMV를 유도한다.

CPMV 수식 (3)을 통해 v_0를 계산한 후 수식 (4)를 통해 v_1을 계산한다. nH, nW는 주변 블록의 높이, 폭을 의미하고 cH, cW는 현재 블록의 높이, 폭을 의미한다. 현재 CU의 CPMV가 계산되면 수식 (2)를 통해 MVF를 형성한다. AF_MERGE 수행 여부를 알리는 flag는 현재 CU의 주변 블록 중 Affine 예측 블록이 하나 이상 존재해야 전송이 가능하다.

$$\begin{cases} v_{0x} = v_{2x} + \dfrac{(v_{4x}-v_{2x})(y_0-y_2)}{nH} + \dfrac{(v_{3x}-v_{2x})(x_0-x_2)}{nW} \\ v_{0y} = v_{2y} + \dfrac{(v_4-v_{2y})(y_0-y_2)}{nH} + \dfrac{(v_{3y}-v_{2y})(x_0-x_2)}{nW} \end{cases} \quad (3)$$

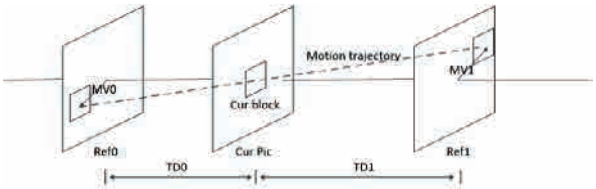
$$\begin{cases} v_{1x} = v_{0x} + (v_{3x}-v_{2x}) \times cW/nW \\ v_{1y} = v_{0y} + (v_{3y}-v_{2y}) \times cH/nH \end{cases} \quad (4)$$

7. Pattern Matched Motion Vector Derivation (PMMVD)

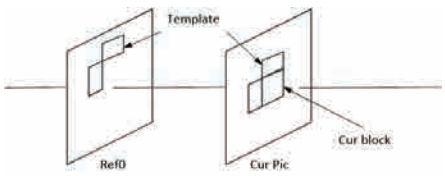
JEM에 채택된 PMMVD는 FRUC 기술을 기반으로 한 Merge 모드이며 블록의 움직임 정보를 전송하지 않고 복호화 과정에서 직접 움직임 정보를 유도한다. 바이레터럴 매칭(bilateral matching)과 템플릿 매칭(template matching) 두 가지 방법이 사용되며 두 개의 모드는 R-D 비용 기반으로 선택된다. 〈그림 11〉과 같이 바이레터럴 매칭 방법은 현재 블록을 통과하는 움직임 궤적에 존재하는 서로 다른 방향의 두 참조 블록이 가장 잘 부합하게 하는 움직임 벡터를 유도하는 기법이다. 움직임 궤적이 연속적일 것이라는 가정아래 두 참조 블록을 가리키는 두 움직임 벡터 MV0와 MV1는 각각의 시간적 거리에 비례한다. 시간적 거리는 현재 프레임과 참조 프레임 사이의 시간적 거리 TD0, TD1 이다. TD0와 TD1이 같을 경우 Mirror based bi-directional MV와 같은 방법으로 움직임 벡터를 계산한다.

〈그림 12〉와 같이 템플릿 매칭 방법은 현재 블록의 좌측과 상측으로 구성된 템플릿과 참조 프레임에서 현재 블록의 템플릿과 같은 모양을 가지는 블록이 가장 잘 부합하게 하는 움직임 정보를 유도한다.

PMMVD 예측에서 움직임 벡터를 유도하기 위해 먼저 CU 단위의 움직임 벡터를 유도한다. 움직임 벡터는 우선적으로 움직임 벡터 후보 리스트 중 가장 낮은 매칭 비용을 가지는 후보를 시작 지점으로 선택한 후 시작 지점 주변을 탐색하며 최소의 매칭 비용을 가지는 개선된 움직임 벡터로 유도된다. 현재 CU에 대한 움직임 벡터 유도가 완료되면 CU를 sub-블록으로 나누고 CU 단위 움직임 정보 유도와 유사한 방법으로 sub-블록 마다 움직임 벡터를 유도한다.



〈그림 11〉 바이레터럴 매칭



〈그림 12〉 템플릿 매칭

7.1. 초기 움직임 벡터 후보 리스트 구성

CU 단위의 유도과정에서 움직임 벡터 후보 리스트는 다음과 같이 구성된다.

- Original AMVP candidates if the current CU is in AMVP mode
- All merge candidates
- Several MVs in the interpolated MV field
- Top and left neighbouring motion vectors

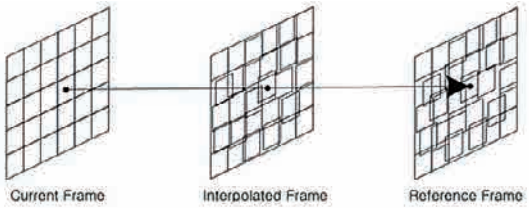
PMMVD 움직임 벡터가 AMVP 모드에서 사용될 때, 기존 AMVP 후보들이 CU 레벨 MV 후보 리스트에 추가된다. AMVP에서의 움직임 유도인 경우 15개의 MV로 후보 리스트를 구성하고 Merge에서의 움직임 유도인 경우 최대 13개의 MV로 후보 리스트를 구성한다.

Sub-CU 단위의 움직임 벡터 유도과정에서 움직임 벡터 리스트는 다음과 같이 구성된다. Sub-CU 단위의 움직임 벡터 후보 리스트는 17개의 움직임 벡터를 가진다.

- An MV determined from a CU-level search
- Top, left, top-left and top-right neighbouring MVs
- Scaled versions of collocated MVs from reference pictures
- Up to 4 ATMVP candidates
- Up to 4 STMVP candidates

7.2. Interpolated MVF 생성

Interpolated MVF는 프레임에 대한 부/복호화를 진행하기 전에 전체 프레임에 대한 단방향 움직임 예측을 통해 생성되고 CU 단위 움직임 후보 벡터로 추가된다. L0, L1 두 리스트의 각 참조 프레임을 4×4 블록 레벨로 탐색한다. 〈그림 13〉과 같이 참조 프레임 안의 서브 블록의 움직임이 시간적 거리에 따라 현재 프레임과 보간 프레임에 맞춰 스케일링 되고 interpolated MVF로 할당된다.



〈그림 13〉 Interpolated MVF 생성

만약 현재 프레임의 4×4 블록 위치에 스케일 된 움직임 벡터가 지정되지 않으면 해당 블록의 interpolated MVF는 사용할 수 없는 것으로 표시한다.

7.3. 움직임 보간 및 매칭비용 계산

매칭비용을 계산하기 위해 움직임 벡터 후보들이 부화소 샘플 위치에 해당된다면 움직임 보간 보상이 필요하다. 움직임 벡터 보간 복잡성을 줄이기 위해 일반적인 HEVC의 8-tap 보간 필터를 사용하는 대신 양방향 선형 보간 필터를 사용한다.

매칭비용은 단계에 따라서 약간의 차이가 존재한다. CU 단위의 탐색의 매칭비용은 SAD(Sum of Absolute difference)이다. sub-CU 단위의 탐색의 매칭비용은 템플릿 매칭 모드에서는 SAD를 사용하고 바이레터럴 매칭 모드에서는 수식 (5)를 이용한 비용 C를 사용한다. w는 가중치 파라미터로 4로 고정된다.

$$C = SAD + w \cdot (|mv_x - mv_x^s| + |mv_y - mv_y^s|) \qquad (5)$$

7.4. 움직임 개선

움직임 벡터 후보 리스트에서 시작 움직임 벡터를 선택한 후 해당 움직임 벡터 주변을 탐색하며 움직임 벡터를 정교화하게 된다. JEM에서는 CU 단위 탐색과 sub-CU 단위 탐색에서 각각 UCBDS(Unrestricted Center-Biased Diamond Search)와 adaptive cross search 방법을 지원한다. CU 및 sub-CU 단위의 움직임 벡터 정교화 모두 1/4 화소 정밀도에서 탐색하고 이어서 1/8 화소 정밀도로 탐색하며 탐색 범위는 8개의 샘플로 설정된다.

7.5. 템플릿 매칭 모드의 예측 방향성 선택

바이레터럴 매칭 모드의 움직임 정보는 항상 양방향 예측으로 유도되게 된다. 하지만 템플릿 매칭 모드는 이러한 제한이 없고 부호화기는 참조 프레임 리스트 0로부터 단방향 예측, 참조 프레임 리스트 1로부터 단방향 예측, 양방향 예측 중 하나의 방법으로 유도한다. 빠른 예측 방향 선택을 위해 템플릿 매칭 예측 방향은 다음과 같이 선택된다.

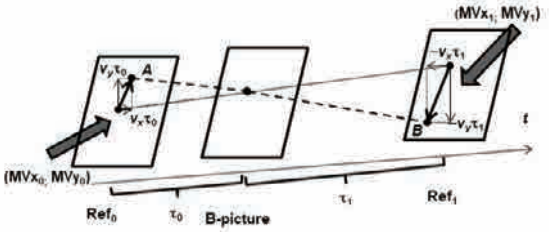
```
If costBi <= factor * min (cost0, cost1)
        bi-prediction is used;
Otherwise, if cost0 <= cost1
        uni-prediction from list0 is used;
Otherwise,
        uni-prediction from list1 is used;
```

위 알고리즘의 factor는 1.25의 값을 가지며 선택 프로세스가 양방향 예측에 편향되게 하고 예측 방향 선택 프로세스는 CU 단위 템플릿 매칭 모드에만 적용된다.

8. Bi-directional Optical-flow(BIO)

양방향 예측은 이미 부호화 된 과거와 미래의 프레임으로부터 예측 블록을 생성한 후, 생성된 예측 블록의 가중치 합으로 최종적인 예측블록을 생성한다. 그러나 기존의 양방향 예측으로는 블록 내 일부 영역의 움직임이 충분히 잘 표현되지 못할 수 있다. BIO는 양방향 움직임 보상에서 수행되는 sub-블록 단위의 움직임 개선 기법이다. BIO는 각 화소에 대한 움직임 벡터를 개선시키는 식이 주어지기 때문에 복잡한 탐색 과정과 추가적인 전송 비트가 필요하지 않다. 〈그림 14〉와 같이 BIO는 움직이는 객체의 화소 값은 변하지 않는다고 가정 아래 양방향 예측 화소의 광류를 계산하여 움직임을 개선한다.

블록 단위의 움직임 보상 블록 k(k=0,1)의 휘도 성분의 값을 $I^{(K)}$라 하고 $\partial I^{(K)}/\partial_x$, $\partial I^{(K)}/\partial_y$는 각각 의 수평적, 수직적 변화도를 나타낸다. 양방향 화소의 optical flow를 이용한 수식 (6)을 통해 예측 값을 구할 수 있다.



〈그림 14〉 BIO 움직임 개선

$$pred_{BIO} = \frac{1}{2}(I^{(0)} + I^{(1)} + \frac{v_x}{2} \cdot (\tau_1 \frac{\partial I^{(1)}}{\partial x} - \tau_0 \frac{\partial I^{(0)}}{\partial x}) + \frac{v_y}{2} \cdot (\tau_1 \frac{\partial I^{(1)}}{\partial y} - \tau_0 \frac{\partial I^{(0)}}{\partial y})) \quad (6)$$

〈그림 14〉에서 보이듯이 τ_0과 τ_1은 현재 프레임과 참조 프레임 사이의 거리이다. A와 B 지점의 값의 차이 Δ를 최소화하는 움직임 벡터 (v_x, v_y)를 찾는다. Δ는 수식 (7)을 이용하여 구할 수 있다.

$$\Delta = (I^{(0)} - I^{(1)} + v_x(\tau_1 \partial I^{(1)}/\partial x + \tau_0 \partial I^{(0)}/\partial x) + v_y(\tau_1 \partial I^{(1)}/\partial y + \tau_0 \partial I^{(0)}/\partial y)) \quad (7)$$

움직임이 주변과 유사성이 있다고 가정하고 수식 (8)과 같이 현재 예측 지점 (i, j)를 중심으로 하는 (2M+1)×(2M+1) 크기의 윈도우 안에서 가장 작은 Δ를 가지는 움직임 벡터를 계산한다.

$$(v_x, v_y) = \min \sum_{[i,j]\in\Omega} \Delta^2[i', j'] \quad (8)$$

최소 제곱 문제를 간단하게 해결하기 위해서 수식 (9)와 같이 v_y를 0으로 해서 v_x를 구하고 구해진 v_x를 이용하여 v_y를 구한다.

$$v_x = (s_1 + r) > m ? clip3(-thBIO, thBIO, -\frac{s_3}{(s_1 + r)}) : 0$$

$$v_y = (s_4 + r) > m ? clip3(-thBIO, thBIO, -\frac{s_5 - v_x s_2/2}{(s_4 + r)}) : 0$$

$$s_1 = \sum_{[i,j]\in\Omega} (\tau_1 \partial I^{(1)}/\partial x + \tau_0 \partial I^{(0)}/\partial x)^2$$

$$s_2 = \sum_{[i,j]\in\Omega} (\tau_1 \partial I^{(1)}/\partial x + \tau_0 \partial I^{(0)}/\partial x)(\tau_1 \partial I^{(1)}/\partial y + \tau_0 \partial I^{(0)}/\partial y) \quad (9)$$

$$s_3 = \sum_{[i,j]\in\Omega} (I^{(0)} - I^{(0)})(\tau_1 \partial I^{(1)}/\partial x + \tau_0 \partial I^{(0)}/\partial x)$$

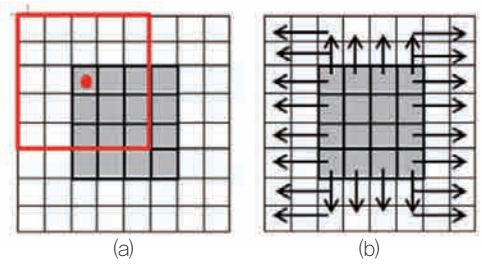
$$s_4 = \sum_{[i,j]\in\Omega} (\tau_1 \partial I^{(1)}/\partial y + \tau_0 \partial I^{(0)}/\partial y)^2$$

$$s_5 = \sum_{[i,j]\in\Omega} (I^{(0)} - I^{(0)})(\tau_1 \partial I^{(1)}/\partial y + \tau_0 \partial I^{(0)}/\partial y)$$

위의 s_1과 s_4가 매우 작은 값을 가지는 것을 피하기 위해 정규화 파라미터 r과 m을 사용하고 다음과 같은 수식으로 구한다.

$$r = 500 \cdot 4^{d-8}$$
$$m = 700 \cdot 4^{d-8} \quad (10)$$

위의 수식에서 d는 입력 영상의 화소 비트 깊이이다. BIO가 적용된 움직임 벡터들이 영상의 잡음과 불규칙적인 움직임 때문에 신뢰성이 떨어지는 경우가 있다. 그러므로 움직임 벡터들의 크기를 thBIO를 이용하여 클리핑한다.



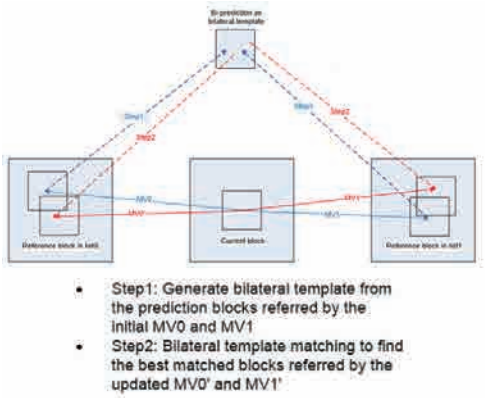
〈그림 15〉 BIO 블록 외부 위치 화소 패딩

현재 블록의 경계에 위치한 화소에 대한 기울기를 계산할 때 〈그림 15 (a)〉와 같이 해당 화소를 중심으로 (2M+1)×(2M+1) 크기의 윈도우 Ω에 속하는 블록 외부 위치 화소를 접근해야한다. 〈그림 15 (b)〉에서 보이듯이 현재 블록의 외부 메모리 접근을 방지하기 위해서 블록 외부에 접근이 필요할 때는 블록 내부에 가장 가까운 값으로 패딩(padding)하여 사용한다.

JEM의 BIO는 다른 참조 프레임을 가지는 모든 양방향 예측 블록에 적용된다. 현재 CU에 LIC가 적용되었다면 BIO는 적용되지 않는다. 또한 BIO는 현재 블록 스스로의 움직임 정보를 이용한 움직임 보상에만 적용되며 주변 블록의 움직임을 함께 이용한 OBMC 이후에는 적용되지 않는다.

9. Decoder-side Motion Vector Refinement(DMVR)

양방향 예측에서 하나의 현재 블록에 대한 예측 블록을 생성하기 위해 참조 픽처 리스트 L0의 움직임 벡터와 L1의 움직임 벡터를 이용한 두 개의 예측 블록을 결합한다. JEM에 채택된 DMVR은 양방향 예측의 두 움직임 벡터를 두 방향의 템플릿 매칭(template matching) 프로세스에 의해 개선한다. 부가적인 움직임 정보의 전송 없이 개선된 움직임 벡터를 얻기 위해 참조 프레임의 복호화된 샘플로부터 생성된 템플릿에 대한 왜곡 기반 탐색으로 복호화기 상에서 움직임 정보의 개선 동작을 진행한다. 양방향 템플릿은 〈그림 16〉과 같이 L0 방향의 MV0와 L1 방향의 MV1 각각 두개의 예측 블록의 가중치 합으로 생성된다. 템플릿 매칭 동작은 생성된 템플릿과 참조 프레임내의 탐색 영역에서의 블록간의 비용 값을 계산하는 것



〈그림 16〉 DMVR 템플릿 매칭

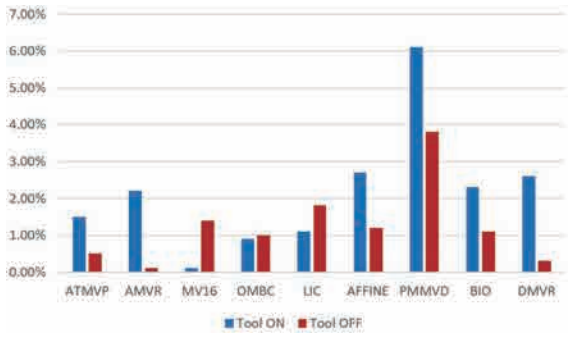
으로 구성된다. 매칭비용 계산에는 SAD를 사용하고 2개의 참조 프레임 각각에 대해서 최소 비용을 가지는 움직임 벡터를 찾아 기존의 움직임 벡터를 대체한다. 최종적으로 두 개의 새로운 움직임 벡터(〈그림 16〉의 MV0', MV1')는 정규 양방향 예측에 사용된다.

본 기술은 추가의 신택스 전송 없이, 과거의 참조 프레임과 미래의 참조 프레임을 가지는 양방향 예측 MERGE 모드로 적용된다. 현재 CU가 LIC, Affine, FRUC 또는 sub-CU MERGE 예측을 사용한다면 DMVR은 적용되지 않는다.

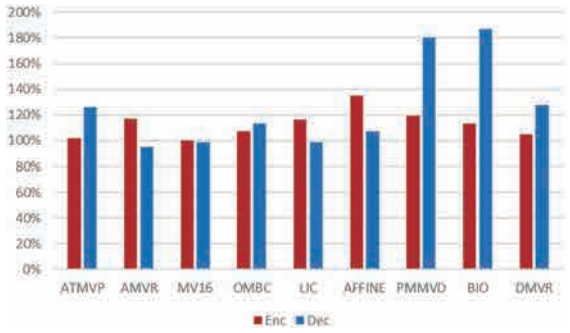
Ⅲ. 화면간 예측 부호화 성능 및 복호화

1. JEM 화면간 예측 부호화 성능

〈그림 17〉은 JEM에 채택된 화면간 예측 기법들의 BD-rate 관점에서의 부호화 성능을 나타낸다. 테스트 시퀀스는 JVET CTC(Common Test Condition)를 이용하였고 GOP(Group of Picture)크기를 16으로 하는



〈그림 17〉 JEM 화면간 예측 툴의 부호화 성능 (BD-rate 관점)



〈그림 18〉 JEM 화면간 예측 툴의 부호화 성능 (runtime complexity 관점)

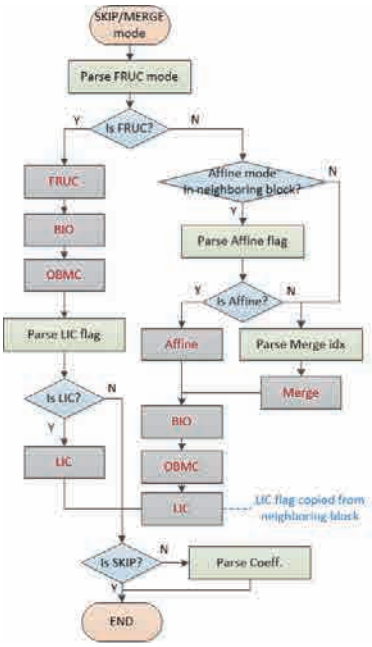
Random Access 부호화 구조에서 실험이 진행되었다[6].

Tool on 성능은 HM에서 해당 기술을 켰을 때의 성능 향상 폭이고 Tool off 성능은 JEM에서 해당 기술을 껐을 때의 성능 감소 폭을 말한다[7]. 다시 말해 tool on 성능은 해당 기술의 기본적인 성능이라고 볼 수 있고 tool off 성능을 다른 JEM의 툴과의 상호 작용된 성능이라고 볼 수 있다. Tool on 성능 대비 Tool off의 성능이 증가한다면 해당 기술은 JEM 내 다른 기술들과 시너지효과가 있다고 분석할 수 있다. 반대로 Tool off의 성능이 tool on에 비해 떨어진다면 JEM의 다른 툴들의 성능에 해당 기술이 간섭을 받는다고 할 수 있다.

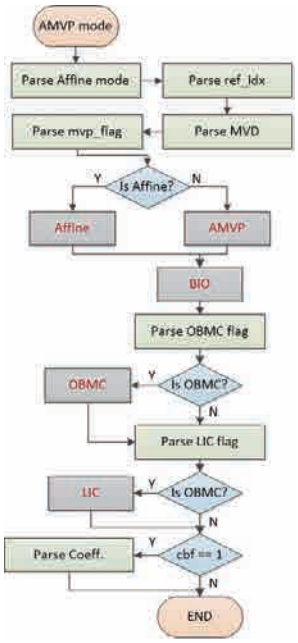
〈그림 18〉은 JEM에 채택된 화면간 예측 기술의 부/복호화 복잡도 관점에서의 성능이다. 부호화 환경은 〈그림 17〉과 같다. JEM의 PMMVD, BIO, DMVR과 같은 기술들은 복호화기에서의 움직임 정보 유도 및 개선 동작들을 요구하기 때문에 복호화기 복잡도가 크게 늘어난다. 이와 같은 부/복호화기의 복잡도 부담이 큰 기술들에 대한 고속화 기법 연구 또한 차세대 비디오 압축 표준화에 있어 중요한 화두가 될 것으로 전망된다.

2. JEM 화면간 예측 복호화 과정

JEM SW는 HEVC 참조 SW인 HM 기반으로 만들어졌기 때문에 화면간 예측 구조 또한 HEVC와 유사하게 Skip/Merge 모드와 AMVP 모드로 나누어서 표현한다[8]. 〈그림 19〉는 JEM의 화면간 예측의 Skip/Merge 모드일 때 복호화 과정을 표현한다. JEM의 Skip/Merge 모드에서는 우선 PMMVD 수행 여부를 판단한다. PMMVD가 수행되지 않으면 주변 Affine 예측 블록을 탐색하고 하



〈그림 19〉 JEM의 Skip/Merge 복호화 순서도



〈그림 20〉 JEM의 AMVP 복호화 순서도

나 이상의 Affine 예측 블록이 존재할 때 AF_MERGE 수행 여부를 판단한다. AF_MERGE 동작이 수행되지 않으면 Merge 인덱스를 복호한다. FRUC, Affine, Merge 모드 중 하나를 이용하여 예측을 하면 BIO, OBMC가 기본적으로 수행이 된다. 다음 LIC 여부를 판단하여 수행하게 되는데 AF_MERGE, Merge 모드는 참조하는 주변 블록의 LIC flag를 가져오게 된다. Skip과 Merge 모드의 차이점은 Skip은 양자화 계수를 복호하지 않고 Merge는 양자화 계수를 복호하여 차분신호를 생성한다.

〈그림 20〉은 JEM의 AMVP 모드의 복호화 과정을 표현한다. JEM의 AMVP의 복호화 구조를 살펴보면 우선적으로 AF_INTER 수행 여부를 판단한다. AF_INTER를 사용하지 않는다면 AMVP로 예측을 수행한다. AF_INTER, AMVP 모드 중 하나를 이용하여 예측을 수행한 후 BIO가 기본적으로 적용되고 OBMC, LIC가 순서대로 수행 여부를 확인하며 적용된다. cbf는 양자화 계수의 존재 유무를 나타내며 cbf가 1일 경우에만 양자화 계수를 복호한다.

Ⅳ. 결 론

같은 주관적 화질에서 HEVC 대비 50% BD-rate 감소를 목표로 하는 차세대 비디오 압축 표준을 위한 JVET 표준화가 본격적으로 진행될 예정이다. 본 고에서는 차세대 비디오 부호화(FVC) 표준을 위한 참조 SW인 JEM에 채택된 화면간 예측 부호화 요소 기술에 대해 소개하였다. JEM의 화면간 예측 부호화 기술은 기존 HEVC 비디오 압축 기술과 비교하여 약 12.1%의 비트 절감으로 부호화 효율을 크게 향상시켰으며, 2020년 완료될 JVET의 새로운 비디오 부호화 표준의 기반 기술로 활용될 수 있을 것으로 예상된다. 따라서, HDR/WCG, 가상현실, 증강현실과 같이 진화하는 초고화질, 초고실감 미디어 서비스 및 응용에 널리 활용될 것으로 예상된다.

참 고 문 헌

[1] G. J. Sullivan, et al., “Overview of the High Efficiency Video Coding (HEVC) Standard,” IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 22, No. 12, pp. 1649–1668. Dec. 2012.

[2] J.-R. Ohm, et al., "Future Video Coding – Tools and Developments beyond HEVC," ICIP 2017 Tutorial, Sep. 2017.

[3] A. Segall, et al., “Join Call for Proposals on Video Compression with Capability beyond HEVC,” Joint Video Exploration Team (JVET) of ITU-T SG 16 WP 3 and ISO/IEC

JTC 1/SC 29/WG 11, Oct. 2017.

[4] JEM reference software, [Online]. available: /https://jvet.hhi.fraunhofer.de/svn/ svn_HMJEMSoftware/tags/

[5] J. Chen, et al., "Algorithm Description of Joint Exploration Test Model 7 (JEM 7)," Joint Video Exploration Team (JVET) of ITU-T SG16 WP3 and ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, July 2017.

[6] K. Suehring, et al., "JVET Common Test Conditions Software Reference Configurations," Joint Video Exploration Team (JVET) of ITU-T SG 16 WP 3 and ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11, Oct. 2017.

[7] E. Alshina, et al., "Complexity and Performance Tradeoff for Next Generation Video Coding Standard Development," SPIE Optics and Photonics 2017, Aug. 2017.

[8] 강정원, "Future Video Coding(FVC) 표준화 동향, 2017년 하반기 MPEG뉴미디어포럼 심층기술워크숍, 2017년 11월.

박도현

• 2016년 2월 국립한밭대학교 학사 졸업
• 2018년 2월 한국항공대학교 석사 졸업

〈관심분야〉
영상처리, 비디오 코덱, 컴퓨터 비젼

김재곤

• 1990년 2월 경북대학교 전자공학과/학사
• 1992년 2월 한국과학기술원(KAIST) 전기및전자공학과/석사
• 2005년 2월 한국과학기술원(KAIST) 전자전산학과/박사
• 1992년 3월~2007년 2월 ETRI 선임연구원/팀장
• 2001년 8월~2002년 11월 Columbia 대학, 뉴욕, 방문연구원
• 2014년 12월~2016년 1월 UC San Diego, 방문교수

〈관심분야〉
비디오 신호처리, 비디오 부호화 표준, UDTV/3DTV 360 비디오/VR, 영상통신

MPEG-FVC의 딥러닝 응용 비디오 압축 기술

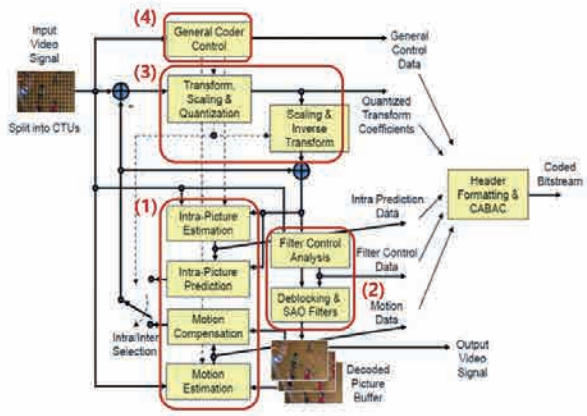
강 제 원
이화여자대학교
전자전기공학과

Ⅰ. 서 론

딥러닝 기술이 사물인식, 분류, 및 검출 등에서 탁월한 성능을 보이며 컴퓨터 비젼 및 영상처리에서 적극적으로 활용이 되고 있다. 딥러닝의 기존 머신러닝 대비 차별되는 점은 기존에는 복잡한 문제를 해결하기 위하여 특징을 추출하고 패턴의 분석을 수행하는 두 단계로 구분하던 학습방식을 종단 간에 하나의 단계로 통합하여 해결하는 점이다. 종단 간 학습 과정에서 방대한 양의 이미지 및 비디오 속에 내재하는 핵심적인 내용을 추상화하여 표현하게 된다. 비디오의 압축 역시 비디오 신호의 효율적인 표현의 문제이다. MPEG에서는 그 동안 H.264/AVC나 HEVC/H.265에서와 같이 비디오 텍스쳐 정보와 움직임 정보를 비트율-왜곡 관점에서 블록 기반으로 효과적으로 표현하고 전달하기 위한 여러 부호화 기술을 개발하여 왔다.

최근 딥러닝 기반의 비디오 압축 방식은 크게 두 가지 방향으로 개발이 되고 있다. 첫째, 딥러닝의 심층신경망을 기반으로 하여 종단 간에 압축을 수행하는 방식으로 입력영상에 대해 네트워크 말단에서 비트스트림을 출력하는 방식이다. 대표적으로 auto-encoder를 사용하는 기법이 있다[1-4]. auto-encoder는 입력 벡터를 더 적은 차원의 매니폴드로 사상하며 이 때 감소한 차원의 공간에서 은닉벡터 (latent vector)를 출력한다. auto-encoder에 의하여 변환된 입력 이미지 신호는 양자화 및 엔트로피 부호화 과정을 거쳐 전송되고, 복호 과정에서는 은닉벡터를 원래의 공간으로 사상하여 이미지 신호를 복원 한다. 부호기에 장단기메모리 (Long Short-Term Memoy) 구조의 딥러닝 순환 신경망 (Recurrent Neural Network) 모델을 이용하여 점진적 부호화에 사용하는 연구도 진행 중이다[3-6].

둘째, 딥러닝-영상처리 연구를 기존 MPEG 부호화 요소기술에 적



〈그림 1〉 HEVC 블록 다이어그램과 딥러닝 적용분야

용하는 방식이다. 〈그림 1〉은 High Efficiency Video Coding (HEVC) 부호기의 블록 다이어그램을 보인다. 기존 부호화 기술 중 화면 내 예측, 화면 간 예측, 인루프 필터, 변환 등에 사용이 되고 있는 여러 압축 기술에 딥러닝 기반의 영상처리 기술을 적용하여 성능을 향상시킬 수 있다. 가장 대표적인 응용 예로는 저해상도의 이미지를 고해상도로 복원하는 초해상도 기법 (image super-resolution)의 인루프필터 적용이다. 기존의 초고해상도 기법이 해결하지 못하는 불량조건문제를 딥러닝 기반의 콘볼루셔널 신경망을 활용한 방법들이 효과적으로 극복하고 있으며 그에 따라 우수한 복원 성능을 제공하고 있다[7-8].

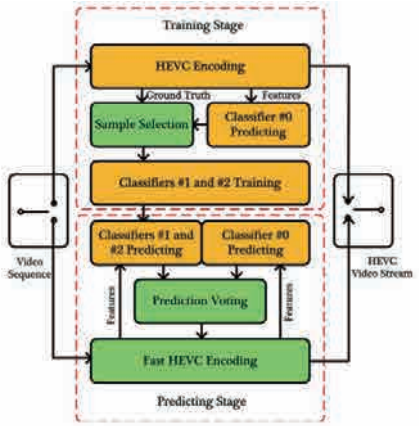
최근 MPEG에서는 HEVC 이후 비디오 압축기술의 국제표준제정을 위하여 차세대 비디오 부호화 (FVC: Future Video Coding)의 표준개발 논의를 활발하게 진행 중으로 2017년 10월에 차세대 비디오 압축표준의 Call-for-Propsal (CfP)를 발행하였고 올 4월에 CfP 대응기술의 평가를 시작할 예정이다. FVC 기간 종래의 압축 기술이 기존의 부호화 프레임웍 내에서 수정이 되고 성능이 개선되었지만 최근 머신러닝 연구 분야의 발전과 성과가 비디오 압축 기술에도 많은 영향을 주고 있다. 올 1월 광주 MPEG 미팅에 콘볼루셔널 뉴럴네트워크 (Convolutional Neural Network) 기반의 인루프필터를 이용하는 기술기고서가 제출이 되었으며[9], 올 4월에 평가할 일부 CfP에도 머신러닝이 적용이 되는 사례가 있을 전망이다. 특히 딥러닝이 향후 MPEG-FVC 표준화 기간 동안 초미의 관심사가 될 것이다.

본고에서는 MPEG-FVC 표준을 앞두고 딥러닝 기반 비디오 압축 방식 중 두 번째로 소개한 MPEG 부호화 요소기술의 딥러닝 응용을 중심으로 최근 연구동향을 알아본다. 이를 위해 2장에서는 먼저 기존 머신러닝 기법의 부호화 기술 응용을 알아보고 3장에서는 최근 딥러닝을 MPEG 표준기반 부복호기에 적용하는 연구를 살펴본다. 4장에서 결론 및 전망으로 맺는다.

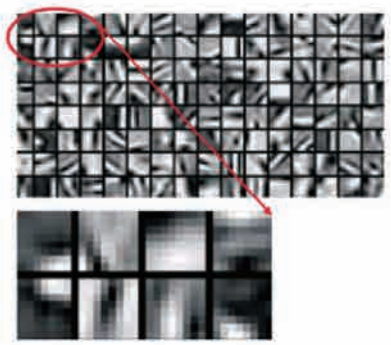
Ⅱ. 머신러닝과 비디오 압축 기술

머신러닝은 학습에 필요한 데이터의 형태에 따라 감독학습, 비감독학습, 그리고 강화학습으로 구분할 수 있다. 감독 학습은 입출력의 쌍으로 구성하는 학습 샘플을 이용하여 입력을 출력으로 맵핑하는 함수를 학습하는 과정이다. 주로 분류(classification)와 회귀분석(regression)에 사용한다. 비감독학습은 입력 패턴의 공통 특성을 파악하는 것이 학습의 목적으로 입력 학습샘플은 주어지나 대응하는 출력이 없다. 주로 샘플의 군집, 차원축소, 확률밀도함수의 추정 등이 목적이다. 강화 학습은 입력에 대한 행동전략을 결정하고 그 행동에 따른 보상에 따라 학습한다.

머신러닝-비디오압축 기술은 주로 감독학습 기술을 기반으로 비디오 부호기의 고속화, 최적화에 사용되어 왔다. 코덱의 블록구조 분할을 위한 비트율-왜곡 최적화



〈그림 2〉 머신러닝을 이용한 부호화유닛 및 예측유닛의 고속 블록분할 과정[14]



〈그림 3〉 잔차신호를 비감독학습하여 취득한 신호의 군집[15]

과정에서 입력블록과 블록구조를 입출력 쌍으로 하는 함수를 감독학습 하여 계산량을 줄이는 연구가 있다[10-12]. HEVC의 부호화 유닛 (CU: Coding Unit)과 변환 유닛 (TU: Transform Unit)은 입력블록의 특성에 맞추어 쿼드트리 구조를 이용하여 블록을 분할한다. 이 때 각 유닛의 하위 유닛 역시 재귀적으로 분할하므로 비트율-왜곡 성능 향상 대비 복잡도가 자연히 증가하게 된다. Zhang[11]은 〈그림 2〉에서 보이듯이 부호화 유닛의 재귀분할과정 중 최대 깊이 및 크기를 추정하여 부호화를 고속화하는 알고리즘을 개발하였다. 이외에도 화면 내 압축의 예측모드 결정[13], 화면 간 예측의 예측유닛 고속결정[14] 등에서 여러 연구가 있었다. 최근에는 부호기 측에서 비트율-왜곡 성능과 복잡도 간의 관계를 강화 학습하는 연구도 진행이 되고 있다[15].

비감독학습의 대표적인 응용 예는 변환이다. 변환과정에서 이산코사인변환이나 웨이블릿변환과 같이 수리모델을 이용한 기저함수로 잔차신호를 근사할 수 있지만, 잔차신호로부터 표현함수를 학습하여 보다 적은 변환계수로 잔차신호를 표현할 수 있다[15-16]. 〈그림 3〉은 움직임 예측 후 얻은 잔차블록을 희소신호처리하여 표현한 원소를 보인다. 취득한 원소는 이산코사인변환과 함께 2단계의 잔차신호의 변환에 사용한다.

Ⅲ. 딥러닝 기반 MPEG 비디오 압축 방식

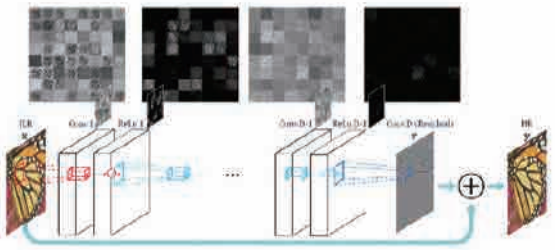
MPEG 부호화 기술에 딥러닝 기반 영상처리 기법을 이용하는 방식은 〈그림 1〉에서 보인바와 같이 예측, 변환, 인루프필터, 부호기제어/후처리 등에 사용하는 요소기술을 부분적으로 대체하며 부호화 성능을 향상시키는 방향으로 연구개발이 진행되어왔다. 본 장에서는 관련 딥러닝 기반 영상 부호화 기술을 순서대로 살펴본다.

3.1. 인루프필터

HEVC의 인루프필터는 디블로킹 필터와 Sample Adaptive Offset (SAO) 필터를 사용한다. 인루프필터는 입력블록신호의 특성을 분석하는 단계와 필터를 적용하는 단계로 구분이 된다, 디블로킹 필터는 변환유닛의 경계 및 양자화 잡음의 강도에 따라 서로 다른 필터를 결정하여 적용하며, SAO 필터는 블록의 평활 및 에지 성분의 분석에 따라 왜곡을 보상하도록 필터의 종류 및 계수를 결정한다. 두 필터 모두 인지화질을 개선하기 위한 목적으로 개발이 되었다.

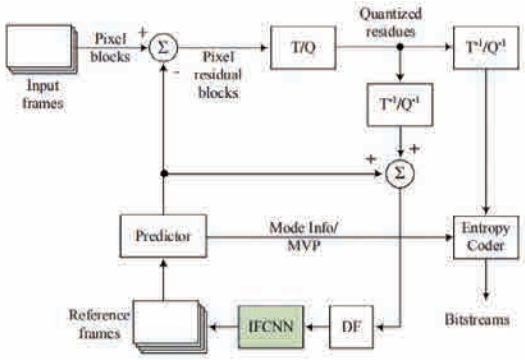
딥러닝 연구에서 손상된 이미지를 복원하기 위한 여러 연구가 있다[8,17]. 그 중 초해상도 문제는 낮은 해상도의 이미지를 입력 받아 대응하는 고해상도의 이미지를 복원하여 출력하는 방식이다. 초해상도 문제에서 저해상도 이미지는 고해상도 이미지의 고주파 성분이 제거되어 있기 때문에 입력에 존재하지 않는 디테일한 성분을 복원하는 것이 문제이다. 딥러닝은 초해상도 이미지 복원에 우수한 복원 성능을 제공하는 것이 잘 알려져 있다. Very Deep Super Resolution (VDSR)[8]은 입력 이미지를 보간하여 확대하고 그 차분을 콘볼루셔널 뉴럴네트워크를 통해 학습하고 출력 이미지를 생성한다. 유사한 예로 입력블록의 양자화 잡음에 의한 링잉 현상이나 블록경계현상을 감소하기 위한 콘볼루셔널 뉴럴네트워크 기반 필터가 개발이 되었다[17-18]. 〈그림 5〉는 딥러닝 기반 복원 알고리즘의 적용 전과 후에 따른 부호화 잡음의 감소를 보인다[17].

딥러닝 영상복원 필터를 코덱의 인루프필터에 적용하여 부호화 성능을 개선한 연구가 있다[19-20]. 두 연구 모두 블록분석 및 필터적용의 두 단계를 생략하고 콘볼루셔널 뉴럴네트워크의 종단 간 입출력으로 양자화 잡음이 섞인 입력블록의 화질을 개선 한다. 콘볼루셔널 뉴럴네트워크를 인루프필터로 대체하거나[19], HEVC의 블록구조를 부가정보로 활용하여 왜곡이미지의 경계영역에 가중치를 두고 서로 다른 해상도의 잔차신호를 입력으로 받는 다중채널



〈그림 4〉 딥러닝 기반의 이미지 초해상도 복원을 위한 VDSR 구조[8]

〈그림 5〉 부호화 잡음과 딥러닝 기반 복원 알고리즘의 적용 전 (위)과 후 (아래)[17]



〈그림 6〉 비디오 부호기 내 콘볼루셔널 뉴럴네트워크기반 인루프필터[19]

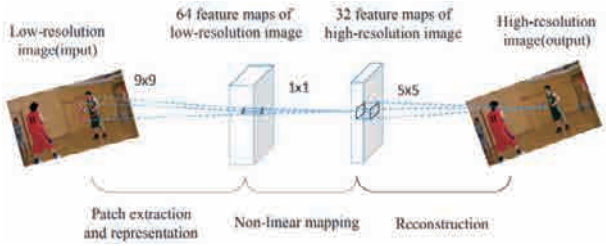
의 콘볼루셔널 뉴럴 네트워크로 화질을 개선하는 연구가 진행되었고 우수한 비트율-왜곡 성능을 제공하였다[20].

3.2. 화면 내/화면 간 예측

기존 코덱에서 화면 내 예측은 비디오 신호의 공간적 유사성을 이용하여 주변 블록의 경계 화소로부터 예측블록을 구성하여 예측을 수행한다. 기존의 표준은 예측방향에 따른 모드를 확장하며 보다 정밀한 화면 내 예측을 수행하는 방향으로 발전하고 있다. HEVC는 총 33개의 유방향모드와 2개의 DC/Planar모드를 사용하고, FVC는 현재 총 67개의 모드를 사용한다.

구글 딥마인드의 Pixel Recurrent Neural Network

〈그림 7〉 Pixel RNN을 이용한 Occlusion으로부터의 영상복원[21]



〈그림 8〉 딥러닝 기반 비디오 프레임의 보간법[24]

(PixelRNN)[21]은 자연영상의 확률모델을 구하는 딥러닝 비감독학습모델로 영상에서 인접하는 픽셀이 주어지는 경우 현재 픽셀의 확률을 예측할 수 있다. 〈그림 7〉의 결과와 같이 영상 내 일부 가려짐 현상이 발생하는 경우 인접 픽셀로부터 원영상 (오른방향)에 근사하도록 인패인팅 (Inpainting)이 가능하다. 부호화 과정에서 현재 블록의 위 그리고 왼쪽 블록의 경계픽셀로부터 현재 블록의 예측블록을 생성하는 기법이 제안되었다[22-23]. 주변 참조 샘플을 완전연결네트워크 (fully connected network)에 입력하여 화면 내 예측샘플을 생성하거나[22], 콘볼루셔널 뉴럴네트워크 기반의 인패인팅 기법[23]을 사용하여 예측샘플을 생성한다.

화면 간 예측에서는 서브픽셀기반의 움직임예측 및 보상을 위한 참조프레임의 보간 과정에서 수평, 수직, 그리고 대각 방향의 필터를 학습하여 영상을 보간하고 모드를 전송하는 기법이 제안되었다[24]. 영상 보간에는 딥러닝 기반 이미지 초해상도 알고리즘이 적용되었다.

3.3. 변환

서론에서 auto-encoder를 소개하며, 고차원의 입력벡터를 저차원의 은닉벡터로 변환하는 기능을 제공한다고 하였다. 기존 코덱 관점에서 auto-encoder는 블로의 이산코사인변환을 딥러닝 기반의 변환 함수로 대체할 수 있

〈그림 9〉 인덱스 기준 상위 성분 이용 시 복원영상 품질의 예[25]

도록 한다. auto-encoder 기반 인공신경망을 이용하는 경우 기존 변환함수보다 우수한 에너지 응축 성능 (energy compaction)을 제공하는 연구가 발표되었다[25-26]. 기존의 auto-encoder와 다르게 콘볼루셔널 뉴럴네트워크를 이용한 변환신경망 및 역변환신경망모델과 은닉벡터의 복원 영상에 미치는 영향을 정량화하기 위한 정규화 과정이 개발되었다[25].

Ⅴ. 전망과 결론

앞에서 설명한바와 같이 머신러닝은 비디오신호의 효율적인 표현 및 학습방식을 통해 비디오 압축 효율 증대 및 부호기 최적화에 널리 응용이 되어왔다. 특히 최근 딥러닝의 발전으로 영상처리 및 컴퓨터비젼 분야에서 개발되고 있는 다양한 기법이 비디오 압축에도 효과적으로 응용이 되고 있다.

현재까지 딥러닝 기반 비디오 압축은 크게 두 가지 방향으로 발전이 되고 있으며, 딥러닝의 심층신경망을 기반으로 하여 종단 간에 압축을 수행하는 방식과 MPEG 부호화 기술에 딥러닝 기술을 적용하여 성능을 개선하는 방식으로 구분할 수 있다. 그 중 본고에서는 MPEG 부호화 기술의 개선을 위주로 살펴보았으며, 기존 코덱의 인루프 필터, 예측, 및 변환에서 각각 딥러닝이 적용된 관련 연구를 설명하였다.

MPEG-FVC 표준화를 앞두고 딥러닝은 비디오압축전문가 그룹에서 많은 관심을 받으며 연구개발이 될 전망이다[9]. 아울러 딥러닝의 계속된 발전이 종래의 비디오 부호화 방식의 패러다임을 바꿀 수 있는 향후 기술적인 토대를 제공할 수 있기를 기대한다.

감사의 글

이 논문은 2017년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2017-0-00072, 초실감 테라미디어를 위한 AV 부호화 및 LF 미디어 원천기술 개발)

참 고 문 헌

[1] Dumas et al. "Image compression with Stochastic Winner-Take-All Auto-Encoder," ICASSP 2017.

[2] Rippel et al. "Real-Time Adaptive Image Compression," ICML 2017.

[3] Theis et al. "Lossy Image Compression with Compressive Autoencoders," ICLR 2017.

[4] Toderici et al. "Variable Rate Image Compression with Recurrent Neural Networks," ICLR 2016.

[5] Toderici et al. "Full resolution image compression with recurrent neural networks" In IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) 2017.

[6] Johnston et al. "Improved Lossy Image Compression with Priming and Spatially Adaptive Bit Rates for Recurrent Networks," arXiv:1703.10114v1 2017.

[7] Kim et al. "Accurate Image Super-Resolution Using Very Deep Convolutional Networks.", In IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2016

[8] Kim et al. "Deeply-recursive convolutional network for image super-resolution," in Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2016

[9] Zhou et al. "Convolutional Neural Network Filter (CNNF) for intra frame (JVET-I1022)," in ISO/IEC/JTC1/SC29/WG11 2017

[10] Correa et al. "Fast HEVC Encoding Decisions Using Data Mining," IEEE Trans. on CSVT, vol. 25, no.4, pp.660-673, 2015.

[11] Zhang et al. "Machine Learning-Based Coding Unit Depth Decisions for Flexible Complexity Allocation in High Efficiency Video Coding," IEEE Trans. on Image Processing vol. 24, no. 7, pp.2225-2238, 2015

[12] Duanmu et al. "Fast Mode and Partition Decision Using Machine Learning for Intra-Frame Coding in HEVC Screen Content Coding Extension," IEEE J. on Emerging and Selected Topics in Circuits and Systems, vol.6, no. 4, pp. 517-529, 2016.

[13] Ryu et al. "Machine-Learning based Fast Intra Mode Decision Algorithm in HEVC," in International Technical Conf. on Circuits/Systems, Computers and Communication 2017.

[14] Zhu et al. "Binary and Multi-Class Learning Based Low Complexity Optimization for HEVC Encoding," IEEE Trans. on Broadcasting, vol. 64, no. 3, 2017.

[15] Kang et al. "Sparse/DCT (S/DCT) Two-Layered Representation of Prediction Residuals for Video Coding," IEEE Trans. on Image Processing, vol. 22, no. 7, pp2711-2721, 2013

[16] Ma et al. "Entropy of Primitive: From Sparse Representation to Visual Information Evaluation," IEEE Trans. on CSVT

[17] Dong et al. "Compression Artifacts Reduction by a Deep Convolutional Network," IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV) 2015.

[18] Zhang et al. "Beyond a Gaussian Denoiser: Residual Learning of Deep CNN for Image Denoising," IEEE Trans. Image Processing, vol. 26, no.7, pp.3142-3154, 2017.

[19] Park et al. "CNN-based in-loop Filtering for Coding Efficiency Improvement," in IVMSP 2016.

[20] Kang et al. "Multi-Modal/Multi-Scale Convolutional Neural Network based In-loop Filter Design for Next Generation Video Codec," ICIP 2017

[21] Oord et al., "Pixel Recurrent Neural Networks," arXiv:1601.06759, 2016

[22] Liy et al. Intra prediction using fully connected network for video coding, ICIP2017

[23] 조승현 외, 인공신경망을 통한 비디오 화면내 예측, 제30회 영상처리 및 이해에 관한 워크샵

[24] Yan et al. A Convolutional Neural Network Approach for Half-Pel Interpolation in Video Coding, arXiv:1703.03502, 2017.

[25] 이주영 외, 영상 압축을 위한 변환 인공신경망 연구, 제30회 영상처리 및 이해에 관한 워크샵

[26] Liu et al. "Comparison of DCT and autoencoder-based features for DNN-HMM multimodal silent speech recognition," Chinese Spoken Language Processing (ISCSLP), 2016

강 제 원

- 2006년 2월 서울대학교 전기공학부 학사
- 2008년 2월 서울대학교 전기컴퓨터공학부 석사
- 2012년 5월 University of Southern California 박사
- 2011년 3월~2012년 1월 방문연구원, Nokia/ Tampere Univ.
- 2012년 8월~2014년 2월 Senior Engineer, Qualcomm, USA
- 2014년 3월~현재 이화여자대학교 조교수

〈관심분야〉
비디오 코딩, 머신러닝

JVET HDR 기술

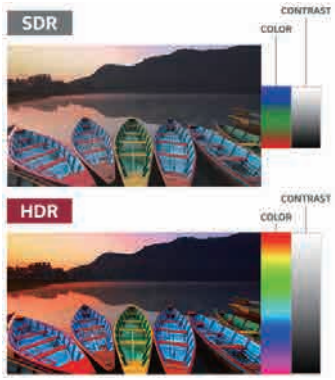
오현묵
LG전자 선임연구원

Ⅰ. 서 론

공간 해상도, 프레임 해상도 및 색상 해상도 측면에서 향상된 현실감을 제공하는 UHDTV 영상 신호 포맷[1]이 제정된 이후, 영상 신호의 밝기 범위 제약을 극복하기 위한 HDR (High Dynamic Range) 기술에 대한 논의가 진행되었다. HDR은 기존 표준 밝기 범위 (Standard Dynamic Range : SDR) 대비 높은 고대비 및 넓은 색상 범위를 표현할 수 있는데, 〈그림 1〉과 같이 색상 및 밝기 측면에서 다양한 정보를 표현함으로써 한층 더 실제에 가까운 영상을 재현할 수 있다.

HDR end-to-end 시스템 측면에서 〈그림 2〉와 같이 다양한 표준 단체를 통한 HDR 신호 포맷 및 기술 논의가 진행되었다. 국제 전기 통신 연합의 무선통신 분과인 ITU-R(International Telecommunication Union - Radiocommunication)에서는 방송 신호 규격 제정의 일환으로 영상 신호의 전달 · 교환을 위한 HDR 신호 규격에 대한 논의가 진행되었으며, ITU-R BT. 2100 권고[2]에는 HDR 신호의 해상도, 프레임율, 비트 심도, 컬러 범위와 함께 HDR 시스템에 따른 밝기 변환 함수가 정의되었다. 이와 함께 인간의 시각 특성에 기반한 색차 신호 표현 방법을 신규 제정함으로써 영상 송수신 과정에서 생길 수 있는 색차 신호 오류를 최소화 할 수 있는 방법을 제공한다.

영화 · 텔레비전 기술자 협회인 SMPTE (Society of Motion Picture & Television Engineers)에서는 HDR의 시각적인 효과에 대한 연구를 바탕으로 HDR 표준 기술을 제정했다. SMPTE에서는 기존 신호 대비 광범위한 밝기 차이를 갖는 HDR 신호를 한정된 비트 심도 내에서 효과적으로 표현하기 위한 전달함수를 정의하였는데, 밝기에 따른 인체의 시각적 민감도에 기반하여 전자 신호를 밝기 신호로 변환하기 위한 전광변환함수 (Electo-Optical Transfer Function: EOTF)를 정의했다[3]. 또



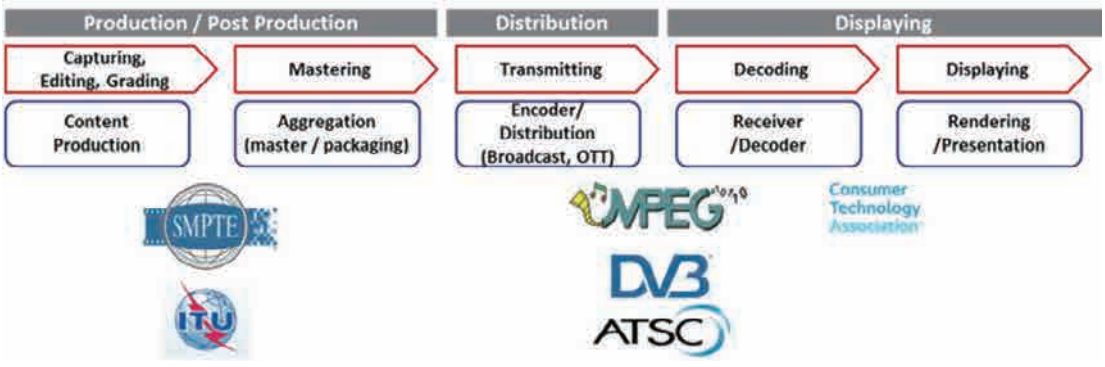
〈그림 1〉 SDR과 HDR 비교

한 수신기 디스플레이 환경에 따라 최적의 영상을 제공하기 위한 목적으로 HDR 제작 환경에 대한 정보 및 제작자의 의도를 담은 영상 변환 정보를 정의했다[4-5].

북미 가전 협회인 CTA (Consumer Technology Association)에서는 HDR의 빠른 시장 정착을 목표로 HDR10을 정의하였다. HDR10은 SMPTE ST 2084 EOTF와 ITU-R BT.2020 WCG (Wide Color Gamut) 색공간을 사용하는 신호 포맷으로써 SMPTE ST 2086에서 정의하는 마스터링 디스플레이 정보 및 컨텐츠의 평균 밝기 정보를 메타데이터로 포함한다. 북미 디지털 방송 표준인 ATSC (Advanced Television Systems Committee)와 유럽 방송 표준인 DVB (Digital Video Broadcasting)에서는 HDR 방송 표준을 제정하여 방송망을 통해 HDR 영상을 서비스 할 수 있는 기반을 마련하였으며, SDR 역호환성 및 다양한 디스플레이 환경에 적합한 HDR 기술에 대한 표준화가 진행되었다.

ISO/IEC 산하 비디오 압축, 전송, 시스템 분야에 대한 표준 기구인 MPEG (Moving Picture Experts Group)에서도 HDR 기술에 대한 연구가 진행되었다. HDR 신호 및 기술을 연구하는 기구를 생성하여 HDR 신호 특성에 대한 분석을 진행하였으며, 이를 바탕으로 새로운 색상 공간 및 변환 함수가 영상 압축에 미치는 영향에 대한 연구를 광범위하게 진행하였다. MPEG과 ITU의 비디오 코딩 전문가 연합 그룹인 JCT-VC (Joint Collaborative Team on Video Coding)에서는 HDR 신호의 압축 및 시그널링을 위한 HEVC/H.265 (High Efficiency Video Coding) 표준 개정 작업이 진행되었다[6]. 또한 MPEG HDR 기술 연구 결과를 기반으로 HDR 신호 화질 향상에 영향을 미칠 수 있는 전 · 후처리 방법에 대한 기술 문서를 제정했다[7-8]. 차세대 비디오 코딩을 위한 MPEG과 ITU의 비디오 코딩 전문가 연합 그룹인 JVET (Joint Video Exploration Team)에서는, HDR을 새로운 카테고리의 압축 대상으로 포함하고 HDR 영상의 효율적인 압축 및 압축 영상의 화질 개선 방법에 대한 연구를 진행하고 있다.

본 논문에서는 JVET에서 진행되고 있는 차세대 비디오 압축 기술 표준화를 앞두고 MPEG HDR 기술 동향을 살펴보는 것을 목적으로 한다. 먼저 2장에서는 HDR 신호에 대한 정의를 통해 HDR 신호가 영상 압축에 미치는 영향을 살펴본다. 3장에서는 JVET 이전에 진행된 HDR 기술에 대해서 검토함으로써 MPEG HDR의 주요 고려사항에 대해 살펴본다. 4장에서는 JVET CfE(Call for Evidence)에 대한 HDR 관련 기고를 통해 최근 기술 동향에 대해 살펴본다. 마지막으로 결론을 통해 차세대 비



〈그림 2〉 HDR 관련 표준 기구

디오 코덱에서 고려되어야 할 HDR 기술에 대해 정리하도록 하겠다.

Ⅱ. HDR 신호 특성 및 정의

HDR 신호를 나타내는 직관적인 방법은 최대 밝기 및 최소 밝기를 단위 면적 당 밝기 표현 단위인 nit (혹은 cd/m^2)로 나타내는 것이다. 또 다른 표현 방법으로써 최대 최소 밝기의 비율인 고대비(contrast ratio)로 나타낼 수도 있는데, MPEG에서는 HDR 신호에 대한 연구를 시작하며 밝기 특성에 따른 영상 신호 구분을 위해 다음과 같은 기준을 세웠다[9].

SDR ≤ 1,000:1
EDR > 1,000:1 & ≤ 100,000:1
HDR > 100,000:1

이 때, EDR(Enhanced Dynamic Range)은 SDR에 비해 향상된 밝기를 나타내지만 HDR 밝기 범위에는 미치지 못하는 중간단계를 나타낸다.

위의 정의에 따르면 HDR 신호는 SDR 신호에 비해 100배 이상의 고대비를 갖는데, 넓은 밝기 범위에 분포하는 HDR 신호를 정규화 오류 없이 선형적으로 표현하기 위해서는 SDR 대비 두 배 가량의 높은 비트 심도(bit-depth)가 필요하다. 만약 적절한 비트 심도를 사용하지 못하는 경우 〈그림 3〉과 같이 경계 현상(contour artifact)과 같은 오류가 나타난다.

정규화 오류를 방지하면서 주어진 밝기 범위의 신호를 효과적으로 전달하기 위한 방법으로써 인간의 시각 특성에 기반한 밝기 변환 함수에 대한 연구가 진행되었다. Barten 모델에 따르면 밝기 변화에 따라 시각적 민감도가 비선형적으로 변하는데, 낮은 밝기에 대해서는 변화에 민감하지만 높은 밝기에 대해서는 민감도가 낮아지는 특성이 있다[10]. 이를 기반으로 낮은 밝기에 대해서는 많은 비트를 할당하고 높은 밝기에 대해서는 적은 비트를 할당하는 경우, 적은 비트를 이용하더라도 시각적인 오류 없이 HDR 영상을 효과적으로 표현할 수 있다.

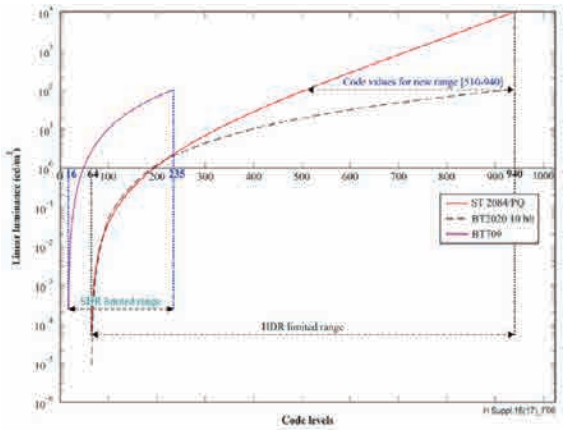
이러한 목적에 따라 밝기 변환 함수 (transfer function)를 사용할 수 있는데, 적용 시점에 따라 서로

〈그림 3〉 비트 심도에 따른 오류

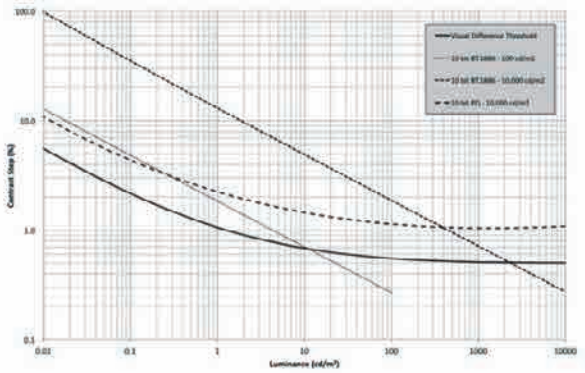
다른 두 가지 함수를 정의할 수 있다. 즉, 영상 획득 단에서 밝기 신호를 전기 신호로 변환하는 광전 변환 함수 OETF(Opto-Electronic Transfer Function)와 영상 출력 단에서 전기 신호를 밝기 신호로 변환하는 전광 변환 함수 EOTF로 나타낼 수 있다. 〈그림 4〉에서는 디지털 신호를 다양한 범위의 밝기로 변환하는 EOTF를 비교하였다. 일반적으로 SDR 신호는 8bit의 비트 심도를 기반으로 0.1 - 100 nit 밝기 범위를 표현하도록 정의하는데, HDR 신호의 경우 SDR 보다 넓은 범위(0.0005 - 10,000 nit)를 표현하기 위해 많은 비트 심도가 필요하게 된다.

〈그림 5〉에서는 SDR 및 HDR EOTF를 Barten 모델과 비교하였다. 100 nit 최대 밝기를 갖는 SDR 신호의 경우 SDR 표준 EOTF인 ITU-R BT.1886[11] 권고를 적용하였을 때, 밝은 부분에 대해서는 밝기 민감도 이상의 단계를 가지지만 저조도에 대해서는 Barten 모델과 유사한 차이를 가지는 것을 볼 수 있다. 하지만 동일 EOTF를 10,000 nit HDR 신호에 적용하는 경우 저조도에서 Barten 모델과의 차이가 증가하는 것을 볼 수 있는데 저조도에서 경계 에러와 같은 오류가 강하게 나타낼 것을 예상할 수 있다. 이를 해결하기 위한 방법으로써 10,000 nit HDR 신호를 최적으로 표현하기 위한 변환 함수에 대한 개발이 이루어졌으며, 10 bit의 비트 심도를 갖는 경우 모든 밝기에 대해 Barten 모델에 유사한 밝기 민감도를 갖는 것을 볼 수 있다.

이를 바탕으로 ITU-R BT.2100 권고에서는 〈표 1〉과 같이 HDR 신호 포맷이 정의되었다. 표준 정의에 따르면, HDR 신호는 UHDTV 신호 표준의 공간 해상도, 프레임율, 색상 범위, 비트 심도를 바탕으로 신규 색공간 (IC_tC_p)과 신규 변환 함수를 정의했음을 알 수 있다. (단, HDTV 해상도의 HDR 컨텐츠 수요를 고려하여



〈그림 4〉 밝기 범위 및 비트 심도에 따른 EOTF



〈그림 5〉 Contrast step size vs. display luminance (10 bit 신호)

1920×1080 해상도가 포함됨) 이 때, HDR 신호를 변환하는 EOTF · OETF에 따라 HDR 신호 전송 포맷이 결정되는데, ITU-R BT.2100에서는 PQ (Perceptual Quantization) 시스템과 HLG (Hybrid Log Gamma) 시스템을 정의하고, 어플리케이션 특성에 따라 선택적으로 사용하도록 하였다.

먼저 PQ 시스템은 Barton 모델에 기반하여 EOTF를 디자인 하였으며, 영상을 재생하는 디스플레이 차이에 관계없이 동일한 밝기와 색상을 재현하는 것을 목표로 한다. 따라서 QP EOTF는 디지털 신호를 0.0005 – 10,000 nit 범위에 있는 밝기의 절대적인 값으로 변환하는 함수로 정의된다.

반면 HLG 시스템에서는 상대 밝기 개념을 기반으로 정의 되었는데, HDR 신호의 디스플레이 방법은 디스플레이 성능에 맡기되 SDR 수신기와의 역호환성을 제공하는 특징이 있다. 즉, HLG OETF는 기존 SDR 신호의 밝기

〈표 1〉 ITU-R BT.2100 HDR 신호 포맷

Pixel count	7,680×4,320, 3,840×2,160, 1,920×1,080
Frame frequency	120, 120/1.001, 100, 60, 60/1.001, 50, 30, 30/1.001, 25, 24, 24/1.001
Scanning	progressive scanning
Colorimetry	BT. 2020 colorimetry
Bit-depth	12, 10
Digital representation	RGB, YC_bC_r, IC_tC_p
Transfer function	PQ based system, HLG based system

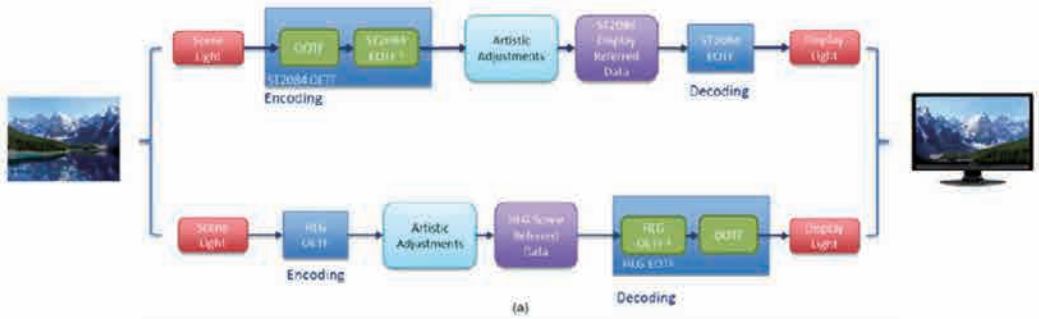
영역에 해당하는 부분은 SDR OETF와 유사한 함수로 정의하고 고휘도 구간에 대해서는 별도의 함수를 사용함으로써 디스플레이 발기 범위에 따라 추가 변환없이 HDR 혹은 SDR로 재생 가능하도록 한다.

〈그림 6(a)〉에서는 영상 획득, OETF 변환, 전송, EOTF 변환, 재생 관점에서 ITU-R BT.2100에서 정의하는 두 가지 HDR 시스템을 나타내었다. PQ 시스템에서는 EOTF 정의를 바탕으로 인코딩 단에서는 EOTF의 역함수와 함께 제작자의 의도를 담은 변환 함수인 OOTF(Opto-Optical Transfer Function)를 추가 적용한다. HLG 시스템에서는 OETF를 중심으로 비디오 시스템을 구성되며, 디코딩 단에서는 OETF의 역함수 및 디스플레이 밝기에 적응적인 변환 함수 OOTF를 추가 적용한다. 〈그림 6(b)〉에서는 PQ와 HLG 시스템에 대한 EOTF, OETF, OOTF 및 각 시스템의 특징에 대해 정리하였다.

Ⅲ. JVET 이전 HDR 기술

MPEG에서는 고효율 비디오 압축 코덱인 HEVC 표준이 완료 된 이후, HDR/WCG 신호 특성 및 비디오 압축 효율에 미치는 영향에 대한 연구가 진행되었다. 특히 QP EOTF 및 HLG OETF에 따른 신호 특성에 대한 연구와 함께 역호환성 지원 관점에서의 EOTF 시그널링에 대한 연구가 진행되었고, 이를 기반으로 HEVC 개정 및 기술 문서 작업이 이루어졌다.

먼저 비디오 신호 특성 정보 전달 역할을 하는 VUI (Video Usability Information)에는 ITU-R BT.2020 색공간 및 ITU-R BT.2100 PQ · HLG 변환 함수가 정의됨으로써 HDR/WCG 표준 비디오 신호의 인코딩 디코딩



ITU-R BT.2100	Application 1 Perceptual Quantization (PQ) System	Application 2 Hybrid Log-Gamma (HLG) system
OETF	inv. PQ EOTF $OETF[E] = EOTF^{-1}[OOTF[E]]$	ref. HLG OETF $OETF[E] = \begin{cases} \sqrt{E}/2 & 0 \le E \le 1 \\ a \cdot \ln(E-b)+c & 1 < E \end{cases}$
EOTF	ref. PQ EOTF $EOTF[E'] = 10000 \cdot \left(\frac{\max\left[\left(E'^{1/m_2} - c_1\right), 0\right]}{c_2 - c_3 E'^{1/m_2}} \right)^{1/m_1}$	inv. HLG OETF $OOTF[E] = OOTF[OETF^{-1}[E']]$
OOTF	$OOTF[E] = G_{test}[G_{ref}[E]]$	$OOTF[E] = \alpha Y_s^{\gamma-1} E + \beta$
비고	absolute luminance (0 - 10,000nit)	relative luminance, compatible with current infrastructure

(b)

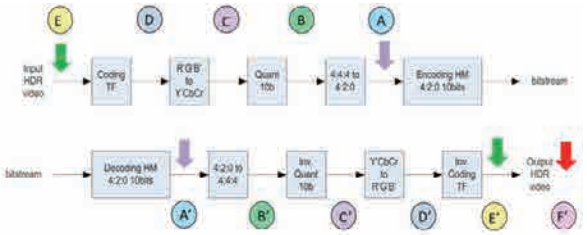
〈그림 6〉 ITU-R BT.2100 HDR 시스템

을 지원하게 되었다. 또한 비디오 신호에 대한 추가 정보 전달 역할을 하는 SEI (Supplementary Enhancement Information) 메시지에는 HDR 영상 제작 환경에 대한 정보를 전달하는 Mastering display colour volume SEI message와 Ambient viewing environment SEI message, 컨텐츠 밝기 범위에 대한 정보를 전달하는 Content light level information SEI message, 비디오의 변환 함수 정보를 추가적으로 전달하기 위한 Alternative transfer characteristics information SEI message 등이 포함되었다. 최근 진행된 HEVC 개정 작업에서는 HDR 신호의 실제 데이터가 분포하는 컬러 볼륨을 명확하게 표현하기 위한 Content colour volume SEI message와 영역 적응적 HDR/WCG 영상 처리를 위한 영역 별 메타데이터 정보를 전달할 수 있는 Regional nesting SEI message가 추가적으로 포함되었다[12].

또한 MPEG에서는 HDR/WCG 기반 색공간 및 컬러 볼륨, 주관적 · 객관적 화질 비교 방법 등 다양한 분야에서 EE (Exploration Experiments)가 진행되었다. 특히, 영상 압축 전후에 수행하는 인코더 전처리 (encoder pre-processing) 및 디코더 후처리 (decoder post-processing) 과정에 대한 연구가 심도있게 진행되었는데, 이는 고휘도 광색역의 HDR/WCG 영상을 인코딩 · 디코딩 하는 경우 신호의 분포 특성이 비정규적으로 변화되고 색상 오류에 더욱 민감해 지기 때문이다.

비디오 코딩에서는 〈그림 7〉과 같이 변환 함수에 의한 컬러 채널 별 밝기 변환, 색공간 변환, 양자화 및 크로마 서브샘플링 (chroma sub-sampling) 과정을 거친다. 이는 영상 데이터의 전송 효율을 높이기 위해 사용되는 방법으로, 양자화 및 압축 과정에서 주요 데이터에 상대적으로 더 많은 비트를 할당하고 시각적으로 덜 민감한 정보에 상대적으로 적은 비트를 할당하는 효과가 있다. SDR 기반 시스템의 경우 밝기 정보에 대한 비중이 높기 때문에 전 · 후처리 과정에서 색상 정보가 손실되더라도 압축 효율 향상으로 인해 얻는 이득이 컸다. 하지만 HDR/WCG 영상에서는 색감 및 밝기 측면의 화질 향상을 목적으로 하기 때문에 전 · 후처리 과정에서 발생하는 컬러 오류를 줄이는 방법에 초점이 맞춰지게 되었다.

이를 위해 MPEG HDR/WCG 애드혹그룹 (Ad-hoc group)에서는 HDR/WCG 비디오 코딩을 위한 CfE (Call for Evidence)를 진행했다[13]. 여기에서는 1) HEVC Main 10 profile 대비 향상된 화질 및 압축 효율을 얻을 수 있는 영상 압축 기술, 2) SDR 역호환성을 고려한 HDR/WCG 영상 압축 기술, 3) HEVC Main 10 profile 기반 전 · 후처리 화질 향상 기술의 세 가지 분류로 연구를 진행했다.



〈그림 7〉 비디오 코딩 전 · 후처리 과정

이에 대한 결과로써 8개의 CE (Core Experiment)로 확장되어 광범위하게 연구가 진행되었으며, MPEG에서는 기존 코덱을 그대로 사용하되 전 · 후처리 기술을 통해 화질 향상을 이루는 것으로 표준 개정 방향을 정하였다.

JCT-VC에서는 MPEG HDR/WCG 애드혹그룹 연구 과정에서 검토되었던 HDR 기술을 바탕으로 HDR/WCG 기술 문서 작업을 진행했다. 여기에서는 PQ EOTF 기반, 10 bit 비트 심도, Y'CbCr 색공간, 4:2:0 크로마 서브 샘플링이 적용된 신호에 대해 HEVC 혹은 AVC 기반 비디오 코딩 가이드라인을 제공한다[7]. 이 문서에서는 〈그림 7〉에 나타난 비디오 코딩 전 · 후처리 과정에 대해 고려하고 있으며, 앞서 살펴본 것과 같은 변환 함수, 색공간 변환, 양자화 및 크로마 서브샘플링 과정에 대한 구체적인 설명과 함께 HDR 영상 신호 처리 관점에서 각 단계에서 발생할 수 있는 문제를 기술하고, 해결 방법을 제시한다. 또한 별도의 기술 문서를 통해 HDR/WCG 역호환성 지원 디스플레이 적응적 HDR/WCG 영상 구성 방법 신규 색공간에 대한 연구 결과 및 HLG 기반의 비디오 포맷을 이용하기 위한 시그널링 방법 등을 다룬다[8].

3.1. Luma adjustment

MPEG HDR/WCG 기술 문서에서 다루고 있는 문제 중 하나는 크로마 서브샘플링으로 인한 컬러 왜곡 현상이다. 앞서 언급한 것과 같이 영상 압축에서는 영상 정보의 전송 효율을 높이기 위한 방법 중 하나로써 크로마 서브샘플링이 사용되는데, 밝기 정보와 색상 정보가 분리된 상태에서 시각적으로 덜 민감한 색상 정보의 해상도를 낮춤으로써 데이터 효율을 높이는 효과가 있다. 예를 들어 YCbCr 4:2:0 크로마 서브샘플링의 경우 2×2 픽셀 영역마다 밝기 정보 Y는 4개의 픽셀 정보를 유지하되 색상 정보 Cb와 Cr은 각각 1개의 정보만 갖도록 정의 하는데, 결국 1/4 해상도를 갖는 Cb, Cr로 컬러 영상을 표현함으로써 압축이 없는 상태에서도 영상의 데이터를 줄이게 된다.

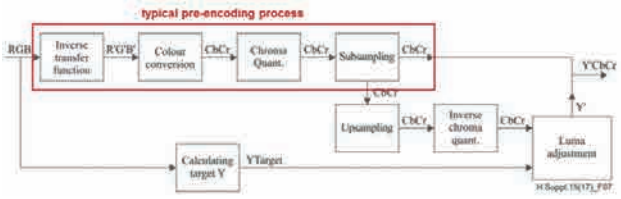
하지만 이러한 방법은 색차 신호의 해상도 손실과 함께 컬러 오류가 발생한다는 점에서 영상의 화질을 저하시키는 문제점이 있다. 게다가 Cb, Cr 색차 신호에서 발생하는 오류는 YCbCr 색공간에 존재하는 색차 및 밝기 신호 간 상관관계 (luma-chroma correlation)에 의해 밝기 신호 Y에 영향을 미치게 되며, 결과적으로 영상의 전체 해상도를 저하시키는 요인이 된다.

이를 해결하기 위한 방법으로써 MPEG HDR/WCG 기술 문서에서는 크로마 서브샘플링으로 인해 발생하는 밝기 오류를 사전에 반영하여 에러를 최소화 하는 방법을 제시한다. 이 방법은 밝기 보정 (luma adjustment)으로 불리는데, 〈그림 8〉과 같이 크로마 서브샘플링 된 Cb, Cr 신호를 다시 업샘플링하여 에러가 포함된 Cb, Cr 신호를 생성하고, 이 신호를 사용하여 생성된 RGB 신호가 원본 RGB에 가장 가까워지는 Y를 추정한다. 이를 아래의 수식과 같이 나타낼 수 있는데, Y_{target} 는 원본 선형 밝기 신호, Y'_{adjust} 는 오류를 보정할 수 있는 비선형 밝기 신호를 나타내며, EOTF는 인코딩 전처리 과정에서 수행하는 전광변환함수, w_{RY}, w_{YG}, w_{YB} 는 RGB 신호로부터 밝기 신호 Y로의 변환을 위한 계수, Crfactor, Gfactor, Cbfactor는 색차 신호로 인한 R'G'B' 변화량을 나타낸다.

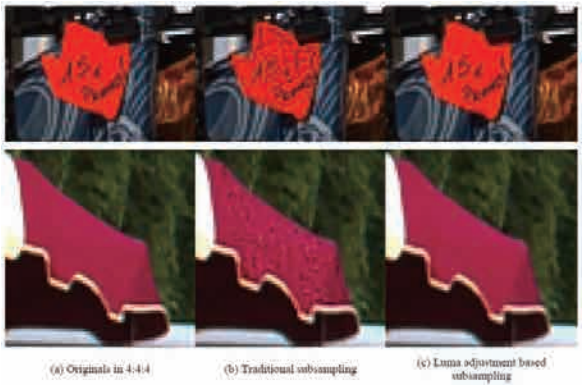
$$Y_{target} = w_{YR} * \mathrm{EOTF}(Y'_{adjust} + \mathrm{Crfactor}) + w_{YG} * \mathrm{EOTF}(Y'_{adjust} + \mathrm{Gfactor}) + w_{YB} * \mathrm{EOTF}(Y'_{adjust} + \mathrm{Cbfactor})$$

HDR/WCG 기술 문서에서는 위의 수식을 기반으로 회귀적인 방법을 통해 Y'_{adjust}를 구하는 방법뿐 아니라 닫힌 형태 (closed form)의 해를 구하는 방법도 제시한다.

〈그림 9〉에는 크로마 서브 샘플링으로 인해 발생한 오류를 밝기 보정 방법을 통해 보완한 결과를 나타내었다. 각각의 패치는 R 채널 신호가 강하게 나타나는 영역을 확대한 것으로 이상적으로 분리된 색차 신호 Cr에서는 에지가 발생하지 않는다. 하지만 색차 신호와 밝기 신호와의 상관관계로 인해 크로마 서브 샘플링 후에 Cr에 남아있는 에지 정보가 손상되고 컬러 오류가 증폭되는 문



〈그림 8〉 밝기 보정 (luma adjustment) 처리과정 예시



〈그림 9〉 밝기 보정 적용 결과

제가 발생한다. 밝기 보정 방법을 적용하는 경우 색차 신호에서 발생하게 될 오류가 미리 보정 된 밝기 신호 Y를 통해 상쇄되기 때문에 디테일 손상 혹은 오류 증폭 없는 결과를 얻을 수 있다.

3.2. QP offset

MPEG HDR/WCG 기술 문서에는 양자화로 인해 발생하는 오류에 대해서도 다루고 있다. 〈그림 7〉에서 살펴본 것과 마찬가지로 인코더 전처리 과정을 통해 양자화가 진행되는데, 기존의 압축 코덱에 정의된 양자화 방법은 SDR 신호를 기준으로 최적화 된 것이기 때문에 HDR 신호에 적용하는 경우 의도하지 않은 양자화 오류가 발생한다.

양자화 오류에 영향을 미치는 원인으로써 HDR EOTF에 의한 불균형적인 비트 할당 특성을 고려할 수 있다. 영상 신호를 전달할 때 비트 심도 효율을 높이기 위해 눈의 밝기 민감도 특성에 따라 비트를 분균형적으로 할당하게 된다. 밝기에 따른 비트 할당 차이는 밝은 범위를 더 많이 포함하는 HDR EOTF에서 더 크게 나타나는데, 이는 곧 코드 값이 높아질수록 코드 레벨 변화에 따른 밝기 변화의 정도가 커지게 되어 양자화 에러에 의한 영향이 밝은 부분에서 상대적으로 크게 나타남을 의미한다.

이를 보완하기 위한 방법으로써 〈그림 10〉과 같이 밝기 구간에 따라 서로 다른 QP를 적용해주는 방법을 고려할 수 있다. 이를 위해 HEVC에서 지원하는 영역 별 QP 기능을 이용할 수 있는데, 일정 단위 블록의 대표 밝기를 기반으로 양자화 오프셋 (quantization offset)을 적용함으로써 밝기 적응적으로 QP를 적용할 수 있다. 이 때, 다양한 방법으로 양자화 오프셋을 구할 수 있는데, MPEG HDR/WCG 기술 문서에서는 SDR에서 나타나는 수준의 양자화 오류가 발생하는 것을 목표로 아래와 같이 제안하였다.

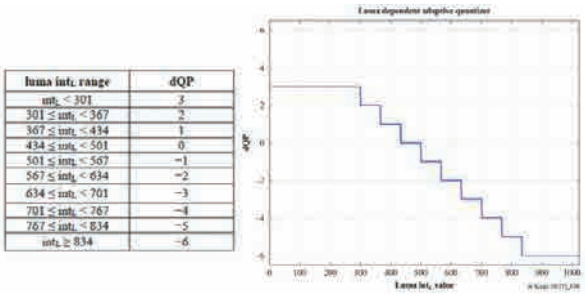
$$\mathrm{Quant}(f_{709}(x), QP_{709}) \cong \mathrm{Quant}(f_{PQ}(x), QP_{PQ})$$

$$QP_{PQ} = QP_{709} + dQP(x)$$

대상 밝기를 x, SDR과 HDR 변환 함수를 각각 $f_{709}(\ )$과 $f_{PQ}(\ )$, SDR과 HDR 에 적용하는 양자화 계수를 QP_{709}과 Q_{PPQ}, 양자화로 인한 스텝 차이를 Quant( )라고 할 때, 특정 밝기 x에 대해 변환함수에 관계없이 유사한 양자화 스텝 차이가 발생하도록 하는 QP_{PQ}가 있는 경우, 양자화 오프셋을 QP_{PQ} 와 QP_{709}의 차이로 정의 할 수 있다.

양자화 오류에 영향을 미치는 또 다른 요인으로써 Y와 Cb, Cr 신호의 분포 특성을 고려할 수 있다. Cb, Cr은 컬러 채널 간 차이로 정의되기 때문에 Y 신호에 비해 상대적으로 좁은 범위에 신호가 집중되어 분포한다. 이러한 신호 분포 특성에 대한 고려 없이 Y와 Cb, Cr 신호에 동일한 양자화 계수를 적용하는 경우 전체 신호 범위 대비 색차 신호에 적은 비트가 할당되는 것과 같은 부작용이 발생하게 된다. 이것은 큰 양자화 계수를 사용할수록 더 큰 컬러 오류로 나타나는데, 이는 양자화로 인해 발생하는 오차가 색차 신호에서 상대적으로 큰 차이를 가져오기 때문이다. 더불어 ITU-R BT.2020의 경우 동일 비트 심도의 ITU-R BT. 709 대비 색차 신호의 중앙 집중적인 현상이 더 크게 나타나며, 이로인해 양자화 오류가 더욱 심해진다.

이를 해결하기 위한 방법으로써 HEVC에서 제공하는 QP 오프셋기능을 이용하여 Y와 Cb, Cr에 서로 다른 양자화 계수를 적용할 수 있다. 즉, 양자화 오류에 민감한



luma int. range	dQP
int. < 301	3
301 ≤ int. < 367	2
367 ≤ int. < 434	1
434 ≤ int. < 501	0
501 ≤ int. < 567	−1
567 ≤ int. < 634	−2
634 ≤ int. < 701	−3
701 ≤ int. < 767	−4
767 ≤ int. < 834	−5
int. ≥ 834	−6

〈그림 10〉 양자화 오프셋 예시

색차 신호에 상대적으로 작은 양자화 계수를 적용함으로써 Cb, Cr 신호에 나타나는 양자화 오류를 사전에 줄일 수 있다는 것이다. 예를 들어 밝기 신호에 대한 양자화 계수 QP에 대해 아래와 같은 모델을 통해 색차 신호에 대한 양자화 계수 오프셋을 구할 수 있는데, 이 때 오프셋을 결정하는 c_{cb}, c_{cr}는 HDR 색차 신호가 SDR 색차 신호와 유사한 분포를 갖도록 디자인 할 수 있다.

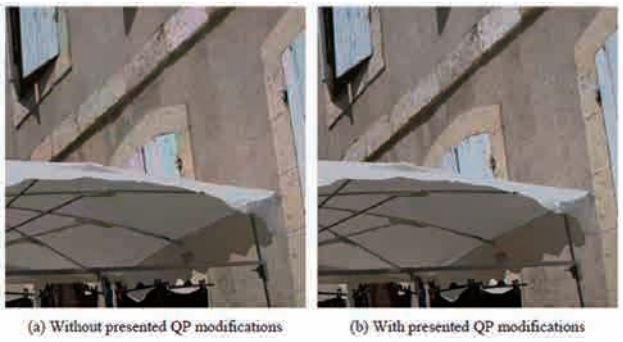
$$\mathrm{QPoffsetCb} = \mathrm{Clip3}\left(-12, 0, \mathrm{Round}\left(c_{cb} * (k * \mathrm{QP} + 1)\right)\right)$$

$$\mathrm{QPoffsetCr} = \mathrm{Clip3}\left(-12, 0, \mathrm{Round}\left(c_{cr} * (k * \mathrm{QP} + 1)\right)\right)$$

〈그림 11〉에는 앞서 살펴본 밝기 적응적 양자화 방법 및 색차 신호 양자화 오프셋을 적용한 결과를 나타낸 것이다. HDR 신호의 EOTF에 따른 비트 분포 특성과 WCG로 인한 색차 신호 분포 특성에 대한 고려 없이 모든 밝기와 색차 신호에 동일한 양자화 계수를 적용하는 경우 〈그림 11(a)〉와 같이 평탄 영역에서 컬러 오류가 나타난 것을 볼 수 있다. 하지만 신호 특성에 대한 고려를 바탕으로 신호 적응적 양자화 계수를 적용하는 경우 〈그림 11(b)〉와 같이 오류가 줄어든 것을 볼 수 있는데, 이는 비트를 효율적으로 사용한 결과라고 볼 수 있다.

3.3. Dynamic range adjustment

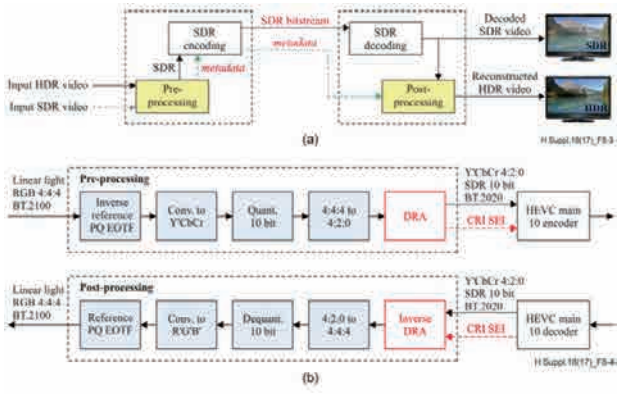
MPEG HDR/WCG 기술 문서에는 PQ EOTF를 사용한 HDR 신호의 SDR 역호환성을 지원하기 위한 SEI 메시지 기반 기술에 대해서도 다루고 있다. 〈그림 12(a)〉에는 역호환성 지원 시나리오를 블록 다이어그램으로 나타내었는데, 인코딩 이전에 HDR 영상을 SDR 범위를 갖도록 변환한 후 전송하면, 수신기의 성능에 따라 SDR 영상을 그대로 재생하거나 메타데이터의 정보를 이용한 역



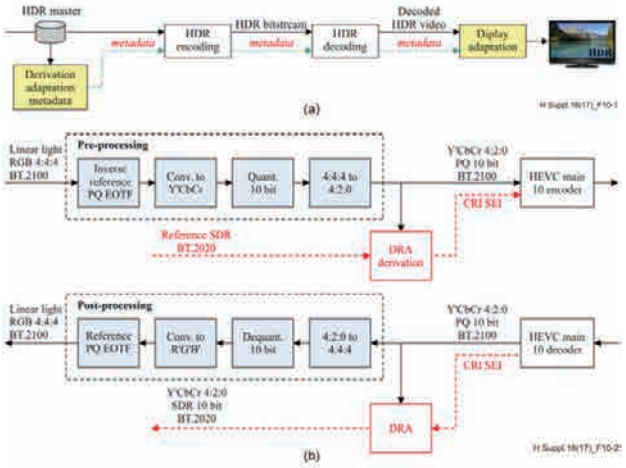
〈그림 11〉 양자화 오프셋 적용 전후의 결과

변환을 통해 복원된 HDR 영상을 재생할 수 있다. 이러한 과정은 〈그림 12(b)〉와 같은 전처리 과정으로 수행될 수 있는데, 대상 수신기의 밝기 범위에 따라 영상 밝기 분포를 보정한다는 의미로써 DRA(Dynamic Range Adjustment) 블록으로 표현되었다. DRA가 적용되는 경우 수신기 디코더 후처리 과정에서는 〈그림 12(b)〉와 같이 인코더 전처리 과정의 역순으로 복원이 진행되도록 구성한다. SDR 밝기 범위로 보정된 영상 신호를 다시 HDR 밝기 범위로 복원하기 위해서는 역변환 함수가 필요한데, 이에 대한 정보는 예를 들어 CRI (Colour Remapping Information) SEI 메시지등을 통해서 전달할 수 있다.

밝기 범위 보정 기술은 SDR 역호환성 지원뿐만 아니라 디스플레이 특성에 따른 HDR 영상 밝기 보정에도 사용할 수 있다. 〈그림 13(a)〉에서는 단일 HDR 영상을 다양한 HDR 디스플레이 환경에서 재생할 때 디스플레이 특성에 맞추어 영상을 재생하는 시나리오를 도식화하였다. 예를 들어 디스플레이의 다양한 밝기 차이에 관계없



〈그림 12〉 SDR 역호환성 지원을 위한 밝기 범위 보정 기술



〈그림 13〉 디스플레이 적응적 밝기 범위 보정 기술

이 HDR 컨텐츠를 동일한 밝기와 색상 범위로 표현하는 것을 목표로 할 때 이를 위해 필요한 정보를 추가적으로 전달할 수 있다. 〈그림 13(b)〉에서는 목표 디스플레이가 SDR 특성을 갖는 경우 HDR 컨텐츠를 SDR 컨텐츠로 변환하기 위한 정보를 인코딩 전처리 과정에서 도출하고, 이를 SEI 메시지를 통해 전달하는 경우를 나타낸 것이다. 수신기에서는 디스플레이가 HDR 디스플레이인 경우 디코딩 된 영상을 그대로 보여주고, SDR 디스플레이인 경우 전달된 SEI 메시지를 통해 SDR 밝기 범위로 보정 후 영상을 재생함으로써 디스플레이 특성에 맞추어 영상을 재생할 수 있다.

Ⅳ. JVET HDR 기술 전망

MPEG HDR/WCG 기술 문서 작업과 별개로 JVET에서는 차세대 비디오 코덱 표준 개발을 위한 HDR 기술 연구를 진행하고 있다. JVET CfE에서는 HDR 영상을 별도의 카테고리로 지정했는데[14], 이는 HDR 영상 특성에 기반하여 압축 효율을 높이거나 영상 화질을 향상시키는 기술이 기대되기 때문이다. 여기에서는 CfE response[15]을 통해 차세대 비디오 코덱에서 고려될 수 있는 기술을 살펴보고, CfP (Call for proposal)의 HDR 관련 항목을 검토하겠다.

4.1. JVET CfE response

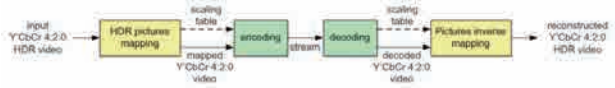
JVET-G0022에서는 HDR 신호의 비정규적인 분포 특성을 보완함으로써 코딩 효율을 높이는 방법이 제안되었다. MPEG HDR/WCG 기술 문서에서는 동일한 문제에 대해 밝기 적응적인 양자화 계수를 사용하도록 했던 반면, 여기에서는 〈그림 14〉와 같이 HDR 영상 맵핑 과정을 통해 HDR 신호 밝기 분포 특성을 직접 변화시키는 방법을 제안한다. 〈그림 15〉에서는 밝기 분포 특성을 변화시키는데 사용되는 함수의 예시를 나타낸 것으로써, 부분 선형 (piece-wise linear) 함수를 사용하여 영상 적응적으로 사용할 수 있도록 디자인 되어있다. 색차 신호의 경우에는 중간값에 몰려있는 분포를 분산시킬 수 있도록 밝기 신호 처리에 독립적인 스케일 팩터 (scaling factor)를 사용하였다. 이 방법이 적용된 영상을 압축하는 경우 수신기에서는 필수적으로 역변환 과정을 통해 초기의 밝기 분포로 복원 해주어야 한다. 이 방법을 기반으로 SDR의 분포 특성과 가까워지도록 HDR 매핑 함수 및 색차 신호 스케일 팩터를 조정할 수 있는데, 제안서에 따르면 JEM anchor와 비교 시 PSNR에 대해서는 평균 2.2% 압축 손실이 있는 반면에 DE100에 대해서는 평균 6.1%의 압축 효율 향상을 얻을 수 있다. 또한 HM과 비교 시 PSNR과 DE100 측면에서 각각 평균적으로 30.3% 및 39.6% 압축 효율이 향상된다고 하며, 이를 통해 밝기 및 색차 신호의 신호 분포 특성을 변화시키는 것이 압축 효율 및 화질 향상에 영향을 미치게 된다는 것을 알 수 있다.

한편 JVET-G0021에서는 PQ EOTF 기반 HDR 신호의 비효율적인 밝기 분포를 보완하기 위한 데이터 적응적인 변환 함수가 제안되었다. PQ EOTF는 절대 밝기 기반 HDR 영상 변환 함수를 정의함에 있어서 10,000 nit를 최대 밝기로 정의하였지만, 현재의 영상 획득 및 디스플레이 장치의 한계로 인해 비트 분배의 비효율성이 존재한다. 이를 보완하기 위해, 영상 데이터가 존재하는 밝기 범위에 대해서만 변환함수를 적응적으로 사용하는 방법이 제안된 것이다. 〈그림 16〉에서는 영상의 최대 밝기에 따라 변환 함수를 조정하는 예를 나타내었는데, 최대 밝기가 10,000 nit, 4,000 nit, 1,000 nit로 변함에 따라 변환 함수가 적응적으로 변하는 것을 볼 수 있다. 기고서

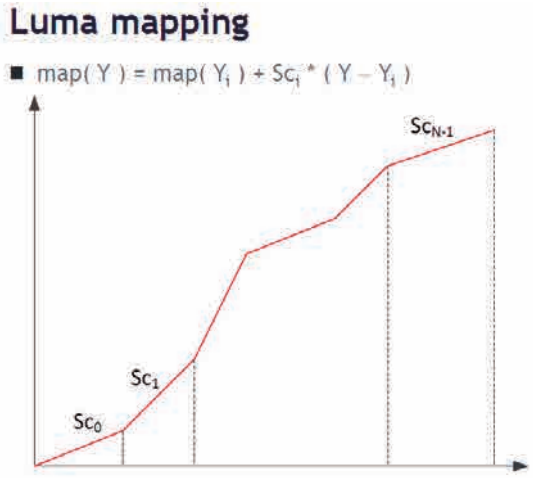
에 따르면 제안하는 방법을 JEM anchor와 비교하는 경우 PSNR 측면에서 평균적으로 3.4%의 압축 효율이 향상되고, DE100 측면에서 평균적으로 12.7%의 압축 효율이 향상된다. 또한 HM과 비교하는 경우 각각 PSNR과 DE100 측면에서 평균적으로 30%, 41.3%의 압축 효율이 향상 됨을 확인할 수 있다. 실험 결과를 통해 밝기범위 적응적인 변환 함수를 사용함으로써 비트 사용의 효율성을 높이고 HDR 영상에 대한 압축 효율에 영향을 미칠 수 있다는 것을 알 수 있다.

4.2. JVET CfP

JVET CfP[16]에서는 HDR 연구 결과 및 JVET CfE response를 바탕으로 HDR 신호의 압축 효율을 효과적으로 보여줄 수 있는 테스트 시퀀스를 선택하고, HDR 코딩 컨디션을 정의하였다. 〈그림 17〉는 CfP를 위한 HDR 테스트 시퀀스로써, ITU-R BT. 2100에 따라 PQ EOTF 및 HLG OETF 기반 시퀀스가 각각 포함되었다. 이 중 PQ EOTF 기반 테스트 시퀀스는 CfE에 사용되었던 시퀀스가 그대로 사용된 반면, HLG OETF 시퀀스는 CfP에 신규 포함되었다. 신규 포함을 위해, 밝기에 따른 색상 분포, YCbCr 히스토그램 및 선형 RGB와 비선형 RGB 히스토그램 특성을 분석하여 넓은 밝기 범위 및 색 분포 범위를 갖는 HLG 시퀀스를 선택하였다.

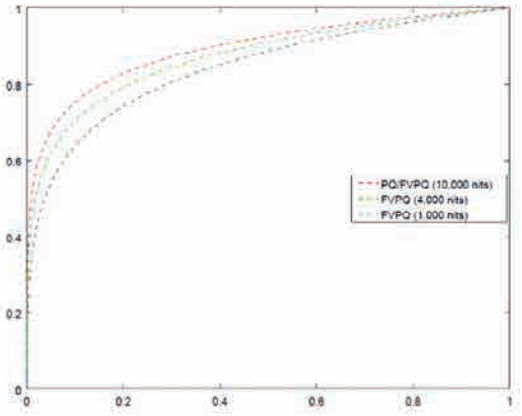


〈그림 14〉 Reshaping 기술



〈그림 15〉 Luma mapping 예시

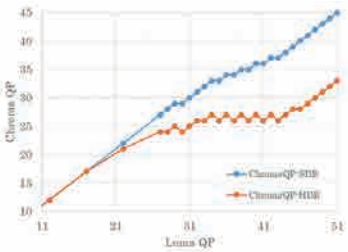
또한 PQ EOTF 기반 HDR 시퀀스에서 화질 향상 효과를 보였던 QP 오프셋을 HLG 시퀀스에 대해서도 정의하였다. 〈그림 18〉은 실험을 통해 정의한 밝기 신호에 대한 QP 오프셋을 나타내는데, PQ HDR과 같이 밝은 부분에 대해 작은 QP를 할당함으로써 밝은 부분에 대한 비트 할당율을 높이는 결과를 얻게 됨을 알 수 있다. 색차 신호의 QP 오프셋의 경우에도 압축율이 높아질 수록 SDR 대비 작은 값을 갖도록 함으로써 크로마 채널에 할당되는 비트의 비율을 높여서 컬러 오류를 줄이도록 했다. 이 결과 PSNR과 DE100 측면에서 밝기 신호 QP 오프셋은 평균 0.8% 및 1.2%의 압축 손실이 발생한 반면 색차 신호 QP



〈그림 16〉 영상 적응적 변환 함수의 예시

〈그림 17〉 HDR 테스트 시퀀스

luma int_i range	dQP
$int_i < 525$	0
$525 \le int_i < 597$	−1
$597 \le int_i < 669$	−2
$669 \le int_i < 741$	−3
$741 \le int_i < 813$	−4
$813 \le int_i < 885$	−5
$int_i \ge 885$	−6



〈그림 18〉 HLG 시퀀스를 위한 양자화 오프셋

오프셋은 평균 9.8% 압축 손실, 26% 압축 효율이 향상되었다.

Ⅴ. 결 론

HDR 영상은 향상된 명암 표현을 바탕으로 시청자에게 실제감과 현실감을 제공한다. 이러한 시각적 효과에 기반한 영상 서비스를 지원하기 위해 차세대 비디오 압축 기술 표준화에서는 HDR을 별도의 영상 카테고리로 선정하였으며 HDR 신호 특성을 반영한 영상 압축 기술 개발을 준비하고 있다.

HDR 신호의 특성 및 압축에 미치는 영향은 MPEG HDR/WCG 기술 연구를 통해서 알 수 있는데, 전 · 후처리 과정에서 나타나는 컬러 오류를 보정하기 위한 밝기 보정과 HDR 신호의 분포 특성을 고려하여 적응적으로 양자화를 수행하기 위한 기술이 연구되었다. 특히 적응적 양자화 기술은 HDR 신호의 밝기 분포 특성 변화로 인한 비트율을 조절하기 위한 밝기 신호 QP 오프셋과 HDR/WCG 신호의 색차 신호 분포를 분산 시키기 위한 색차 신호 QP 오프셋 (Chroma QP offset)과 같이 신호 특징에 따라 다르게 적용할 수 있다. 또한 신호의 분포 범위를 조정함으로써 다양한 디스플레이 환경을 지원할 수 있는 기술도 포함되었다. 이와 함께 JVET CfE response를 통해 HDR 신호 분포 특성을 변화시킴으로써 압축 효율 및 화질 향상에 영향을 미침을 알 수 있다.

이를 통해 차세대 비디오 압축 기술 표준화에서도 HDR/WCG 신호의 밝기 · 색차 분포 특성 및 HDR 시스템 디자인에서 발생하는 한계 등에 대한 분석이 진행될 것으로 보인다. 또한 이를 기반으로 컬러 및 밝기 화질을 손상을 최소화 하고, 한정된 비트를 효율적으로 분배하는 압축 기술이 개발 될 것으로 예상된다.

참고문헌

[1] Recommendation ITU-R BT.2020, "Parameter values for ultra-high definition television systems for production and international programme exchange".

[2] Recommendation ITU-R BT.2100, "Image parameter values for HDR television for use in production and international programme exchange".

[3] SMPTE ST 2084, "High Dynamic Range Electro-Optical Transfer Function of Mastering Reference Displays"

[4] SMPTE ST 2086, "Mastering Display Color Volume Metadata Supporting High Luminance and Wide Color Gamut Images"

[5] SMPTE ST 2094, "Dynamic Metadata for Color Volume Transform"

[6] Recommendation ITU-T H.265, ISO/IEC 23008-2, "High efficiency video coding"

[7] Recommendation ITU-T H Supplement 15, "Conversion and coding practices for HDR/WCG Y'CbCr 4:2:0 video with PQ transfer characteristics"

[8] Recommendation ITU-T H Supplement 18, "Signalling, backward compatibility and display adaptation for HDR/WCG video"

[9] W15084, "Requirements and Use Cases for HDR and WCG Content Coding", A. Luthra, E. François, W. Husak, Feb. 2015, Geneva

[10] Recommendation ITU-R BT.2390, "High dynamic range television for production and international programme exchange"

[11] Recommendation ITU-R BT.1886, "Reference electro-optical transfer function for flat panel displays used in HDTV studio production"

[12] JCTVC-AC1005, "HEVC Additional Supplemental Enhancement Information (Draft 4)", J. Boyce, A. Ramasubramonian, R. Skupin, G. J. Sullivan, A. Tourapis, Y.-K. Wang, Oct. 2017, Macao

[13] N15083, "Call for Evidence (CfE) for HDR and WCG Video Coding", A. Luthra, E. François, W. Husak, Feb. 2015, Geneva

[14] JVET-F1002, "Joint Call for Evidence on Video Compression with Capability beyond HEVC", M. Wien, V. Baroncini, J. Boyce, A. Segall, T. Suzuki, April 2017, Hobart

[15] JVET-G1004, "Results of the Joint Call for Evidence on Video Compression with Capability beyond HEVC", V.

Baroncini, P. Hanhart, M. Wien, J. Boyce, A. Segall, T. Suzuki, July 2017, Torino

[16] JVET-H1002, "Joint Call for Proposals on Video Compression with Capability beyond HEVC", A. Segall, V. Baroncini, J. Boyce, J. Chen, T. Suzuki, Oct. 2017, Macao

오현묵

• 2005년 2월 연세대학교 공과대학 전기전자공학부 학사
• 2007년 2월 연세대학교 전기전자공학과 석사
• 2012년 8월 연세대학교 전기전자공학과 박사
• 2012년 9월~현재 LG전자 CTO 차세대표준연구소 연구원

〈관심분야〉
Image signal processing, Color image enhancement, HDR & WCG, VR & AR, HEVC high level syntax

표준 동향FVC 360 영상 기술

최 기 호
삼성전자

Ⅰ. 서 론

2013년 2월 SC29/WG11 MPEG과 ITU산하 Q6/ SG16 VCEG에서 함께 만든 High Efficiency Video Coding (HEVC) 만들어 international standard를 공표한다[1]. 이전 표준 코덱 MPEG AVC/H.264 대비 압축률 2배의 성능을 자랑하는 HEVC 차세대 방송표준 ATSC3.0에 채택되는 등 최근 많은 유무선 코덱으로 각광 받고 있다[2].

HEVC가 공표 된지 얼마 되지 않는 사간인 2015년에 ISO산하 SC29/WG11 MPEG과 ITU산하 Q6/ SG16 VCEG은 차세대 비디오 코딩 표준을 위한 스터디 그룹을 만들기로 합의한다. HEVC이후 새로운 비디오 코딩을 준비하는 그룹인 Joint Video Exploration Team (JVET)은 전통적인 2D영상을 포함한 새롭게 등장한 영상들 또한 차세대 표준의 대상으로 삼고자 하였다. HEVC에서 커버하지 못하는 8K급 영상, 그리고, 최근 새롭게 등장한 High Dynamic Range (HDR)영상, 그리고 Virtual Reality (VR)를 지원하기 위해서 등장한 360동 비디오 영상이다[3].

차세대 비디오 표준 코덱에서 360도 영상을 새로운 표준의 대상 중 하나로 삼는 이유는 명백하다. 360도 영상을 기반으로 한 서비스 및 제품은 현재 가파르게 성장하고 있으며, 소비에게 Immersive 느낌을 주기 위해서는 최소한 8K 이상의 해상도를 지원해야 한다는 것이 시장의 중론이다. 현재 서비스 되는 2D 이미지 영상의 해상도가 최대 4K급이라는 것을 고려하여 볼 때, 8K~12K급 영상의 실시간 전송 및 디코딩, 렌더링 하는 것은 네트워크에 큰 부담이 된다. 새로운 장비를 바꾸지 않은 이상 가장 이상적인 해결책은 비트레이트를 줄일 수 있는 새로운 기술의 사용일 것이다. 이러한 맥락에서 시장이 표준기관에게 바라는 것은 비트레이트를 획기적으로 줄일 수 있는 360도 비디오 영상용

코덱인 것이다. 이러한 업계의 바람에 발맞추어 표준 기관은 차세대 표준 기술을 제정하고자 노력 중이다.

JVET에서 스터디 한 결과를 바탕으로, MPEG과 VCEG은 차세대 비디오 코덱 표준을 위한 CfP문서를 지난 2017년 10월 미팅에서 발간하였다. 그리고, 두 표준 단체는 이제 스터디 그룹이 아닌 함께 표준을 만들기 위한 단체인 Joint Video Expert Team (JVET)으로 이름을 바꾸고 2020년에 IS발간을 위해 힘찬 출발을 시작하였다.

본 논문에서는 JVET그룹에서 360도 영상을 위한 차세대 코덱 표준을 위해서 스터디 한 것을 중심으로 표준 동향FVC 360 영상 기술 설명하고자 한다. 해당 내용은 현재 표준으로 재정된 것은 아니며 표준을 위해 고려하고 있는 기술들임을 밝혀둔다. 또한 해당 내용은 SEPT에 기고된 "360도 영상 압축을 위한 차세대 코덱 표준 동향"에 기반한 확장 된 내용임을 밝혀둔다[4].

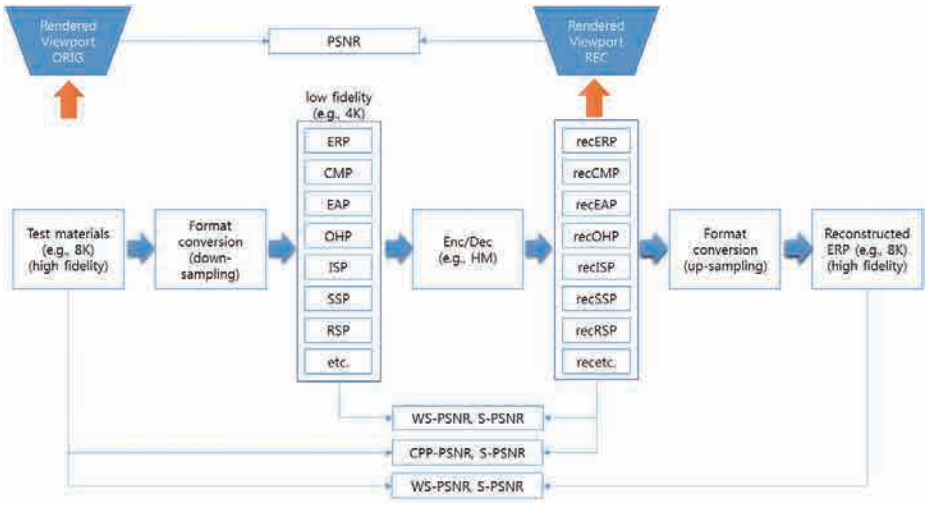
Ⅱ. 360도 영상을 위한 표준 비디오 코딩

전통적으로 MPEG 및 VCEG은 2D 이미지 및 영상을 코덱 표준의 대상으로 삼는다. 특별히 디코더의 신택스 및 디코딩 과정을 표준의 normative 부분으로 삼기에, 인코딩 과정 및 선처리 과정 (pre-processing), 후처리 과정(post-processing), 렌더링등은 표준에서 제약하지 않고, 구현 이슈로 남겨둔다. 하지만, 360도 영상의 경우, 3D 영상을 2D 영상으로로 혹은 그 반대의 절차가 필요하고, 그 과정에서 전-후처리는 코딩성능에 영향을 미치기 때문에, 현재 JVET에서는 선처리 및 후처리를 고려한 스터디가 진행 중이다. 특별히 프로젝션 변환과정이 코딩성능에 미치는 영향력에 대한 스터디가 깊이 있게 진행되고 있다. 본 섹션에서는 JVET에서 정한 프로세스 체인, 프로젝션 방법, 평가 방법에 대한 내용을 제시한다.

2.1. 프로세싱 체인

JVET에서 사용하는 360테스트 영상은 Equi-rectangular projection format (ERP)프로젝션 방식으로 만들어진 2D기반 8K 해상도 영상을 사용한다. 현재 시장에서 사용되는 360 영상 카메라는 대부분은 저장순간 2D기반 ERP 프로젝션 방식으로 저장되기에, 테스트 영상 또한 ERP 프로젝션 방식으로 만들어진 영상을 사용하였다.

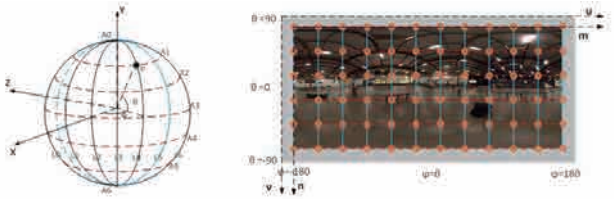
〈그림 1〉은 JVET에서 정한 360도 영상 기본 프로세싱 체인을 나타낸다. 먼저 8K영상이 초기 입력으로 사용되고, 다운 샘플링 과정과 함께 사용하고자 하는 포맷으로 변환한다. 이렇게 변환된 특정 프로젝션의 4K 2D영상이 인코더의 입력 값이 된다. 이 후 인코딩/디코딩 과정을 거쳐 나온 특정 프로젝션의 4K 2D영상은 바로 Viewport renderer를 통해 3D 영상으로 변환될 수 있으며, 혹은



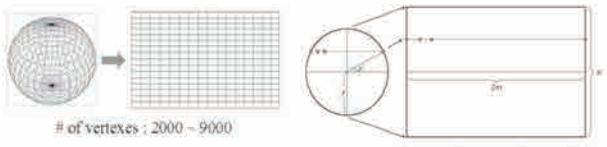
〈그림 1〉 360도 영상 기본 프로세싱 체인

원본과 같은 ERP 8K 영상으로 업샘플링되어 아웃풋으로 출력되기도 한다

인/디코딩 된 영상은 Head mount display(HMD)를 통해서 재생이 될 수 도 있고, Viewport만을 뽑아서 2D 디스플레이에 재생 될 수도 있다. 현재 360도 영상을 위한 주관적 평가에서는 HMD를 사용하기 보다는 전통적인 평가 방식인 2D디스플레이를 이용한 Mean Opinion Score (MOS)를 사용하고 있다. 구체적인 평가 방법은 차후 2.3 섹션에서 구체적으로 다룰 예정이다.



〈그림 2〉 (X,Y,Z) 좌표계 정의와 (u, v) 맵의 예시



〈그림 3〉 ERP포맷과 2D로 변환 예시

2.2. 프로젝션방법

프로젝션 방법은 3D를 구성하는 방식과 3D상에 있는 영상을 인코딩 하기 전에 2D영상으로 바꾸는 과정을 말한다. 현재 JVET에서는 다양한 방식의 프로젝션 방식이 제안 되어 있으며, 각 프로젝션 방식이 코딩 성능에 미치는 영향을 파악하기 위해, 성능적 혹은 기능적으로 이득이 있다고 판단되는 프로젝션들을 수집하여 SW에 구현하였다. 현재, 각 프로젝션 방식은 인/디코더와 함께 스터디 되고 있다.

프로젝션 방식을 만들어내기 위해서는 먼저 3D모델링이 필요하다. JVET에서는 (X, Y, Z)기반 오른손 좌표계 및 위도와 경도를 이용한 시스템을 동시에 사용하고 있다. 프로젝션을 위한 2D 좌표계는 (u, v) 맵을 정의한 뒤, 샘플링 과정을 거친 (m, n) 좌표계를 만든다. 여기서 (m, n)은 픽셀의 접근 단위라고 생각하면 된다. 특별히 2D 좌표계로 변환된 이미지 중 여러 개의 face를 가진 프로젝션 방식들이 있는데, 해당 프로젝션을 위해서 (f, m, n) 좌표시스템을 쓰기도 한다. 여기서 f는 face의 개수 이며, m과 n은 이전에 설명했던 픽셀 접근단위이다.

1) Equi-rectangular projection format

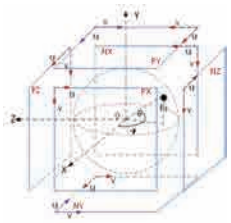
산업계에서 가장 많이 쓰이고 있는 포맷이다. 3D를 구로 모델링 하였으며, 3D영상을 2D영상으로 변환 시 경도를 x축으로 위도를 y축으로 바꾸어 맵핑시킨다[5]. 세계지도를 나타낼 때 가장 많이 쓰이는 방법과 동일하다. 구체적으로 3D에서 2D로 변환시 다음과 같은 과정을 거친다. 먼저 (X, Y, Z)을 경도와 위도 좌표계인 (φ, θ)로 변환한다. 다음으로 (φ, θ) 좌표계를 2D 좌표계인 (u, v)좌표계로 변환한다. 변환 시 경도는 2 π로, 위도는 π로 선형적으로 맵핑시킨다. 마지막으로 픽셀 레졸루션에 따라 (u, v)를 (m, n)으로 맵핑시킨다. 3D에서 2D로 프로젝션 변환 과정은 3D에서 2D과정의 역과정이다.

ERP포맷은 현재 대부분의 VR서비스를 위해서 사용되지만, 3D에서 2D로 변화시 양쪽 폴부분에서 왜곡이 심하게 생기는 단점이 존재한다. 예로 들면 변환된 2D영역에서 최상단, 최하단 부분은 하나의 점임에도 불고하고 구의 지름과 같은 길이를 2D영역에서는 나타낸다. 따라서 2D영역에서의 면적은 실제 3D에서의 면적과 상이한 부분이 있기에, 화질 평가 시 해당 부분을 고려하여야 한다.

2) Cubemap projection format (CMP)

3D를 정육면체로 모델링 하였으며, 3D영상을 2D영상으로 변환 시 6개의 사각형을 하나의 평면으로 맵핑시킨다[6]. 6개의 사각형을 하나의 평면으로 맵핑과정시 다양한 레이아웃이 가능하며, 현재는 3x2 레이아웃이 디폴트로 쓰이고 있다. 구체적으로 3D를 정육면체로 모델링하기에 3D (X, Y, Z) 좌표계에서 2D (u, v) 좌표계로 변환 시 테이블 1과 같은 변환 과정을 거친다. 2D (u, v)좌표계에서 2D (m, n)의 변환은 레졸루션을 고려하여 픽셀 단위로 맵핑된다.

6개의 face를 가지는 2D CMP는 어떻게 레이아웃을 하느냐에 따라서 다양한 구성이 가능하다. 특별히 2D영상이 코덱의 입력영상이라는 것을 고려하여 보았을 때, 크



조건	f	u	v
|X| ≥ |Y| & |X| ≥ |Z| &X 〉0	0	–Z/|X|	–Y/|X|
|X| ≥ |Y| & |X| ≥ |Z| & X 〈 0	1	Z/|X|	–Y/|X|
|Y| ≥ |X| & |Y| ≥ |Z| & Y 〉0	2	X/|Y|	Z/|Y|
|Y| ≥ |X| & |Y| ≥ |Z| & Y 〈 0	3	X/|Y|	–Z/|Y|
|Z| ≥ |X| & |Z| ≥ |X| & Z 〉0	4	X/|Z|	–Y/|Z|
|Z| ≥ |X| & |Z| ≥ |Y| & Z 〈 0	5	–X/|Z|	–Y/|Z|

〈그림 4〉 CMP포맷과 2D로 변환 예시

기 및 주변 face와 유사도는 코딩 성능을 결정하는 큰 요인으로 작용할 수 있다. 현재 JVET에서 사용하는 레이아웃은 3x2 레이아웃이 쓰이고 있다.

3) Equal–area projection format (EAP) & Adjusted Equal–area (AEP)

ERP 포맷과 유사하게 3D를 구로 모델링 하였으며, 3D 영상을 2D영상으로 변환 시 경도를 x축으로 위도를 y축으로 바꾸어 맵핑 시키지만, ERP와는 달리 경도를 y축 맵핑시 uniform 맵핑이 아닌 non–linear 맵핑을 쓴다[7]. 구체적으로 3D에서 2D로 변환시 ERP와 유사한 과정을 거친다. 먼저 (X, Y, Z)을 경도와 위도 좌표계인 (φ, θ)로 변환한다. 다음으로 (φ, θ) 좌표계를 2D 좌표계인 (u, v) 좌표계로 변환한다. 이때 변환 시 경도는 ERP와 동일하게 2 π로 선형적으로 맵핑을 시키지만, 위도 π는 사인 함수를 이용한 비선형적 맵핑을 사용한다. 마지막으로 영상 크기에 따라 (u, v)를 (m, n)으로 맵핑은 ERP와 동일하다. 해당 맵핑을 쓰는 경우에는 ERP에서 단점으로 지적되었던 2D상에서 나타내는 영역의 크기와 3D상의 크기가 다르다는 단점이 극복된다. 2D상에서 나타내는 영역을 크기는 EAP상에서는 동일하다.

$$u = (m+0.5)/W,\ 0 \le m < W,\ \phi = (u - 0.5) * (2*\pi)$$

$$v = (n+0.5)/H,\ 0 \le m < W,\ \theta = \sin^{-1}(1.0 - 2*v)$$

JVET에서는 EAP를 일반화한 AEP가 제안되기도 하였다[7]. EAP와 비교하여 AEP의 다른 점은 3D에서 2D 맵핑과정에서 비선형적 맵핑을 위해 사용되었던 사인 함수를 일반화 한 부분이고, 이를 위해서 파라미터 β 가 제시되었다. EAP는 AEP의 한 특별 케이스이다.

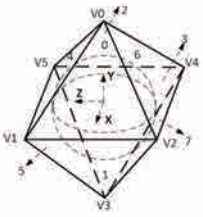
$$u = (m+0.5)/W,\ 0 \le m < W,\ \phi = (u - 0.5) * (2*\pi)$$

$$v = (n+0.5)/H,\ 0 \le m < W,\ \theta = 1/\beta * \sin^{-1}((1.0 - 2*v) * \sin(0.5*\pi*\beta))$$

4) Octahedron projection format (OHP)

3D를 정팔면체로 모델링 하였으며, 3D영상을 2D영상으로 변환 시 8개의 정삼각형을 하나의 평면으로 맵핑시킨다[8]. 3D 상에서 OHP 좌표계의 정의는 다음 테이블과 같다. 해당 테이블을 OHP가 가지는 꼭지점의 위치를 정의해 놓았으며, 8개의 face를 2D상에 올려놓는 과정에서 다양한 레이아웃이 가능하다. 어떻게 레이아웃을 하느냐에 따라서 non–compact OHP와 compact OHP가 존재한다.

3D에서 정의된 꼭지점은 다시 8개의 face로 정의된다.



꼭지점	(X, Y, Z) 상의 좌표Non–compact	(X, Y, Z) 상의 좌표Compact
V0	(0, $2^{0.5}$, 0)	(0, 0, $2^{0.5}$)
V1	(1, 0, 1)	(1, –1, 0)
V2	(1, 0, –1)	(1, 1, 0)
V3	(0, $-2^{0.5}$, 0)	(0, 0, $-2^{0.5}$)
V4	(–1, 0, –1)	(–1, 1, 0)
V5	(–1, 0, 1)	(–1, –1, 0)

〈그림 5〉 OHP포맷과 3D상에서 꼭지점 좌표

Face 번호	Non–compact OHP face 정의	Compact OHP face 정의
0	{V0, V1, V2}	{V0, V1, V2}
1	{V3, V2, V1}	{V3, V2, V1}
2	{V0, V4, V5}	{V0, V4, V5}
3	{V3, V5, V4}	{V3, V5, V4}
4	{V0, V5, V1}	{V1, V0, V5}
5	{V3, V1, V5}	{V1, V5, V3}
6	{V0, V2, V4}	{V2, V4, V0}
7	{V3, V4, V2}	{V2, V3, V4}

〈그림 6〉 OHP레이아웃과 2D face 정의

해당 정의는 non-compact OHP와 compact OHP에 따라 다르게 구성이 되며 구체적인 내용은 〈그림 6〉의 테이블에서 확인 가능하다.

8개의 face는 2D상에서 레이아웃화 되어 사각 모양의 최종 2D 영상이 된다. 〈그림 6〉의 그림은 compact OHP의 예제이며 해당 레이아웃이 현재 OHP용 디폴트 레이아웃으로 사용되고 있다.

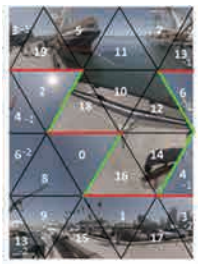
5) Icosahedron projection format (ISP)

3D를 정이십면체로 모델링 하였으며, 3D영상을 2D영상으로 변환 시 20개의 정삼각형을 하나의 평면으로 맵핑시킨다. 3D 상에서 ISP가 좌표계의 정의는 〈그림 7〉의 테이블과 같다. 해당 테이블을 ISP가 가지는 꼭지점의 위치를 정의해 놓았으며, 20개의 face를 2D상에 올려놓는 과정에서 다양한 레이아웃이 가능하다. 어떻게 레이아웃을 하느냐에 따라서 non-compact ISP와 compact ISP가 존재한다.

3D에서 정의된 vertext는 다시 20개의 face로 정의된다. 해당 정의는 non-compact ISP와 compact ISP에 따라 다르게 구성이 되며 구체적인 내용은 〈그림 8〉의 테이블에서 확인 가능하다. 20개의 face는 2D상에서 레이아웃화 되어 사각 모양의 최종 2D 영상이 된다. 〈그림 8〉은 compact ISP의 예제이며 해당 레이아웃이 현재 OHP용 디폴트 레이아웃으로 사용되고 있다.

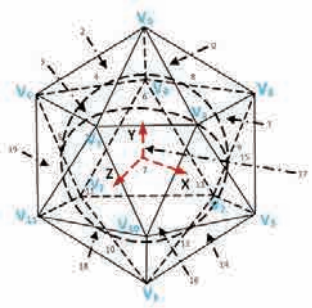
6) Segmented sphere projection format (SSP)

ERP 포맷과 유사하게 3D를 구로 모델링하였으며, 3D영상을 2D영상으로 변환 시 3개의 부분으로 나누어 맵핑시킨다. 위도 −45도부터 +45도까지는 ERP와 동일하게 2D상으로 맵핑시키나, −45도 이하, +45도 이상인 부분



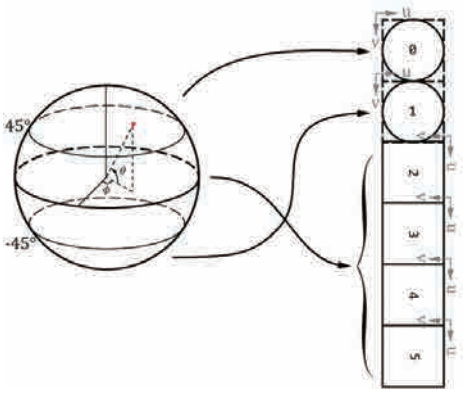
Face 번호	Non-compact ISP face 정의	Compact ISP face 정의
0	{V0, V8, V9}	{V8, V9, V0}
1	{V2, V9, V8}	{V2, V9, V8}
2	{V0, V9, V6}	{V0, V9, V6}
3	{V7, V6, V9}	{V7, V6, V9}
4	{V0, V6, V1}	{V6, V1, V0}
5	{V11, V1, V6}	{V11, V1, V6}
6	{V0, V1, V4}	{V4, V0, V1}
7	{V10, V4, V1}	{V10, V4, V1}
8	{V0, V4, V8}	{V0, V4, V8}
9	{V5, V8, V4}	{V5, V8, V4}
10	{V3, V10, V11}	{V3, V10, V11}
11	{V1, V11, V10}	{V1, V11, V10}
12	{V3, V5, V10}	{V10, V3, V5}
13	{V4, V10, V5}	{V4, V10, V5}
14	{V3, V2, V5}	{V2, V5, V3}
15	{V8, V5, V2}	{V8, V5, V2}
16	{V3, V7, V2}	{V3, V7, V2}
17	{V9, V2, V7}	{V9, V2, V7}
18	{V3, V11, V7}	{V11, V7, V3}
19	{V6, V7, V11}	{V6, V7, V11}

〈그림 8〉 ISP레이아웃과 2D face 정의



꼭지검	(X, Y, Z) 상의 좌표Non-compact	(X, Y, Z) 상의 좌표Compact
V0	(1, c, 0)	(0,1.902, 0)
V1	(−1, c, 0)	(0.526,0.851, 1.618)
V2	(1, −c, 0}	(−0.526, −0.851, −1.618)
V3	(−1, −c, 0)	(0, −1.902, 0)
V4	(0, 1, c)	(1.701, 0.851, 0)
V5	(0, −1, c)	(1.376, −0.851, −1)
V6	(0, 1, −c)	(−1.376, 0.851, 1)
V7	(0, −1, −c)	(−1.701, −0.851, 0)
V8	(c, 0, 1}	(0.526, 0.851, −1.618)
V9	(c, 0, −1)	(−1.376, 0.851, −1)
V10	(−c, 0, 1)	(1.376, −0.851, 1)
V11	(−c, 0, −1)	(−0.526, 0.851, 1.618)
$c = (\sqrt{5}+1)/2$		

〈그림 7〉 ISP 포맷과 레이아웃과 3D상에서 꼭지점 좌표

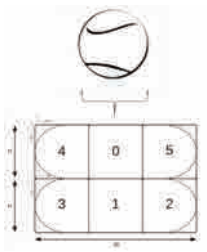


〈그림 9〉 SSP 정의와 2D상의 레이아웃

은 원으로 2D상에 맵핑시킨다[10]. 원으로 2D상에 맵핑시 정사각형 안에 위치하도록 맵핑을 시키는데, 원 밖에 있는 영역의 경우 2D 에서 3D로 변환시 쓰이지 않는 무의미한 영역이므로 0의 픽셀값을 채운다. SSP의 경우 6개의 정사각형 face를 가지는데, 디폴트 레이아웃은 〈그림 9〉과 같다. 최근 JVET회의에서 SSP의 기본인 되는 중간 영역은 ERP가 아닌 EAP를 바꾸어서 사용하는 제안이 채택되기도 하였다[11].

7) Rotated Sphere Projection (RSP)

ERP 포맷과 유사하게 3D를 구로 모델링하였으며, 3D 영상을 2D영상으로 변환 시 6개의 face를 2D상으로 맵핑시킨다[12]. 해당 face 구성은 테니스공을 구성하는 방식과 같이 2개의 face로 구성한다. 3D에서 2D로 바꾸는 방식은 〈그림 11〉와 같다. 먼저 〈그림 4〉와 같이 CMP와 같이 6개의 초기 face를 정의한 뒤, 초기 정의 값이 0



초기 f값	조건	최종 f값
f'=2 or 3	$X > 0$ and $\|(X,Y,Z) - P\| > T$, where $P = (0,1,0)$ if f' = 2 $P = (0,-1,0)$ if f' = 3	f = 0 if $-\frac{\pi}{4} < \phi < \frac{\pi}{4}$ f = 4 if $\phi < -\frac{\pi}{4}$ f = 5 if $\frac{\pi}{4} < \phi$
f'=4 or 5	$X < 0$ and $\|(X,Y,Z) - P\| > T$, where $P = (0,0,1)$ if f' = 4 $P = (0,0,-1)$ if f' = 5	f = 1 if $\theta < 0$ and $\phi' \geq -\frac{\pi}{4}$ or $\theta > 0$ and $\phi' \leq \frac{\pi}{4}$ f = 2 if $\theta > 0$ and $\phi' > \frac{\pi}{4}$ f = 3 if $\theta < 0$ and $\phi' < -\frac{\pi}{4}$

〈그림 10〉 RSP 정의와 2D상의 레이아웃

과 1의 값의 face는 그대로 2D상으로 맵핑시킨다. 초기 face 값이 2, 3, 4, 5번의 값은 〈그림 10〉에 정의 된 조건에 따라 다시 최종 face 값으로 정의 된다.

2, 3, 4, 5번 face의 경우 프로젝션에 참여하는 active 영역과 참여하지 않는 inactive영역을 구분해야 하는데, 현재 JVET에서 스터디 되고 있는 RSP의 포맷은 16x16 샘플을 기준으로 분할이 이루어진다.

8) 그 외의 프로젝션

위에서 언급된 외에 Truncated Square Pyramid (TSP)[13], Adjusted cubemap projection (ACP)[14], Equi-Angular Cubemap projection (EAC)[15] 등이 360Lib에서 지원한다. 대부분 CMP에서 파생된 프로젝션 방법들이다.

2.3. 평가방법

비디오 코딩에서는 전통적으로 Peak signal-to-noise ratio (PSNR)방식을 객관적 화질 평가 방식으로 사용하였다. 360도 영상의 경우 프로젝션을 고려한 수정된 PSNR 평가방법이 쓰이고 있으며, 객관적 화질 평가를 위해 프로세싱상에서 비교평가를 하기 위한 체인 상의 위치와 2D 이미지 상에서 중요도를 고려하는 방식으로 나누어 평가를 하고 있다. 〈그림 1〉의 JVET에서 정한 360도 영상 기본 프로세싱 체인에서 각 평가 위치를 확인할 수 있다.

JVET에서 평가방식을 다양하게 고려하는 이유는 다음과 같다. 먼저 전통적인 2D영상에서 사용하는 평가방식을 적용할 수 없는 신유형의 영상이기 때문이다. 2D영상을 위한 평가 방식은 많이 나와있으며 어느 정도 검증 절차도 마련되어 있지만, 360도 영상을 위한 표준 평가 방식은 현재 마련되어 있지 않다. 영상 평가 방식이 표준 제정에 쓰이는 기술을 선정하는 잣대라고 생각하여 보았을 때, 그룹에서 합의한 영상 평가 방식 마련은 굉장히 중요한 일이며 표준 시작 전 스터디 단계에서 반드시 제정되어야 할 부분이다.

먼저 JVET에서는 프로세스 체인상 어떤 위치에서 평가하느냐에 따라 3가지 방식이 존재한다.

1) End-to-end 화질 열화 평가

입력영상인 8K ERP 포맷 이미지와 프로세싱체인 마지막 단계인 복원 8K ERP 포맷 이미지 사이의 PSNR을 측정하는 방식이다. End-to-end 화질 열화 평가방법을 사용하여 화질을 평가할 경우, 다운/업 샘플링에 따른 화질 변화, 프로젝션 변환에 따른 화질 변화, 인/디코딩에 따른 화질 변화를 모두 포함하는 화질 평가가 가능하나, 각각의 개별적 성능은 측정하기 힘들다.

2) Cross-format 화질 열화 평가

입력영상인 8K ERP 포맷 이미지와 프로세싱체인 중 인/디코딩 직후 화질의 변화량을 측정하는 방식이다. 인/디코딩 이후 사용자가 사용하는 렌더러 입력영상 위치가 바로 인/디코딩 직후이기 때문에 해당 포맷의 사용이 고려되었다. 또한, 만약 인/디코딩에서 lossless 방식을 사용 할 경우, 해당 평가 방식은 오직 프로젝션 포맷팅 변화에 따른 화질 변화를 측정할 수 있기에, 프로젝션 포맷팅이 화질에 미치는 영향을 평가하기 위해서 사용한다.

3) Coding 화질 열화 평가

해당 화질 평가 방식은 전통적으로 쓰였던 인/디코딩 전-후단에서 화질을 평가하였던 방식과 동일하다. 프로젝션 방식에 상관 없이 오직 인/디코딩 변화에 따른 화질 변화를 측정한다.

두 번째로 포맷 변환과정을 고려한 4가지 평가 방식이 존재한다. 각 포맷이 변환과정에서 어떠한 영향을 받느냐에 따라 화질평가는 매우 달라질 수 있기 때문에, 포맷에 영향을 받지 않은 일반화된 매트릭이 JVET에서는 스터디 되었다.

1) PSNR

프레세싱 결과로 나온 영상이 원본과 얼마나 유사한지 측정하기 위해서 쓰이는 화질 평가 방식이다. 전통적인 비디오코딩에서 쓰는 객관적 화질 평가 방식이다. 원본 영상과 디코딩 영상과의 평균오차를 고려한 평가방식이다.

2) Spherically uniform PSNR (WS-PSNR)

기본적으로 PSNR 방식과 유사하다. 하지만, PSNR과 달리 2D상으로 맵핑된 3D상에 있는 샘플의 의미를 해석하여 각 샘플에 가중치를 주는 방식으로 계산된다. 3D에서 2D로 프로젝션시 영사의 왜곡이 발생한다. 만약 해당 왜곡을 포함한 객관적 화질 평가가 이루어진다면, 코덱 성능을 정확히 파악하기 힘들다. 예를 들어 ERP포맷에서 폴부분과 적도 부분을 동일하게 화질 평가를 한다면 해당 평가 수치는 심하게 왜곡된 정보에 기반한 평가 수치가 될 것이다. 이를 극복하고자 JVET에서는 2D 프로젝션 평가시 포맷이 가지는 왜곡의 정도에 따라서 가중치를 달리 주는 방식의 PSNR를 제시하였다.

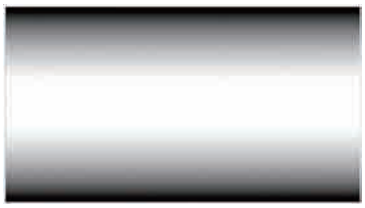
그림은 ERP포맷을 위한 WS-PSNR평가 방식의 예시이다[16]. (m, n) 도메인에서 가중치 w(i, j)는 다음과 같이 계산된다. 〈그림 11〉은 ERP포맷에서 아래 수식으로 계산된 가중치를 그림으로 도식한 것이다. 밝은 색을 가지것은 가중치가 크다는 의미이며, 어두운 영역은 가중치가 작음을 의미한다.

3) Spherical PSNR (S-PSNR)

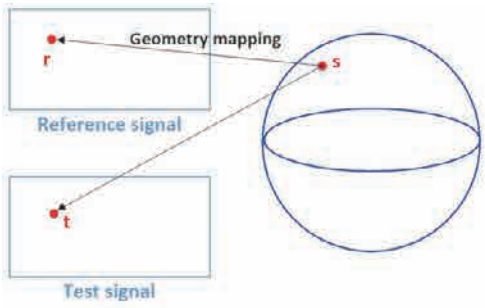
3D상에 있는 위치를 2D상으로 맵핑하여 원본 영상과 프로세싱 처리 영상의 PSNR을 측정하는 방식이다. 3D상에서의 모델링 방식으로 측정되기에 프로젝션 방식과 상관없이 PSNR 측정이 가능하다.

해당 객관 화질 평가 방신은 JVET 스터디 기간에 제안되었던 것으로, 두 개의 다른 프로젝션 포맷의 경우 객관적 화질 평가가 불가능 하였던 단점을 극복하였다. 먼저 3D상의 특정 위치에 맵핑하여 3D상에서 동일 위치를 파한 뒤, 전통적인 MSE기반의 PSNR을 측정하는 방식

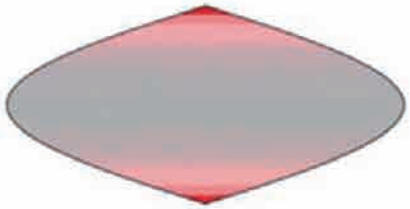
$$w(i,j)_{ERP} = cos\ \frac{(j + 0.5 - N/2)\pi}{N}$$



〈그림 11〉 ERP포맷에서 가중치



〈그림 12〉 S-PSNR의 계산과정



〈그림 13〉 CPP-PSNR을 위한 Craster parabolic 프로젝션

이다[17]. 특정프로젝션 포맷에 구애 받을 필요가 없기에 360도 영상의 화질을 평가하는 데에 좋은 매트릭이다.

4) Crasters Parabolic Projection (CPP-PSNR)

2D 영상을 Craster parabolic 프로젝션으로 바꾼 뒤 PSNR을 측정하는 방식이다[18]. Craster parabolic 프로젝션으로 변환을 시키는 이유는 앞서 소개한 WS-PSNR, S-PSNR과 동일하다. 각 포맷이 가지는 왜곡현상을 제거하고 의미있는 객관적 수치를 확보하기 위해서 정량화된 이미지 위에서 PSNR를 측정하는 것이다. 구체적으로 2D이미지를 Craster parabolic 2D영상로 변환한 뒤 PSNR를 측정힌다. 해당 Craster parabolic 2D영상은 의미상의 가치가 각 샘플에서 동일하기 때문에 왜곡현상이 객관적 수치에 반영 되는 부분이 적게 된다.

2.4. FVC 남은 일정

MPEG에서 표준 절차 중 Call for Evidence는 새로운 표준 시작을 위해서 성숙된 기술이 얼마나 존재하는지 확인을 하는 단계이다. CfE 결과에 따라서 기술 표준을 시작할 것인지 여부가 결정된다.

토리노에서 열린 6차 JVET미팅에서는 Future Video coding과 관련된 CfE 결과가 나왔다. SDR, HDR, 360도 영상 이렇게 3가지 항목으로 CfE를 응답을 받았으며, 360도 영상의 경우 3개의 기관에서 관련 기술을 제출하였다. 각 기관에서 제출한 기술은 각자가 개발한 프로젝션 포맷에 코어 코덱을 적용하였으며, 제출된 문서에 따르면, 객관적 성능이 모두 우수한 것으로 나타났다[19].

CfE 응답을 평가 하기 위해 토리노 미팅에서는 전문가로 구성된 평가단이 주관적 화질 평가를 진행하였다. 평가단은 Anchor (현재 기술)인 ERP 프로젝션 기반 HEVC 코덱과 비교하여 제출된 기술이 동일 비트레이트에서 얼마나 좋은 성능을 나타내는지 점수를 매겼다. 1(원본과 다름)-5(원본과 동일) 사이의 점수를 매겨 각 응답 기술이 주관적 성능향상을 확인하였는데, 평균적으로 동일화질이라 간주되는 구간에 Anchor에 비해 절반의 비트레이트이 확인되었다. 다시 말해 동일 화질을 나타내기 위해서 응답한 기술은 2배의 압축 성능을 나타내는 것이 증명되었다.

현재 새로운 코덱의 목표가 2배 압축 성능 향상 (50% 비트레이트 감소)인 것을 고려하여 보았을 때, 시장에서 기술 성숙도는 이미 충분한 것으로 판단되었다. 따라서, 이제 JVET에서는 새로운 표준을 시작하기로 정하고 남은 절차를 밟아 나가기로 결정하고 2017년 10월 8차 JVET미팅에서 FVC를 위한 CfP문서를 발간하였다[20].

CfP 응답은 SDR, HDR, 360도 영상으로 나누어 할 수 있으며, 360도 영상의 경우 SDR과 달리 포맷팅 변환 및 패딩을 위한 전-후 처리가 허용이 된다.

현재까지 JVET에서 스터디된 360도 영상을 위한 코

〈표 2〉 표준화 진행 일정

일정	내용
2017-11-01	공식적 CfP 응답 등록 시작
2017-11-15	Anchor 비트스트림 제공
2017-12-15	공식적 CfP 응답 등록 완료
2017-02-15	CfP 응답 자료 제공 완료
2017-03-01	주관적 평가 시작
2018-04-02	CfP 응답 문서 등록
2018-04-10	주관적 평가 크로스체크 및 평가 결과 공개
Apr-18	테스트 모델 선정 시작
Oct-18	테스트 모델 선정 완료
Oct-20	표준 완료

덱 기술을 확인하여 보면, CfP때 응답하는 기술들은 특정 포맷기반 코어 코덱이 될 것으로 예상된다. 코어 코덱은 SDR용으로 쓰인 코덱이 될 것이라 예상이 되며, 360도 영상을 위한 툴 제안은 제한적이 될 것이라 판단된다. 따라서 향후 360도 영상을 위한 표준 진행은 전-후 처리를 위한 포맷 변환, 그리고 이와 관련된 신택스 정의가 될 가능성이 클 것으로 예상되며, 향후 표준을 위해서는 해당 이슈를 눈 여겨 보아야 할 것이다.

Ⅲ. 마무리

2K, 4K 영상의 등장은 소비자에게 고화질 영상을 일상생활에서 즐길 수 있게 하였다. 그러나 소비자는 이제 고화질 영상을 넘어 현장감 있는 영상을 느끼길 원한다. 이에 발맞추어 새롭게 등장한 360도 영상 기술은 소비자에게 생동감 넘치는 실감성을 제공하는 기술로 빠르게 성장하고 있으며, 시장 또한 급격하게 확대되고 있다. 그러나 360동 공간을 표현하기 위해 소요되는 데이터의 용량은 막대하며, 실시간 서비스를 하기에 현재 코덱은 성능이 충분하지 않은 수준이다. 현재 새롭게 진행하는 360도 영상을 위한 표준이, 시장에서 요구하고 있는 저장공간 및 전송대역폭의 문제를 해결할 수 있을지 지속적으로 지켜봐야 할 것이다.

참고문헌

[1] B. Bross, W.-J. Han, J.-R. Ohm, G. J. Sullivan, Y.-K. Wang, T. Wiegand, "High Efficiency Video Coding (HEVC) text specification draft 10 (for FDIS & Consent)", JCTVC-L1003, Geneva, CH, Jan. 2013

[2] A/341:2017, "VIDEO - HEVC," WITH AMENDMENTS NO. 1, May 2017

[3] "Requirements for a Future Video Coding Standard v5", ISO/IEC JTC1/SC29/WG11/N17074, Torino, IT, July 2017.

[4] 최기호, "360도 영상 압축을 위한 차세대 코덱 표준 동향", SEP Inside 15호, 2017년 9월

[5] Smolic, Aljoscha, and David McCutchen. "3DAV exploration of video-based rendering technology in MPEG." IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology 14.3 (2004): 348-356.

[6] Corbillon, Xavier, et al. "Viewport-adaptive navigable 360-degree video delivery." Communications (ICC), 2017 IEEE International Conference on. IEEE, 2017.

[7] M. Zhou, "AHG8: A study on quality impact of line re-sampling rate in EAP", JVET-G0051, Torino, IT, July 2017

[8] H.-C. Lin, C.-Y. Li, J.-L. Lin, S.-K. Chang, C.-C. Ju, "AHG8: An efficient compact layout for octahedron format", JVET-D0142, Chengdu, CN, Oct. 2016

[9] V. Zakharchenko, E. Alshina, K. P. Choi, A. Singh, A. Dsouza, "AhG8: Icosahedral projection for 360-degree video content", JVET-D0028, Chengdu, CN, Oct. 2016

[10] C. Zhang, Y. Lu, J. Li, Z. Wen, "AhG8: segmented sphere projection (SSP) for 360-degree video content", JVET-D0030, Chengdu, CN, Oct. 2016

[11] Y.-H. Lee, J.-L. Lin, S.-K. Chang, C.-C. Ju, "AHG8: EAP-based segmented sphere projection with padding", JVET-F0052, Hobart, AU, 31 Mar. 2017

[12] Adeel Abbas, David Newman, "AHG8: Rotated Sphere Projection for 360 Video", JVET-F0036, Hobart, AU, 31 Mar. 2017

[13] G. Van der Auwera, M. Coban, Hendry, M. Karczewicz, "AHG8: Truncated Square Pyramid Projection (TSP) For 360 Video", JVET-D0071, Chengdu, CN, Oct. 2016

[14] M. Coban, G. Van der Auwera, M. Karczewicz, "AHG8: Reference picture extension of ACP format 360-degree video", JVET-G0058, Torino, IT, July 2017

[15] M. Zhou, "AHG8: A study on Equi-Angular Cubemap projection (EAC)", JVET-G0056, Torino, IT, July 2017

[16] Y. Sun, A. Lu, L. Yu, "AHG8: WS-PSNR for 360 video objective quality evaluation", JVET-D0040, Chengdu, CN, Oct. 2016

[17] B. Vishwanath, Y. He, Y. Ye, "AHG8: Area Weighted Spherical PSNR for 360 video quality evaluation," JVET-D0072, Chengdu, CN, Oct. 2016

[18] V. Zakharchenko, E. Alshina, A. Singh, A. Dsouza, "AhG8:

Suggested testing procedure for 360-degree video", JVET-D0027, Chengdu, CN, Oct. 2016

[19] M. Wien, V. Baroncini, P. Hanhart, J. Boyce, A. Segall, "Results of the Call for Evidence on Video Compression with Capability beyond HEVC", JVET-G1004, Torino, IT, July 2017

[20] A. Segall, V. Baroncini, J. Boyce, J. Chen, T. Suzuki, "Joint Call for Proposals on Video Compression with Capability beyond HEVC", JVET-H1002, Macao, CN, Oct. 2017

최기호

- 2012년 8월 한양대학교 일반대학원 전자컴퓨터통신공학 박사졸업
- 2008년 2월 한양대학교 정보통신대학 미디어통신공학과 졸업 (Summa Cum Laude)
- 2012년 9월~2014년 2월 한양대학교 Post Doc.
- 2014년 3월~현재 삼성전자 Samsung Research 책임연구원
- 2013년 4월~2014년 2월 ISO/IEC SC29 WG11 MPEG Internet Video Coding Adhog그룹 의장
- 2015년 10월~현재 JVET Fast Encoding Coding Adhog그룹 / JVET 360Lib SW 그룹 Adhog그룹 의장

〈관심분야〉
Future Video Coding

ICEIC 2018 하와이 참석기

변 하 영
이화여자대학교
전자전기공학과

지난 1월 24일~27일, 하와이 쉐라톤 와이키키 호텔에서 전자, 정보, 통신 분야의 국제학술대회인 ICEIC (International Conference on Electronics, Information, and Communication) 2018이 열렸다. SK하이닉스의 오종훈 전무님을 비롯하여 일본 도호쿠 대학의 아다치 교수님, 하와이 대학의 Host-Madson 교수님의 Plenary Talk이 있었으며, 다양한 주제의 튜토리얼들이 준비되어 매우 유익한 시간을 가질 수 있었다.

본 학술대회에서는 400편이 넘는 다양한 주제의 논문들이 발표되었다. 하와이의 와이키키라는 특수한 지역에서 열린 학술대회인 만큼 분위기가 자유로웠고, 발표자와 참석자들 간의 질문이나 소통 역시 편안한 분위기 속에서 진행되었다.

필자는 지도교수이면서 대한전자공학회 부회장으로 일하고 계신 이화여대 임혜숙 교수님과 Network Algorithm and Architecture 연구실의 박사 후 연구원, 박사과정 학생들과 함께 본 학술대회에 참석하여, Functional Bloom Filter, Better than Hash Tables 라는 주제로 논문 발표를 하였는데, 해외의 많은 참석자들이 관심을 가지고 다가와 열띤 토론의 시간을 가졌다. 이전에도 여러 학회에 참석하여 발표를 해보았지만 이번 학회는 깊이 있는 학문적 만남과 하와이 전통 문화교류를 동시에 체험하는 인상적인 시간이었다.

학회의 coffee break 때에는 세계 3대 커피 중 하나인 하와이 코나 커피를 마시면서 학회에서 소개된 여러 논문의 발표자들과 서로가 관심 있는 분야에 대한 도전과 열정을 나누는 유익한 시간을 가졌다. 또한 점심식사 후 여유시간에는 와이키키 해변을 따라 거닐면서 바다에서 불어오는 시원한 바람을 느끼며 휴식을 취할 수 있었다.

Banquet 에서는 IEIE President, IEEE Consumer Electronics Society President의 특별한 연설 외에도, 하와이만의 풍성한 볼거리

Plenary Talk

Poster Session

Network Algorithm and Architecture Lab.

Waikiki beach

Welcome speech at the banquet

Performance at the banquet

들이 준비되어 있었다. 음악, 훌라댄스 등의 공연을 관람하고 음식을 나누며 함께 앉은 학회 참석자들과 즐거운 시간을 보냈다.

이번 ICEIC 2018은 논문 발표만을 위한 격식을 차린 학술대회가 아닌, 다른 연구자들과 자유롭고 즐겁게 소통할 수 있는 시간이었으며, 아름다운 자연과 함께 연구자들에게 재충전의 시간을 만들어 주고, 새로운 연구를 향한 발돋움을 할 수 있는 활력을 불어넣어 준 의미 있는 기회였다고 생각한다.

THE INSTITUTE OF
ELECTRONICS AND
INFORMATION ENGINEERS

논문지 논문목차

전자공학회 논문지 제 55권 2호 발행

통신 분야

[통신]

• OFDM 통신 시스템에서 폐 루프 위상잡음에 의한 부반송파 간 간섭에 대한 영향 분석여기
구지훈, 윤하영

• 항공기내 무선통신망 구현을 위한 협력통신 기반의 성능분석
김승환, 이재민, 김동성

• 전이중 다중 유저 무선 에너지 전송 시스템에서 기지국의 소모 에너지 최소화 기법
나현종, 이충용

• 하향링크 다중 사용자 전송 거대 다중 안테나 시스템에서 근사된 블록 대각화 기반 공간 변조 기법을 위한 적응형 간섭 제어 기법
박상원, 이충용

• 이온선택성 전극을 활용한 모바일 수질 모니터링 시스템
백승준, 성찬영, 최상호, 박연수, 김민수

[스위칭 및 라우팅]

• Bufferbloat 경로를 가지는 MPTCP의 성능 향상을 위한 수신 버퍼 HoL 패킷 재전송 알고리즘 설계
정일형, 이재용, 김병철

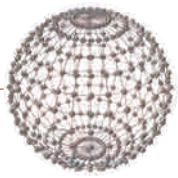
[마이크로파 및 전파]

• 상보형 분할링 공진기를 이용한 이차 고조파 차단 기능을 갖는 윌킨슨 전력분배기 설계
김종성

컴퓨터 분야

[인공지능, 신경상 및 퍼지시스템]

• 개인적 지식기반의 계층적 학습–추론 시스템의 설계
심정연



신호처리 분야

[영상 신호처리]

• 고감도 컬러 영상 획득을 위한 W 채널을 포함하는 컬러 필터 배열에서의 확산 알고리즘 기반 색 보간 방법
오바울, 이석호, 김한솔, 강문기

[음향 및 신호처리]

• 열전대열 적외선 센서를 적용한 인체 감지 거리 확장 모듈 설계
강건일, 남상원

시스템 및 제어 분야

[제어계측]

• 사각관로 초음파 유량계에 관한 연구
박덕우, 김규식

[의용전자 및 생체공학]

• 비접촉식 생체 레이더를 위한 짧은 윈도우와 낮은 SNR기반의 초정밀도 주파수 추정에 대한 연구
김상동, 이균경

[국방정보 및 제어]

• 전기식 2-축 대부하 플랫폼의 구동장치 설계에 관한 연구
최병창, 김종환

• 포발사 탄약에 적합한 비례항법 유도법칙 연구
신승제, 김환우

산업전자 분야

[신호처리 및 시스템]

• OpenWRT를 이용한 전기사용 관리 시스템 설계
윤진섭, 정경권, 채연식

박사학위 논문초록

이 근
LI GEN

학위논문 제목	국문 : Local Micro-structure Tetra Pattern 특징을 이용한 장문인식		
	영문 : A Palmprint-based Person Authentication using Local Micro-structure Tetra Pattern		
학위취득	연세대학교	취득년월	2017년 2월
지도교수	김 재 희		
KEY WORD	Biometrics, feature extraction, local descriptor, palmprint recognition, subspace learning, Local Tetra Pattern, dimension reduction		

〈논문 요약〉

Human palmprint-based biometric solutions have been studied extensively in both controlled and uncontrolled environments. However, majority of existing methods do not reliably handle variations of translation, rotation and blurriness of one's palm within the range of acceptable tolerance, which largely degrades performance. Therefore, this dissertation presents a unique local micro-structure descriptor called Local Micro-structure Tetra Pattern (LMTrP) and its application to palmprint recognition. The proposed descriptor takes advantage of local descriptors' direction as well as thickness through some modifications of traditional Local Tetra Pattern (LTrP). In this dissertation, the palmprint image is first filtered with line-shaped filters to effectively eliminate unnecessary features. Then, local region histograms of LMTrP are extracted and concatenated into one feature vector to represent the given image. Finally, the kernel linear discriminant analysis is applied on the feature vector for dimension reduction. As a result, the proposed methods provide the feature vector which is highly compact, discriminative, and less sensitive to slight misalignment. In addition, the proposed methods are more stable than other related methods when dealing with different levels of the rotation, translation and blurriness. To evaluate the performance of our proposed methods, the experimental results indicate that the proposed methods significantly outperform the state-of-the-art methods without the need to align the palmprint images.

정보교차로

국 • 내외에서 개최되는 각종 학술대회/전시회를 소개합니다.
게재를 희망하시는 분은 간략한 학술대회 정보를 이메일로 보내주시면 게재하겠습니다.
연락처: edit@theieie.org

〉〉 2018년 3월

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
03. 01.-03. 03.	2018 International Conference on Current Trends towards Converging Technologies (ICCTCT)	SVS College of Engineering, Coimbatore, India	www.icctct.com
03. 03.-03. 10.	2018 IEEE Aerospace Conference	Yellowstone Conference Center, MT, USA	www.aeroconf.org
03. 03.-03. 04.	2018 International Conference on Computing, Mathematics and Engineering Technologies (iCoMET)	Sukkur IBA University, Sukkur, Pakistan	icomet.iba-suk.edu.pk
03. 04.-03. 08.	2018 IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC)	henry B. Gonzalez Convention Center, TX, USA	www.apec-conf.org/
03. 04.-03. 07.	2018 IEEE 15th International Conference on Wearable and Implantable Body Sensor Networks (BSN)	Treasure Island, Las Vegas, NV, USA	bsn-bhi.embs.org/2018
03. 05.-03. 08.	2018 International Conference on Computing, Networking and Communications (ICNC)	Hyatt Regency Maui Resort & Spa, Hawaii, USA	www.conf-icnc.org/2018
03. 05.-03. 07.	2018 IEEE EMBS International Conference on Biomedical & Health Informatics (BHI)	Treasure Island, Las Vegas, NV, USA	bsn-bhi.embs.org/2018/
03. 05.-03. 08.	2018 13th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI)	McCormick Place, Chicago, IL, USA	humanrobotinteraction.org/2018/
03. 05.-03. 07.	2018 International Workshop on Antenna Technology (iWAT)	Jinling Hotel Nanjing, Nanjing, China	www.em-conf.com/iwat2018/
03. 07.-03. 09.	2018 International Electrical Engineering Congress (iEECON)	Maritime Park & Spa Resort, Krabi, Thailand	www.ieecon.org/ieecon2018/index
03. 09.-03. 11.	2018 SICE International Symposium on Control Systems (SICE ISCS)	Tokyo City University, Setagaya Campus, Tokyo, Japan	iscs2018.sice-ctrl.jp/
03. 09.-03. 12.	2018 IEEE 3rd International Conference on Big Data Analysis (ICBDA)	Convenient Center East China University of Science and Technology, Shanghai, China	www.icbda.org/
03. 09.-03. 10.	2018 National Power Engineering Conference (NPEC)	Thiagarajar College of Engineering, Madurai, India	npec.tce.edu
03. 11.-03. 15.	2018 IEEE International Reliability Physics Symposium (IRPS)	Hyatt Regency San Francisco Airport, Burlingame, CA, USA	irps.org
03. 11.-03. 17.	2018 IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV)	Harrah's and Harvey's Lake Tahoe, NV, USA	wacv18.uccs.us
03. 11.-03. 12.	2018 IEEMA Engineer Infinite Conference (eTechNxT)	India Exposition Mart Ltd, Greater Noida, India	ieema.org/the-all-new-elecrama-2018/
03. 11.-03. 13.	2018 World Utility Summit (WUS)	INDIA EXPO MART, GREATER NOIDA, India	www.worldutilitysummit.org
03. 11.-03. 11.	2018 IEEE Integrated STEM Education Conference (ISEC)	Friend Center, Princeton, NJ, USA	ewh.ieee.org/conf/stem/
03. 11.-03. 15.	2018 Optical Fiber Communications Conference and Exhibition (OFC)	San Diego Convention Center, CA, USA	www.ofcconference.org/en-us/home
03. 12.-03. 14.	2018 IEEE Electrical Safety, Technical, Maintenance and Projects Workshop (ESTMP)	Hyatt Regency Calgary, Calgary, AB, Canada	sites.ieee.org/estmp/
03. 12.-03. 15.	2018 14th International Conference on Developments in Power System Protection (DPSP)	Europa Hotel, Belfast, United Kingdom	events.theiet.org/dpsp/index.cfm?origin=ieee

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
03. 12.-03. 14.	2018 German Microwave Conference (GeMiC)	Konzerthaus Freiburg, Freiburg, Germany	www.gemic2018.de
03. 13.-03. 16.	2018 IEEE 2nd Electron Devices Technology and Manufacturing Conference (EDTM)	Kobe International Conference Center, Kobe, Japan	ewh.ieee.org/conf/edtm/2018/index
03. 13.-03. 14.	2018 19th International Symposium on Quality Electronic Design (ISQED)	Santa Clara Convention Center, CA, USA	www.isqed.org
03. 14.-03. 16.	2018 5th International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom)	BVICAM, New Delhi, India	bvicam.ac.in/indiacom/
03. 14.-03. 16.	2018 Moscow Workshop on Electronic and Networking Technologies (MWENT)	Ilya Ivanov, Moscow, Russia	mwent.hse.ru/en/
03. 15.-03. 17.	2018 4th International Conference on Recent Advances in Information Technology (RAIT)	INDIAN INSTITUTE OF TECHNOLOGY (INDIAN SCHOOL OF MINES) DHANBAD, India	www.rait.co.in/rait2018.php
03. 17.-03. 18.	2018 4th International Conference on Devices, Circuits and Systems (ICDCS)	Karunya University, Coimbatore, India	karunya.edu/ece/icdcs18/index.html
03. 18.-03. 22.	2018 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)	TBD, Reutlingen, Germany	ieeevr.org
03. 19.-03. 23.	2018 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops (PerCom Workshops)	Divani Caravel Hotel, Athens, Greece	www.percom.org
03. 19.-03. 20.	2018 Majan International Conference (MIC)	Majan University College, Muscat, Oman	mic18.majancollege.edu.om/
03. 19.-03. 23.	2018 IEEE IAS Electrical Safety Workshop (ESW)	Omni Fort Worth Hotel, TX, USA	www.ewh.ieee.org/cmte/ias-esw/
03. 20.-03. 22.	2018 International Conference on Recent Trends in Electrical, Control and Communication (RTECC)	B.S.ABDUR RAHMAN CRESCENT UNIVERSITY, CHENNAI, India	www.rtecc.in
03. 20.-03. 22.	2018 9th International Renewable Energy Congress (IREC)	Averoes Hotel, Hammamet, Tunisia	www.irec-conference.com
03. 21.-03. 23.	2018 52nd Annual Conference on Information Sciences and Systems (CISS)	Princeton University, NJ, USA	ee-ciss.princeton.edu/
03. 21.-03. 22.	2018 International Conference on Informatics Computing in Engineering Systems (ICICES)	S.A.Engineeering College, Chennai, India	www.saec.ac.in
03. 22.-03. 23.	2018 Ubiquitous Positioning, Indoor Navigation and Location-Based Services (UPINLBS)	Wuhan University, China	unsc.whu.edu.cn/upinlbs
03. 22.-03. 25.	2018 6th International Symposium on Digital Forensic and Security (ISDFS)	TBD, Antalya, Turkey	www.isdfs.org
03. 22.-03. 24.	2018 International Conference on Wireless Communications, Signal Processing and Networking (WiSPNET)	Sri Sivasubramaniya Nadar College of Engineering, Chennai, India	www.wispnet2018.org/
03. 23.-03. 24.	2018 International Conference on Control, Power, Communication and Computing Technologies (ICCPCCT)	Vimal Jyothi Engineering College, Kannur,Kerala State, India	www.iccpcct.com/
03. 24.-03. 29.	2018 International Applied Computational Electromagnetics Society Symposium (ACES)	Embassy Suites by Hilton, Denver, CO, USA	aces-society.org/conference/Denver_2018/
03. 25.-03. 28.	2018 IEEE Haptics Symposium (HAPTICS)	The Westin St. Francis, San Francisco, CA, USA	www.hapticssymposium.org
03. 28.-03. 29.	2018 International conference on computation of power, energy, Information and Communication (ICCPEIC)	Digital Library Conference Hall, Melamruvathur, chennai, India	iccpeic.weebly.com/
03. 29.-03. 31.	2018 5th International Conference on Developments in Renewable Energy Technology (ICDRET)	Kathmandu Unviersity, Nepal	ku.edu.np/icdret2018/
03. 29.-03. 31.	2018 Second International conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology (ICECA)	RVS Technical Campus, Coimbatore, India	icoeca.org/index.html

〉〉 2018년 4월

04. 02.-04. 04.	2018 International Conference on Intelligent Systems and Computer Vision (ISCV)	Faculty Of science Dhar El Mahraz, Fez, Morocco	www.iscv.ma/2018
04. 03.-04. 05.	2018 International Conference on Communication and Signal Processing (ICCSP)	Digital Library Conference Hall, Chennai, India	www.iccsp-apec.com/
04. 03.-04. 05.	2018 9th International Conference on Information and Communication Systems (ICICS)	Jordan University of Science and Technology, Irbid, Jordan	www.just.edu.jo/icics2018

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
04. 04.-04. 06.	2018 IEEE Green Technologies Conference (GreenTech)	AT&T Executive Education and Conference Center, Austin, TX, USA	ieeegreentech.org/
04. 04.-04. 06.	2018 3rd Biennial South African Biomedical Engineering Conference (SAIBMEC)	Spier, Stellenbosch, South Africa	www.sabec2018.com
04. 04.-04. 07.	2018 IEEE 15th International Symposium on Biomedical Imaging (ISBI 2018)	Omni Shoreham Hotel, Washington DC, USA	http://biomedicalimaging.org/2018/
04. 05.-04. 06.	2018 Future of Information and Communication Conference (FICC)	TBA, Singapore	saiconference.com/FICC2018
04. 05.-04. 06.	2018 IEEE Technological Innovations in ICT for Agriculture and Rural Development (TIAR)	EASWARI ENGINEERING COLLEGE, Chennai, India	www.ieeetiar.com/
04. 06.-04. 08.	2018 IEEE Region 2 Student Activities Conference (SAC)	Pittsburgh, PA, USA	www.pitt.edu/~ssoeieee
04. 06.-04. 07.	2018 3rd International Conference for Convergence in Technology (I2CT)	Hotel Courtyard by Marriott, India	ieeepune.i2ct.in/
04. 08.-04. 11.	2018 IEEE Custom Integrated Circuits Conference (CICC)	DoubleTree Mission Valley, CA, USA	www.ieee-cicc.org
04. 08.-04. 10.	2018 1st International Conference on Data Intelligence and Security (ICDIS)	Hilton at South Padre Island, TX, USA	www.icdis.org/
04. 09.-04. 13.	2018 European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP)	ExCel London ICC Capital Suite and Hall, London, United Kingdom	www.EuCAP2018.org
04. 09.-04. 13.	2018 IEEE International Conference on Software Testing, Verification and Validation (ICST)	Aros Congress Centre, Västerås, Sweden	www.es.mdh.se/icst2018/
04. 09.-04. 12.	2018 2nd International Conference on Applied Electromagnetic Technology (AEMT)	Golden Palace Hotel Lombok, Mataram, Indonesia	aemt.unram.ac.id
04. 10.-04. 13.	2018 IEEE Pacific Visualization Symposium (PacificVis)	Kobe University, Kobe, Japan	itolab.is.ocha.ac.jp/pvis2018/#
04. 10.-04. 12.	2018 Integrated Communications, Navigation, Surveillance Conference (ICNS)	Westin Washington Dulles Hotel, VA, USA	www.i-cns.org
04. 12.-04. 13.	2018 International Conference on Photonics and High Speed Optical Networks (ICPHON)	S A Engineering College, Chennai, India	saec.ac.in/icphon2018
04. 14.-04. 28.	2018 IEEE International Conference on Soft Robotics (RoboSoft)	Hotel Palazzo, Livorno, Italy	www.softrobotics.org/conferences/
04. 15.-04. 20.	ICASSP 2018 - 2018 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)	TELUS Convention Center, AB, Canada	2018.ieeeicassp.org
04. 15.-04. 18.	2018 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC)	Centre Convencions Internacional Barcelona, Barcelona, Spain	wcnc2018.ieee-wcnc.org/
04. 15.-04. 17.	2018 IEEE MTT-S International Conference on Microwaves for Intelligent Mobility (ICMIM)	Holiday Inn Munich-Unterhaching, Germany	www.icmim-ieee.org
04. 15.-04. 18.	2018 IEEE International Conference on Applied Superconductivity and Electromagnetic Devices (ASEMD)	Conference Center, Wuhan, China	www.asemd2018.org
04. 16.-04. 19.	2018 IEEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exposition (T&D)	Colorado Convention Center, CO, USA	www.ieeet-d.org
04. 16.-04. 19.	IEEE INFOCOM 2018 - IEEE Conference on Computer Communications	Hilton Hawaiian Village Waikiki Beach Resort, HI, USA	infocom2018.ieee-infocom.org/
04. 16.-04. 19.	2018 International Symposium on VLSI Design, Automation and Test (VLSI-DAT)	Ambassador Hotel Hsinchu, Hsinchu, Taiwan	expo.itri.org.tw/2018vlsidat
04. 16.-04. 20.	2018 IEEE 34th International Conference on Data Engineering (ICDE)	Conservatoire National des Arts et Métiers, France	icde2018.org
04. 16.-04. 19.	2018 International Symposium on VLSI Technology, Systems and Application (VLSI-TSA)	Ambassador Hotel Hsinchu, Taiwan	expo.itri.org.tw/2018vlsitsa
04. 17.-04. 20.	2018 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)	IBEROSTAR Grand Hotel Mencey, Spain	www.educon-conference.org/current/
04. 17.-04. 19.	2018 IET 9th International Conference on Power Electronics, Machines & Drives (PEMD)	ACC Liverpool, United Kingdom	www.theiet.org/pemd
04. 19.-04. 22.	SoutheastCon 2018	TBD, St. Petersburg, FL, USA	ewh.ieee.org/reg/3/southeastcon2018/index.html
04. 20.-04. 21.	2018 Second International Conference on Inventive Communication and Computational Technologies (ICICCT)	Hotel Arcadia, Coimbatore, India	icicct.org/index.html

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
04. 21.-04. 22.	2018 IEEE International Conference on Applied System Invention (ICASI)	TBD, Tainan, Taiwan	2018.icasi.tw/
04. 22.-04. 27.	2018 IEEE International Magnetic Conference (INTERMAG)	Marina Bay Sands Convention Centre, Singapore	prem@ntu.edu.sg
04. 22.-04. 25.	2018 3rd International Conference on Intelligent Green Building and Smart Grid (IGBSG)	National Ilan University, Yi-Lan, Taiwan	igbsg.ntust.edu.tw
04. 23.-04. 27.	NOMS 2018 - 2018 IEEE/IFIP Network Operations and Management Symposium	NTUH International Convention Center, Taipei, Taiwan	noms2018.ieee-noms.org/
04. 23.-04. 25.	2018 5th International Conference on Electric Power and Energy Conversion Systems (EPECS)	Kitakyushu International Conference Center, Kitakyushu, Japan	http://www.epecs-conf.org/
04. 23.-04. 26.	2018 Annual IEEE International Systems Conference (SysCon)	JW Marriott parq Vancouver, BC, Canada	ieeesystemscouncil.org/
04. 23.-04. 27.	2018 IEEE Radar Conference (RadarConf18)	Renaissance Oklahoma City Convention Center Hotel, OK, USA	www.radarconf18.org
04. 23.-04. 26.	2018 IEEE/ION Position, Location and Navigation Symposium (PLANS)	Hyatt Regency Monterey, CA, USA	www.plansconference.org
04. 24.-04. 26.	2018 IEEE International Vacuum Electronics Conference (IVEC)	Monterey Marriott, CA, USA	www.ivec2018.org
04. 24.-04. 26.	2018 International Symposium on Programming and Systems (ISPS)	University of Sciences and Technology Houari Boumediene, Algiers, Algeria	www.isps.usthb.dz/
04. 26.-04. 27.	2018 4th International Conference on Optimization and Applications (ICOA)	ENSET of Mohammedia, Mohammedia, Morocco	http://www.icoa2018.net/
04. 29.-05. 04.	2018 9th International Particle Accelerator Conference (IPAC)	JW Marriott parq Vancouver, BC, Canada	ipac18.org
04. 30.-05. 03.	2018 29th Annual SEMI Advanced Semiconductor Manufacturing Conference (ASMC)	Saratoga Springs City Center, NY, USA	www.semi.org/asmc2018

〉〉 2018년 5월

05. 01.-05. 14.	2018 IEEE International Symposium on Hardware Oriented Security and Trust (HOST)	Ritz-Carlton, Tysons Corner, McLean, VA, USA	www.hostsymposium.org/
05. 01.-05. 03.	2018 IEEE International Symposium on Technologies for Homeland Security (HST)	DoubleTree, Arlington, VA, USA	www.ieee-hst.org
05. 01.-05. 04.	2018 18th IEEE/ACM International Symposium on Cluster, Cloud and Grid Computing (CCGRID)	TBD, Washington, DC, USA	hpcl.seas.gwu.edu/ccgrid2018/
05. 02.-05. 07.	2018 19th IEEE Mediterranean Electrotechnical Conference (MELECON)	Marrakech, Morocco	www.ieee.ma/melecon18/
05. 03.-05. 05.	2018 6th International Conference on Information and Communication Technology (ICoICT)	Telkom University, Bandung, Indonesia	https://www.icoict.org/
05. 04.-05. 06.	2018 IEEE International Conference on Computational Photography (ICCP)	McConomy Auditorium, Pittsburgh, PA, USA	iccp2018.ece.cmu.edu
05. 06.-05. 09.	2018 IEEE Rural Electric Power Conference (REPC)	The Peabody Memphis, TN, USA	CCampbell@wcec.org
05. 06.-05. 10.	2018 IEEE-IAS/PCA Cement Industry Conference (IAS/PCA)	Gaylord Opryland Resort & Convention Center, Nashville, TN, USA	WWW.CEMENTCONFERENCE.ORG
05. 07.-05. 11.	2018 16th International Symposium on Modeling and Optimization in Mobile, Ad Hoc, and Wireless Networks (WiOpt)	Xuhui campus of Shanghai Jiao Tong University, Shanghai, China	www.wi-opt.org/
05. 07.-05. 11.	2018 International Conference on Radiation Effects of Electronic Devices (ICREED)	Harbin, China	liuch32@163.com
05. 07.-05. 11.	2018 International Conference on Microwave and Millimeter Wave Technology (ICMMT)	Chengdu, China	www.em-conf.org/icmmt2018
05. 07.-05. 09.	2018 7th International Symposium on Next Generation Electronics (ISNE)	Taipei, Taiwan	isne2018.ntut.edu.tw/
05. 11.-05. 11.	2018 IEEE Vision, Innovation and Challenges Summit & Honors Ceremony (VICS)	Palace Hotel, San Francisco, CA, USA	www.ieee-vics.org
05. 11.-05. 12.	2018 2nd International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI)	Tirunelveli, Tamilnadu, India	icoei2018.com/index.htm

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
05. 12.-05. 16.	2018 Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos (SBSE)	Niterói, Brazil	sbse2018.sites.uff.br/
05. 13.-05. 16.	2018 18th International Conference on Harmonics and Quality of Power (ICHQP)	Cankarjev dom Congress Centre, Ljubljana, Slovenia	www.ichqp2018.org/
05. 13.-05. 16.	2018 IEEE Canadian Conference on Electrical & Computer Engineering (CCECE)	Quebec City Convention Centre, QC, Canada	www.ccece2018.org
05. 13.-05. 17.	2018 IEEE 30th International Symposium on Power Semiconductor Devices and IC's (ISPSD)	Palmer House Hilton, Chicago, IL, USA	www.ispsd.org
05. 13.-05. 16.	2018 IEEE International Memory Workshop (IMW)	Westin Miyako Kyoto, Japan	www.ewh.ieee.org/soc/eds/imw/
05. 14.-05. 16.	2018 IEEE Symposium on Product Compliance Engineering (ISPCE)	DoubleTree by Hilton San Jose, CA, USA	2018.psessymposium.org
05. 14.-05. 17.	2018 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC)	TX, USA	imtc.ieee-ims.org
05. 14.-05. 18.	2018 IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility and 2018 IEEE Asia-Pacific Symposium on Electromagnetic Compatibility (EMC/APEMC)	TBD, China	www.emc2018.emcss.org
05. 15.-05. 18.	2018 IEEE Industrial Cyber-Physical Systems (ICPS)	ITMO University, Petersburg, Russia	www.icps2018.net
05. 15.-05. 17.	2018 22nd International Microwave and Radar Conference (MIKON)	Poznan Congress Center, Poznan, Poland	mrw2018.org/mikon2018/
05. 15.-05. 18.	2018 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM)	Moscow Polytechnic University, Moscow, Russia	icie-rus.org/index-ieam.html
05. 15.-05. 19.	2018 13th IEEE International Conference on Automatic Face & Gesture Recognition (FG 2018)	Grand Dynasty Culture Hotel, China	www.fg2018.org
05. 16.-05. 18.	2018 1st Workshop on Wide Bandgap Power Devices and Applications in Asia (WiPDA Asia)	Xi'an Zhang Ba Hotel, Xi'an, China	www.wipda-asia.org
05. 18.-05. 19.	2018 3rd IEEE International Conference on Recent Trends in Electronics, Information & Communication Technology (RTEICT)	Sri Venkateshwara College of Engineering, Bangalore, India	www.irteict.in/
05. 20.-05. 24.	2018 International Power Electronics Conference (IPEC-Niigata 2018 –ECCE Asia)	TOKI MESSE Niigata Convention Center, Niigata, Japan	www.ipec2018.org/
05. 20.-05. 24.	2018 IEEE International Conference on Communications Workshops (ICC Workshops)	Sheraton Kansas City Hotel at Crown Center, MO, USA	icc2018.ieee-icc.org/
05. 21.-05. 25.	2018 IEEE International Parallel and Distributed Processing Symposium (IPDPS)	JW Marriott Parq Vancouver, BC, Canada	www.ipdps.org
05. 21.-05. 25.	2018 IEEE International Conference on Energy Internet (ICEI)	TBD, China	www.energyinter.net.cn/icei2018/index.html
05. 21.-05. 25.	2018 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)	Brisbane Convention and Exhibition Centre, Australia	icra2018.org
05. 21.-05. 25.	2018 41st International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO)	Grand Hotel Adriatic Congress Centre, Opatija, Croatia	www.mipro.hr
05. 21.-05. 22.	2018 IEEE Women in Engineering International Leadership Conference (WIE ILC)	San Jose Convention Center, CA, USA	www.ieee-wie-ilc.org
05. 21.-05. 24.	2018 IEEE International Frequency Control Symposium (IFCS)	Resort at Squaw Creek, CA, USA	ifcs2018.org
05. 22.-05. 25.	2018 IEEE Innovative Smart Grid Technologies - Asia (ISGT Asia)	Singapore	kwankh@tp.edu.sg
05. 25.-05. 27.	2018 IEEE 7th Data Driven Control and Learning Systems Conference (DDCLS)	Enshi Hualongcheng Hotel, Enshi, China	ddclo.bjtu.edu.cn/2018DDCLS/
05. 27.-06. 03.	2018 IEEE/ACM 40th International Conference on Software Engineering (ICSE)	Gothia Towers Congres Center, Gothenburg, Sweden	www.icse2018.org/
05. 27.-05. 30.	2018 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS)	Florence Congress Centre, Florence, Italy	www.iscas2018.org
05. 27.-06. 01.	2018 IEEE ISAF-FMA-AMF-AMEC-PFM Joint Conference (IFAAP)	International Conference Center Hiroshima, Hiroshima, Japan	www.hiroshima2018.com/
05. 28.-05. 31.	2018 OCEANS - MTS/IEEE Kobe Techno-Ocean (OTO)	Kobe Convention Center, Japan	oceans18mtsieeekobe.org

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
05. 28.-06. 01.	2018 2nd URSI Atlantic Radio Science Meeting (AT-RASC)	ExpoMeloneras Convention Center, Gran Canaria, Spain	www.atrasc.com
05. 28.-05. 30.	2018 25th Saint Petersburg International Conference on Integrated Navigation Systems (ICINS)	Concern CSRI Elektropribor, Saint Petersburg, Russia	www.elektropribor.spb.ru/icins2018/eindex
05. 29.-05. 31.	2018 Moratuwa Engineering Research Conference (MERCon)	TBD, Sri Lanka	mercon.mrt.ac.lk/index.html
05. 29.-06. 01.	2018 17th IEEE Intersociety Conference on Thermal and Thermomechanical Phenomena in Electronic Systems (ITherm)	Sheraton San Diego Hotel & Marina, CA, USA	www.ieee-itherm.net/
05. 30.-06. 01.	2018 IEEE Conference on Communications and Network Security (CNS)	TBD, Beijing, China	cns2018.ieee-cns.org/
05. 31.-06. 02.	2018 13th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA)	Chutian Guangdong International Hote, Wuhan, China	www.ieeeiciea.org/2018/

〉〉 2018년 6월

06. 01.-06. 06.	2018 ACM/IEEE 45th Annual International Symposium on Computer Architecture (ISCA)	Intercontinental Hotel, CA, USA	tpink@usc.edu
06. 01.-06. 02.	2018 2nd International Conference on Power, Energy and Environment: Towards Smart Technology (ICEPE)	National Institute of Technology Meghalaya, Shillong, India	icepe2018.nitmeghalaya.in/index.html
06. 03.-06. 07.	2018 IEEE International Interconnect Technology Conference (IITC)	Marriott, Santa Clara, CA, USA	www.iitc-conference.org/
06. 03.-06. 06.	2018 IEEE 87th Vehicular Technology Conference (VTC Spring)	Porto Palacio Congress Hotel & Spa, Portugal	www.ieeevtc.org/vtc2018spring/index
06. 03.-06. 07.	2018 IEEE International Energy Conference (ENERGYCON)	St. Raphael Resort, Limassol, Cyprus	www.energycon2018.org/
06. 03.-06. 07.	2018 IEEE Wireless Power Transfer Conference (WPTC)	TBD, Montreal, QC, Canada	wptc.mtt.org
06. 03.-06. 07.	2018 IEEE International Power Modulator and High Voltage Conference (IPMHVC)	Jackson Lake Lodge, Moran, WY, USA	www.ipmhvc.com/
06. 04.-06. 07.	2018 Global Internet of Things Summit (GIoTS)	Euskalduna Jauregia, Santander, Spain	www.globaliotsummit.org
06. 04.-06. 08.	2018 20th Eurographics Conference on Visualization (EuroVis)	Hotel International Brno, Czech Republic	eurovis.org/
06. 04.-06. 07.	2018 IEEE International Conference on Healthcare Informatics (ICHI)	New York Marriott East Side, NY, USA	few2001@med.cornell.edu
06. 04.-06. 08.	2018 International Conference Laser Optics (ICLO)	Holiday Inn Moskovskye Vorota, Petersburg, Russia	www.laseroptics.ru
06. 05.-06. 08.	2018 SIAM Conference on Imaging Science (IS)	University of Bologna, Bologna, Italy	
06. 05.-06. 07.	2018 Petroleum and Chemical Industry Conference Europe (PCIC Europe)	Hilton Old Town, Antwerpen, Belgium	www.pcic-europe.com/
06. 06.-06. 08.	2018 IEEE Biennial Congress of Argentina (ARGENCON)	Facultad Regional Tucumán - Universidad Tecnológica Nacional, San Miguel de Tucumán, Argentina	www.argencon.org.ar/
06. 09.-06. 11.	2018 Chinese Control And Decision Conference (CCDC)	TBD, Shenyang, China	www.ccdc.neu.edu.cn/
06. 10.-06. 14.	2018 7th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO)	Hotel Budva, Montenegro	embeddedcomputing.me/en/mediterranean-conference-on-embedded-computing-2018
06. 10.-06. 12.	2018 IEEE Radio Frequency Integrated Circuits Symposium (RFIC)	Philadelphia Convention Center, PA, USA	rfic-ieee.org/
06. 10.-06. 15.	2018 IEEE 45th Photovoltaic Specialists Conference (PVSC)	Hilton Waikoloa Village, HI, USA	www.wcpec7.org/WCPEC-7/
06. 10.-06. 13.	2018 IEEE Statistical Signal Processing Workshop (SSP)	Historisches Kaufhaus, Freiburg im Breisgau, Germany	www.ssp2018.org
06. 10.-06. 15.	2018 IEEE/MTT-S International Microwave Symposium - IMS 2018	Pennsylvania Convention Center, Philadelphia, PA, USA	elsie.vega@ieee.org
06. 11.-06. 13.	2018 16th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing (INCOM)	University of Bergamo, Bergano, Italy	www.incom2018.org

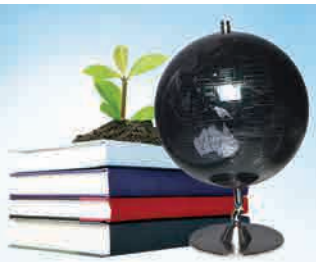
일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
06. 11.-06. 15.	2018 IEEE-NPSS Real Time Conference (RT)	Williamsburg Woodlands Hotel and Suites, VA, USA	lockwood@jlab.org
06. 11.-06. 15.	2018 Power Systems Computation Conference (PSCC)	UCD O'Brien Centre for Science, Dublin, Ireland	www.pscc2018.net
06. 11.-06. 13.	2018 IEEE IoT Vertical and Topical Summit - Anchorage	Hilton Hotel, Anchorage, AK, USA	iot.ieee.org/conferences-events/summits/anchorage2017
06. 12.-06. 15.	2018 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2018 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe)	University of Palermo, Via delle Scienze, Palermo, Italy	eeeic.net
06. 12.-06. 13.	2018 International Conference on Smart Electric Drives and Power System (ICSEDPS)	G.H. Raisoni College of Engineering Digdoh Hills, Nagpur, Maharashtra, India	http://ghrce.raisoni.net/icse□
06. 12.-06. 15.	2018 IEEE 27th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE)	TBD, Cairns, Australia	www.ieee-isie2018.org/
06. 12.-06. 15.	2018 17th European Control Conference (ECC)	Amathus Beach Hotel, Limassol, Cyprus	www.ecc18.eu/
06. 12.-06. 15.	2018 International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS)	Dallas Marriott City Center, TX, USA	www.uasconferences.com
06. 13.-06. 16.	2018 13th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)	Instituto de Lenguas Modernas (ILM) at the University of Extremadura, Spain	www.cisti.eu/
06. 13.-06. 15.	2018 IEEE Transportation Electrification Conference and Expo (ITEC)	Long Beach Convention Center, CA, USA	itec-conf.com/
06. 14.-06. 15.	2018 Second International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS)	Vaigai College Engineering, Madurai, India	iccs2018.com/index.html
06. 15.-06. 15.	2018 1st International Conference on Advanced Research in Engineering Sciences (ARES)	Carlton Hotel, Dubai, United Arab Emirates	sites.ieee.org/ares-2018/
06. 17.-06. 22.	2018 IEEE International Symposium on Information Theory (ISIT)	Vail Cascade, CO, USA	elza@nyu.edu
06. 17.-06. 20.	2018 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC)	Hospitalhof Stuttgart · Evangelisches Bildungszentrum, Stuttgart, Germany	www.ice-conference.org/
06. 17.-06. 20.	2018 IEEE Electrical Insulation Conference (EIC)	TBD, San Antonio, TX, USA	ieeedeis.org/eic
06. 17.-06. 22.	2018 IEEE IAS Pulp, Paper and Forest Industries Conference (PPFIC)	Paper Valley Inn, Appleton, WI, USA	pulppaper.org/default.aspx
06. 18.-06. 21.	2018 IEEE 31st International Symposium on Computer-Based Medical Systems (CBMS)	Karlstad University Business School, Karlstad, Sweden	cbms2018.hotell.kau.se
06. 18.-06. 21.	2018 IEEE Third International Conference on Data Science in Cyberspace (DSC)	Guangzhou, China	www.ieee-dsc.org/2018/
06. 18.-06. 22.	2018 IEEE Symposium on VLSI Circuits	Hilton Hawaiian Village, Honolulu, HI, USA	www.vlsisymposium.org
06. 18.-06. 23.	2018 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)	Salt Palace Convention Center, UT, USA	csaliba@computer.org
06. 18.-06. 21.	2018 European Conference on Networks and Communications (EuCNC)	Culture and Congress Centre, Ljubljana, Slovenia	http://www.eucnc.eu/?q=node/156.
06. 19.-06. 22.	2018 13th Annual Conference on System of Systems Engineering (SoSE)	Sorbonne Universités, Paris, France	sosengineering.org/2018/
06. 19.-06. 20.	2018 International Conference on Engineering & MIS (ICEMIS)	Alt□nba□ University, Istanbul, Turkey	iares.net/Conference/ICEMIS2018
06. 20.-06. 22.	2018 International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion (SPEEDAM)	Museo Arsenale Amalfi, Amalfi, Italy	www.speedam.org/
06. 20.-06. 22.	2018 19th International Radar Symposium (IRS)	irs2018.dgon-irs.org	irs@tuhh.de
06. 20.-06. 22.	2018 XIII Technologies Applied to Electronics Teaching Conference (TAEE)	Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología, La Laguna, Spain	www.taee2018.org
06. 22.-06. 23.	2018 International Conference on Advances in Computing and Communication Engineering (ICACCE)	ECE Paris School of Engineering, Paris, France	www.indiarg.org/icacce
06. 24.-06. 28.	2018 IEEE International Conference on Probabilistic Methods Applied to Power Systems (PMAPS)	Grove Hotel, Boise, ID, USA	www.pmaps2018.org

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
06. 24.-06. 27.	2018 16th IEEE International New Circuits and Systems Conference (NEWCAS)	La Plaza - centre de congrès, QC, Canada	newcas2018.org/
06. 24.-06. 27.	2018 76th Device Research Conference (DRC)	University of California at Santa Barbara, CA, USA	www.deviceresearchconference.org
06. 24.-06. 28.	2018 IEEE International Conference on Plasma Science (ICOPS)	Sheraton Denver Downtown Hotel, CO, USA	www.icops2018.org/
06. 24.-06. 28.	2018 55th ACM/EDAC/IEEE Design Automation Conference (DAC)	Moscone Center, CA, USA	www.dac.com
06. 25.-06. 29.	2018 Joint 7th International Conference on Informatics, Electronics & Vision (ICIEV) and 2018 2nd International Conference on Imaging, Vision & Pattern Recognition (icIVPR)	Kitakyushu International Conference Center, Japan	cennser.org/ICIEV
06. 25.-06. 28.	2018 48th Annual IEEE/IFIP International Conference on Dependable Systems and Networks (DSN)	Alvisse Parc Hotel, Luxembourg	www.dsn.org
06. 25.-06. 28.	2018 9th IEEE International Symposium on Power Electronics for Distributed Generation Systems (PEDG)	Hilton Charlotte University Place, NC, USA	www.ieee-pedg.org/
06. 25.-06. 28.	2018 IEEE 19th International Workshop on Signal Processing Advances in Wireless Communications (SPAWC)	Elite Hotel Kalamata, Greece	spawc2018.org
06. 26.-06. 29.	2018 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)	TBD, Changshu, Suzhou, China	www.iv2018.org
06. 26.-06. 29.	2018 3rd International Conference on Smart and Sustainable Technologies (SpliTech)	University of Split, FESB, Croatia	splitech2018.fesb.unist.hr
06. 27.-06. 29.	2018 Annual American Control Conference (ACC)	Hilton Milwaukee City Center, Milwaukee, WI, USA	acc2018.a2c2.org/
06. 28.-07. 02.	2018 IEEE PES/IAS PowerAfrica	TBD, South Africa	ieee-powerafrica.org/
06. 28.-07. 01.	2018 IEEE Technology and Engineering Management Conference (TEMSCON)	Hilton Orrington, IL, USA	temscon.org
06. 30.-07. 06.	2018 Eighth International Conference on Information Science and Technology (ICIST)	Spain	conference.cs.cityu.edu.hk/icist/

〉〉 2018년 7월

07. 01.-07. 05.	2018 IEEE 2nd International Conference on Dielectrics (ICD)	Hungary	www.icd2018.org/
07. 02.-07. 06.	2018 23rd Opto-Electronics and Communications Conference (OECC)	ICC JEJU, Jeju-do, Korea(South)	www.oecc2018.org
07. 02.-07. 04.	2018 10th International Conference on Modelling, Identification and Control (ICMIC)	Guizhou University, Guiyang, China	icmic.gzu.edu.cn/
07. 02.-07. 06.	2018 IEEE 38th International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS)	Technische Universit?t Wien (TU Wien), Vienna, Austria	icdcs2018.ocg.at/
07. 03.-07. 06.	2018 Tenth International Conference on Ubiquitous and Future Networks (ICUFN)	Prague, Czech Republic	icufn.org/
07. 03.-07. 06.	2018 25th International Workshop on Active-Matrix Flatpanel Displays and Devices (AM-FPD)	Ryukoku University Avanti Kyoto Hall, Kyoto, Japan	www.amfpd.jp/
07. 04.-07. 06.	2018 41st International Conference on Telecommunications and Signal Processing (TSP)	Divani Hotel Caravel, Athens, Greece	tsp.vutbr.cz/
07. 04.-07. 05.	2018 Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications (SYNCHROINFO)	Belarusian State Academy of Telecommunications, Minsk, Belarus	media-publisher.ru/en/about-sinkhroinfo-2018/
07. 05.-07. 07.	2018 International CET Conference on Control, Communication, and Computing (IC4)	College of Engineering Trivandrum, erala Trivandrum, India	ic4.cet.ac.in
07. 06.-07. 08.	2018 International Conference on Information Systems and Computer Aided Education (ICISCAE)	Jilin Finance Building Hotel, Changchun, China	www.iciscae.org/
07. 08.-07. 13.	2018 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation & USNC/URSI National Radio Science Meeting	The Westin Boston Waterfront, MA, USA	2018apsursi.org
07. 08.-07. 13.	2018 IEEE World Congress on Computational Intelligence (WCCI)	Windsor Barra Convention Centre, Rio de Janeiro, Brazil	ieee-cis.blogspot.com/2017/01/call-for-papers-ieee-world-congress-on.html
07. 09.-07. 11.	2018 IEEE 5G World Forum (5GWF)	CA, USA	ieee-wf-5g.org/
07. 09.-07. 12.	2018 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM)	The University of Auckland, Auckland, New Zealand	aim2018.org/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
07. 09.-07. 11.	2018 1st Maritime Safety International Conference (MASTIC)	Aston Kuta Hotel & Residence, Indonesia	mastic.its.ac.id/
07. 09.-07. 13.	2018 IEEE 18th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)	Indian Institute of Technology Bombay, India	www.et.iitb.ac.in/icalt2018/
07. 09.-07. 11.	2018 International Conference of Electrical and Electronic Technologies for Automotive	Politecnico di Milano - Bovisa Campus, Milan, Italy	convegni.aeit.it/automotive/
07. 10.-07. 13.	2018 International Conference on Information Fusion (FUSION)	Department of Engineering, University of Cambridge, United Kingdom	www.fusion2018.org
07. 10.-07. 12.	2018 9th International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT)	CV Raman Rd, Karnataka, India	www.9icccnt.com
07. 10.-07. 12.	2018 Computing Conference	United Kingdom	saiconference.com/Computing
07. 11.-07. 13.	2018 15th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering (JCSSE)	Faculty of ICT, Mahidol University, Nakhonpathom, Thailand	jcsse2018.ict.mahidol.ac.th/
07. 11.-07. 13.	2018 International Conference on Emerging Trends and Innovations In Engineering And Technological Research (ICETIETR)	TocH Institute of Science and Technology, Ernakulam, India	www.icetietr2k18.com
07. 15.-07. 20.	2018 International Conference on Magnetism (ICM)	San Francisco Marriott Marquis, CA, USA	http://icm2018sf.org/
07. 16.-07. 20.	2018 IEEE Nuclear & Space Radiation Effects Conference (NSREC 2018)	Hilton Waikoloa Village, Waikoloa, HI, USA	www.nsrec.com
07. 16.-07. 19.	2018 International Conference on Signal Processing and Communications (SPCOM)	National Science Seminar Complex (J.N. Tata Auditorium), Bangalore, India	ece.iisc.ernet.in/~spcom/2018/
07. 16.-07. 17.	2018 International Conference on Audio, Language and Image Processing (ICALIP)	Four Points By Sheraton Shanghai Daning, Shanghai, China	www.icalip2018.org
07. 16.-07. 19.	2018 IEEE International Symposium on the Physical and Failure Analysis of Integrated Circuits (IPFA)	Marina Bay Sands Convention Centre, Singapore	www.ipfa-ieee.org/
07. 18.-07. 22.	2018 40th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)	Hilton Hawaiian Village Waikiki Beach Resort, HI, USA	embc.embs.org/2018/
07. 18.-07. 21.	2018 15th International Conference on Electrical Engineering/ Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON)	WIANG INN, Chiang Rai, Thailand	www.ecti-con.org/con-2018/
07. 18.-07. 20.	2018 11th International Symposium on Communication Systems, Networks and Digital Signal Processing (CSNDSP)	Danubius Hotel Margitsziget, Hungary	www.csndsp2018.com
07. 18.-07. 20.	2018 IEEE Seventh International Conference on Communications and Electronics (ICCE)	Saigon Morin Hotel, Hue City, Vietnam	icce-2018.org
07. 20.-07. 21.	2018 International Conference on Advanced Research in Power Electronics and Energy Engineering (ICARPEEE)	Chalapathi Institute of Engineering and Technology, Guntur, India	chalapathiengg.com/ICARPEEE2018/ index.php
07. 21.-07. 22.	2018 15th International Conference on Service Systems and Service Management (ICSSSM)	Hangzhou, China	www.rccm.tsinghua.edu.cn/ICSSSM
07. 22.-07. 27.	IGARSS 2018 - 2018 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium	Feria Valencia Convention & Exhibition Centre, Valencia, Spain	www.igarss2018.org
07. 23.-07. 26.	2018 IEEE 18th International Conference on Nanotechnology (IEEE-NANO)	TBD, Cork, Ireland	www.ieeenano18.org
07. 23.-07. 27.	2018 IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME)	Hyatt Regency La Jolla at Aventine, San Diego, CA, USA	www.icme2018.org
07. 23.-07. 26.	NAECON 2018 - IEEE National Aerospace and Electronics Conference	Holiday Inn Conference Center, Fairborn, OH, USA	www.naecon.org
07. 23.-07. 27.	2018 IEEE International Conference on Multimedia & Expo Workshops (ICMEW)	Hyatt Regency La Jolla, San Diego, CA, USA	www.icme2018.org/conf_workshops
07. 24.-07. 26.	2018 1st International Conference on Smart Cities and Communities (SCCIC)	Universit? Ouaga 1 Pr Joseph Ki-Zerbo, Ouagadougou, Burkina Faso	www.icscc2018.org/
07. 25.-07. 27.	2018 37th Chinese Control Conference (CCC)	Wuhan, China	ccc2018.cug.edu.cn/English/Home.htm
07. 30.-08. 02.	2018 27th International Conference on Computer Communication and Networks (ICCCN)	Hangzhou Sunny Sunday Resort, ZJ, China	icccn.org/icccn18
07.30.- 08. 03.	2018 IEEE Symposium on Electromagnetic Compatibility, Signal Integrity and Power Integrity (EMC, SI & PI)	Long Beach Convention and Entertainment Center, CA, USA	www.emc2018NA.emcss.org



신간안내

제　목 : 비즈니스에서 알아두어야 할 폭넓고 깊은 지식 - 세상을 변화시키는 100의 기술
저　자 : 일경 BP사(편저)
펴낸곳 : 일경 BP사
출판일 : 2016년 10월 25일
크기, 페이지 수 : 21cm, 335p.

서 평

2017년의 세계정세는 예측하기가 쉽지 않다. 어려운 상황에 빠질 위험성도 부정할 수 없다. 유럽과 미국과 아시아에서도 시장주의경제에 대한 근본적인 신뢰가 서지 않고 각국은 자국과 자국민의 이익을 최우선하는 블록경제화로 내달리고 있다. 타 민족종교에 대한 관용은 자취를 감추고 이민과 난민을 거부하는 배타주의와 테러리즘의 움직임도 가속되는 한편 영토를 둘러싼 새로운 패권주의의 대두에도 멈춤이 없다.

이와 같이 정치경제면에서 불안재료가 끝이 없어, 밝은 미래를 그려보고 싶은 것이 지금의 실정이다. 2020년으로 다가온 도쿄올림픽을 준비해 나가는 일본의 2017년은, 앞이 보이지 않는 세계정세의 암운에 덮여버릴 것인가? 아니다, 일경 BP사는 격동의 2017년이야말로 기술입국 일본의 저력을 새로이 발휘할 수 있는 전기가 되는 해로 보고 있다.

왜냐하면, 개발과 실용화가 추진되고 있는 첨단기술의 대부분은 사회와 비즈니스의 효율을 높일 뿐만 아니라, 인간과 그 생활주변에서 풍요롭고 편리한 사회를 실현하고 행복하게 하는 것이다. 그리고 기술의 진화를 계속하여 인간의 주변에서 인간의 힘을 더 확대시켜 간다. 고도 성장기의 기술이 효율을 최우선으로 한 결과, 반드시 인간에게 좋지 않은 결과를 초래한 것에 대한 반성도 필요하다.

최근의 첨단기술의 개발과 실용화는 서로 다른 분야의 기술의 상승작용에 의해 가속되고 있다. 센서와 인공지능(AI) 그리고 3D프린터의 급속한 진보가 정보의 입출력처리와 판단을 한번에 뒤바꾸어 버렸다. 자율주행과 게놈해석과 빅데이터, 어떻게 보면 전혀 무관한 것 같지만 떼어내려야 떼어낼 수 없는 관계인 것이다.

본서는 2017년에도 크게 비약할 기술, 실용화에 가까워진 첨단기술 100선을 소개하는 것이다. 일경 BP사의 전자기계, 컴퓨터, 네트워크, 의료, 건설 등의 각 기술분야의 전문기자 200명이 「세계를 변화시키는 기술」「2017년에 주목 받는 기술」을 골라서, 그 중에서 100개의 기술에 대해서 전문지 편집장 30명이 중심이 된 집필 팀이 전문용어를 가급적 쓰지 않고 해설을 집필하였다.

말할 필요도 없이 기술의 진화는 크고 작은 과제와 부정적 측면도 수반하고 있다. 우리들 개인이 기술에 관련하여 이점을 살리고 부정적인 면을 최소화로 억제하기 위해서는 분야를 불문하고 첨단기술의 개황을 알아두어야만 할 것이다.

신규사업의 아이디어를 활용하기 위해서나 지적 호기심을 충족시키기 위해서 가볍게 읽는 것 등으로 도움이 되기를 희망한다.

서평 작성자 : 이원규, 해동일본기술정보센터 총괄처장

특별회원사 및 후원사 명단

회원명	대표자	주 소	전 화	홈페이지
AP 위성통신㈜	류장수	서울시 금천구 가산디지털2로 98 2동 9층	02-2026-7700	http://apsi.co.kr
FCI	한상우	경기도 성남시 분당구 판교로 255번길 35(삼평동) 실리콘파크 B동 7층	031-782-3700	http://www.fci.co.kr
I&C테크놀로지	박창일	경기도 성남시 분당구 판교로 255번길 24 아이앤씨빌딩	031-696-3300	http://www.inctech.co.kr
KT	황창규	경기도 성남시 분당구 정자동 206	031-727-0114	http://www.kt.co.kr
LDT	정재천	충남 천안시 서북구 한들1로 126-33 WE빌딩	041-520-7300	http://www.ldt.co.kr
LG전자	구본준	서울시 영등포구 여의도동 30	02-3777-1114	http://www.lge.co.kr
LIG 넥스원	이효구	서울시 서초구 강남대로 369(서초동, 나라빌딩)	1644-2005	http://www.lignex1.com
RadioPulse	권태휘	경기도 성남시 분당구 대왕판교로 660 유스페이스1A 1106호(삼평동)	070-7113-0975	http://www.radiopulse.co.kr
SK Telecom	장동현	서울특별시 중구 을지로65(을지로2가) SK T-타워	02-2121-2114	http://www.sktelecom.com
SK 하이닉스	박성욱	경기도 이천시 부발읍 아미리 산 136-1	031-630-4114	http://www.skhynix.com
국제종합측기	박재욱	서울특별시 강남구 강남대로 354 (역삼동 831, 혜천빌딩 10F, 12F)	02-553-0901	http://www.msinter.co.kr
나노종합기술원	이재영	대전광역시 유성구 대학로 291 (구성동, 한국과학기술원)	042-366-1500	http://www.nnfc.re.kr
네이버㈜	김상헌	경기도 성남시 분당구 불정로 6 (정자동 그린팩토리)	031-784-2560	http://www.nhncorp.com
넥서스칩스	Douglas M. Lee	서울시 강남구 역삼동 725-57	02-6959-7161	http://www.nexuschips.com
넥스트칩	김경수	경기도 성남시 분당구 판교로 323 벤처포럼빌딩	02-3460-4700	http://www.nextchip.com
㈜넥스파시스템	이상준	서울특별시 성동구 자동차시장1길 18	02-2243-4011	http://www.nexpa.co.kr
누리미디어	최순일	서울시 영등포구 선유로 63, 4층(문래동 6가)	02-710-5300	http://www.nurimedia.co.kr
㈜다빛센스	강영진	경기도 성남시 중원구 사기막골로 124, Skn테크노파크 비즈동 1305	031-776-2511	
다우인큐브	이예구	경기도 용인시 수지구 디지털벨리로 81 (죽전동 디지털스퀘어 2층)	070-8707-2500	http://www.daouincube.com
대구테크노파크	송인섭	대구시 달서구 대천동 891-5	053-602-1803	http://www.mtcc.or.kr
대덕G.D.S	이희준	경기도 안산시 단원구 산단로 63(원시동)	031-8040-8000	http://www.daeduckgds.com
대덕전자	김영재	경기도 시흥시 소망공원로 335 (정왕동)	031-599-8800	http://www.daeduck.com
대성전기	이철우	경기도 안산시 단원구 산단로 31 (원시동, 8-27블럭)	031-494-1141	http://www.dsec.co.kr
(재)대전테크노파크	권선택	대전시 유성구 테크노9로 35 대전테크노파크	042-930-2880	http://www.daejeontp.or.kr
㈜더즈텍	김태진	경기도 안양시 동안구 학의로 292 금강펜테리움IT타워 A동 1061호	031-450-6300	http://www.doestek.co.kr
덴소풍성전자	김경섭	경남 창원시 성산구 외동 853-11	055-600-9227	http://www.dnpe.co.kr
동부하이텍	최창식	경기도 부천시 원미구 수도로 90	032-680-4700	http://www.dongbuhitek.co.kr
동아일렉콤	손성호	경기도 용인시 처인구 양지면 남곡로 16	031-330-5500	http://www.dongahelecomm.co.kr
동운아나텍	김동철	서울시 서초구 서초동 1467-80 아리랑타워 9층	02-3465-8765	http://www.dwanatech.com
㈜디엠티	김홍주	대전광역시 유성구 테크노11로 41-2	042-930-3700	http://www.dmtpcb.co.kr
라온텍	김보은	경기도 성남시 분당구 황새울로360번길 42, 18층 (서현동 AK플라자)	031-786-4600	http://www.raon-tech.com
라이트웍스㈜	서인식	서울 강남구 테헤란로88길 14, 4층 (신도리코빌딩)	031-702-6171	http://www.lightworks.co.kr/
만도	성일모	경기도 성남시 분당구 판교로 255번길 21	02-6244-2114	http://www.mando.com
문화방송	안광한	서울시 마포구 성암로 267	02-789-0011	http://www.imbc.com
삼성전자	권오현	서울시 서초구 서초2동 1320-10 삼성전자빌딩	1588-3366	http://samsungelectronics.com/kr
삼화콘덴서	황호진	경기도 용인시 처인구 남사면 경기동로 227 (남사면 북리 124)	031-332-6441	http://www.samwha.co.kr
㈜서연전자	조명수	경기도 안산시 단원구 신원로424	031-493-3000	http://www.dae-dong.biz
세미솔루션	이정원	경기도 용인시 기흥구 영덕동 1029 흥덕IT타워 지식산업센터 20층 2005호	031-627-5300	http://www.semisolution.com
세원텔레텍	김철동	경기도 안양시 만안구 전파로44번길 53	031-422-0031	http://www.sewon-teletech.co.kr
㈜수호이미지 테크놀로지	김범준	서울시 금천구 가산동 가산디지털1로 233 에이스하이엔드 9차 816호	070-7531-0094	http://www.suhotech.com

회원명	대표자	주 소	전 화	홈페이지
㈜스카이크로스코리아	조영민	경기 수원시 영통구 영통동 980-3 디지털엠파이어빌딩 C동 801호	031-267-1662	http://www.skycross.co.kr
(주)시솔	이우규	서울시 강서구 공항대로 61길 29 서울신기술센터 A동 202호	02-508-5656	http://www.sisoul.co.kr
실리콘마이터스	허 염	경기도 성남시 분당구 대왕판교로 660 유스페이스-1 A동 8층	1670-7665	http://www.siliconmitus.com
실리콘웍스	한대근	대전시 유성구 탑립동 707	042-712-7700	http://www.siliconworks.co.kr
㈜싸인텔레콤	성기빈	서울시 영등포구 경인로 775, 문래동 3가 에이스하이테크시티 1동 119호	02-3439-0033	http://www.signtelecom.com
(주)쏠리드	정준, 이승희	경기도 성남시 분당구 판교역로 220 쏠리드스페이스	031-627-6000	http://www.st.co.kr
㈜씨자인	김정표	경기 성남시 분당구 구미동 185-4 보명프라자	070-4353-5852	http://www.cesign.co.kr
아나패스	이경호	서울시 구로구 구로동 197-12 신세계아이앤씨 디지털센타 7층	02-6922-7400	http://www.anapass.com
아바고테크놀로지스	전성민	서울시 서초구 양재동 215	02-2155-4710	http://www.avagotech.kr
아이닉스	황정현	수원시 영동구 덕영대로 1556번길 16, C동 1004호 (영통동, 디지털엠파이어)	031-204-7333	http://www.eyenix.com
아이디어㈜	황진벽	서울 마포구 연남동 487-366번지 대원빌딩 5층	02-334-3309	http://www.eyedea.co.kr
㈜아이언디바이스	박기태	서울 강남구 신사동 532-9 예영빌딩 402호	02-541-2896	http://www.irondevice.com
㈜아이에이	김동진	서울 송파구 송파대로 22길 5-23 (문정동)	02-3015-1300	http://www.ia-inc.kr
안리쓰코퍼레이션㈜	토루와키나가	경기도 성남시 분당구 삼평동 681번지 H스퀘어 N동 5층 502호	031-696-7750	http://www.anritsu.com
㈜알파스캔 디스플레이	류영렬	서울특별시 강서구 허준로 217 가양테크노타운 202호		http://www.alphascan.co.kr
에디텍	정영교	경기도 성남시 분당구 삼평동 621번지 판교이노벨리 B동 1003호	031-8018-8778	http://www.aditec.co.kr
에스넷시스템㈜	박효대	서울특별시 강남구 선릉로 514 (삼성동) 성원빌딩 10층	02-3469-2994	http://www.snetsystems.co.kr
에스엘	이충곤	경북 경산시 진량읍 신상리 1208-6	053-856-8511	http://www.slworld.com
에이치앤티테크	강임성	대전광역시 유성구 용산동	042-933-7228	http://www.hnt-tech.co.kr
㈜에이투테크	김현균	경기도 성남시 수정구 복정동 685-6 상헌빌딩 3층	031-752-7363	http://www.a2tech.co.kr
엠텍비젼㈜	이성민	경기도 성남시 분당구 판교로 255번길 58 6층 601호	031-627-0114	http://www.mtekvision.co.kr
㈜오픈링크시스템	성재용	광주광역시 서구 치평로 112 정연하이빌 402호	070-5025-0689	http://openlink.kr
우양신소재	윤주영	대구광역시 북구 유통단지로 8길 21	053-383-5287	http://www.iwooyang.com
유라코퍼레이션	엄병윤	경기도 성남시 분당구 삼평동 686-1	070-7878-1000	http://www.yuracorp.co.kr
유텔	김호동	경기도 군포시 당정동 381-4	031-427-1020	http://www.u-tel.co.kr
㈜이노피아테크	장만호	경기도 상남시 중원구 갈마치로 215 A동 405호	070-7820-6300	http://www.innopiatech.com
주식회사 이디	박용후	경기도 성남시 중원구 상대원동 517-15 (둔촌대로457번길 14)	031-730-7300	http://www.ed.co.kr
㈜자람테크놀로지	백준현	경기도 성남시 분당구 야탑동 345-1 파인벤처빌딩 2층	031-779-6700,6701	http://www.zaram.com/
전자부품연구원	박청원	경기도 성남시 분당구 새나리로 25 (야탑동)	031-789-7000	http://www.keti.re.kr
주식회사 제이엔티이엔지	최승훈	경기도 성남시 중원구 사기막골로 148, 701호(상대원동, 중앙이노테크)	031-723-0855	http://www.jandt.co.kr
㈜제퍼로직	정종척	서울 강남구 역삼1동 679-5 아주빌딩 1801호	070-7010-7790	http://www.zephylogic.com
㈜지에스인스트루먼트	고재목	인천시 남구 길파로71번길 70 (주안동)	032-870-5641	http://www.gsinstrument.com
지엠테스트	고상현	충남 천안시 서북구 직산읍 군서1길 19(군서리 134)	041-410-2600	http://www.gmtest.com
충북테크노파크	남창현	충북 청주시 청원구 오창읍 연구단지로 40	043-270-2000	http://www.cbtp.or.kr
케이던스 코리아(유)	제임스 해댓	경기도 성남시 분당구 판교로 344 엠텍IT타워 9층(main office)/2층	031-728-3114	http://www.cadence.com
㈜코아리버	배종홍	서울시 송파구 가락본동 78번지 IT벤처타워 서관 11층	02-2142-3400	http://www.coreriver.com
콘티넨탈 오토모티브 시스템	선우 현	경기도 성남시 분당구 판교역로 220 솔리드스페이스빌딩	031-697-3800	http://www.conti-automotive.co.kr
클레어픽셀㈜	정헌준	경기도 성남시 분당구 판교로 242 판교디지털센터 A동 301호	031-8060-1440	http://www.clairpixel.com
키움인베스트먼트㈜	박상조	서울특별시 영등포구 여의나루로4길 18 키움파이낸스스퀘어빌딩 16층	02-3430-4800	http://www.kiwoominvest.com/
텔레칩스	이장규	서울특별시 송파구 올림픽로35다길 42 (신천동, 루터빌딩 19층~23층)	02-3443-6792	http://www.telechips.com
㈜티에이치엔	채 석	대구시 달서구 갈산동 973-3	053-583-3001	http://www.th-net.co.kr
티엘아이	김달수	경기도 성남시 중원구 양현로 405번길 12 티엘아이 빌딩	031-784-6800	http://www.tli.co.kr
파워큐브세미㈜	강태영	경기도 부천시 오정구 석천로397(부천테크노파크쌍용3차) 103동 901호	032-624-3700	http://www.powercubesemi.com/
페어차일드코리아반도체	김귀남	경기도 부천시 원미구 도당동 82-3	032-671-3842	http://www.fairchildsemi.com

회원명	대표자	주 소	전 화	홈페이지
㈜하이브론	이홍섭	인천광역시 부평구 청천동 안남로402번길 25 3층	070-4369-3973	http://www.hivron.com/
한국멘토그래픽스(유)	양영인	경기도 성남시 분당구 판교역로 192번길 12 (삼평동) 판교 미래에셋센터 7층	031-8061-0790	http://www.mentorkr.com
한국애질런트테크놀로지스	김승렬	서울 강남구 역삼로 542, 신사SNG빌딩2층	080-004-5090	http://www.agilent.co.kr
한국인터넷진흥원	백기승	서울시 송파구 중대로 135 (가락동) IT벤처타워	02-405-5118	http://www.kisa.or.kr
한국전기연구원	박경엽	경상남도 창원시 성산구 불모산로10번길 12 (성주동)	055-280-1114	http://www.keri.re.kr
한국전자통신연구원	이상훈	대전광역시 유성구 가정로 218	042-860-6114	http://www.etri.re.kr
한국정보통신기술협회	임차식	경기도 성남시 분당구 분당로 47	031-724-0114	http://www.tta.or.kr
한라비스테온공조	박용환	대전시 대덕구 신일동 1689-1	042-930-6114	http://www.hvccglobal.com
한백전자	진수춘	대전광역시 유성구 대학로 76번안길 35	042-610-1114	http://www.hanback.co.kr
한화탈레스	장시권	서울시 중구 청계천로 86 (장교동) 한화비딩 (19,20층)	02-729-3030	http://www.hanwhathales.com
㈜핸즈온테크놀러지	강현웅	서울특별시 강서구 양천로 583, 에이동 1901-1902호 (염창동, 우림블루나인)	02-2608-2633	http://www.ezlab.com
현대로템	김승탁	경기도 의왕시 철도박물관로 37	031-596-9114	http://www.hyundai-rotem.co.kr
현대모비스	정명철	서울시 강남구 역삼1동 679-4 서울인터내셔널타워	02-2018-5114	http://www.mobis.co.kr
현대엠엔소프트	차인규	서울시 용산구 원효로74 현대차사옥 9층	1577-4767	http://www.hyundai-mnsoft.com
현대오트론	김재범	경기도 성남시 분당구 판교로 344 엠텍 IT 타워	031-627-0990	http://www.hyundai-autron.com
현대자동차그룹	양웅철	경기도 화성시 장덕동 772-1	02-3464-1114	http://www.hyundai-motor.com
현대케피코	박정국	경기도 군포시 고산로 102	031-450-9015	http://www.hyundai-kefico.com
휴먼칩스	손민희	서울시 송파구 가락본동 10 신도빌딩	070-8671-4700	http://www.humanchips.co.kr
휴인스	송태훈	경기도 성남시 분당구 대왕판교로 670 비-605	031-719-8200	http://www.huins.com
히로세 코리아㈜	이상엽	경기 시흥시 정왕동 희망공원로 250	031-496-7000	http://www.hirose.co.kr

단체회원 명단

회원명	주 소	전 화	홈페이지
가톨릭대중앙도서관	경기부천시원미구역곡2동산43-1	032-340-3607	
가톨릭상지대학도서관	경북안동시율세동393	032-340-3607	http://www.csangji.ac.kr/~library/
강릉대도서관	강원강릉시지변동산1		http://211.114.218.253/
강원관광대도서관	강원태백시황지동439	033-552-9005	http://www.kt.ac.kr
강원대도서관	강원춘천시효자2동192-1	033-250-9000	http://library.kangwon.ac.kr
경동대도서관	강원고성군토성면봉포리산91-1	033-639-0371	http://www.kyungdong.ac.kr
경주대도서관	경북경주시효현동산42-1	054-770-5051	http://www.kyongju.ac.kr
건국대도서관	서울성동구모진동93-1	02-450-3852	http://www.konkuk.ac.kr
건양대중앙도서관	충남논산시내동산30	041-730-5154	http://lib.konyang.ac.kr
경기대중앙도서관	경기수원시팔달구이의동산94-6	031-240-7135	http://203.249.26.247/
경기공업대도서관	경기시흥시정왕동시화공단3가102	031-496-4571	http://210.181.136.6/
경남대중앙도서관	경남마산시월영동449	055-249-2906	http://library.kyungnam.ac.kr
경도대도서관	경북예천군예천읍청복리947-1	054-650-0143	http://libweb.kyongdo.ac.kr
경북대도서관	대구북구산격동1370	053-955-500 1	http://kudos.knu.ac.kr
경북대전자공학과	대구북구산격동1370	053-950-5506	http://palgong.knu.ac.kr
경운대벽강중앙도서관	경북구미시산동면인덕리55	054-479-1083	http://www.kyungwoon.ac.kr
경일대도서관	경북경산군하양읍부호리33	053-950-7790	http://cham.kyungil.ac.kr
경산대도서관	경북경산시점촌동산75		http://library.ksucc.ac.kr
경상대도서관	경남진주시가좌동900	055-751-5098	http://library.gsnu.ac.kr
경성대도서관	부산남구대연동110-1	051-620-4394	http://kulis1.kyungsung.ac.kr
경희대학교	중앙도서관 경기용인시기흥구서천동1번지	031-201-3219	http://library.khu.ac.kr
고려대과학도서관	서울성북구안암동5가1번지	02-920-1709	http://kulib.korea.ac.kr
고려대서창캠퍼스도서관	충남연기군조치원읍서창동208		http://kuslib.korea.ac.kr
고속도로정보통신공단	경기용인기흥읍공세리260-1	031-280-4230	
공군사관학교도서관	충북청원군남일면쌍수리사서함335-1	043-229-6085	http://www.afa.ac.kr
공군전투발전단무기체계실	충남논산군두마면부남리사서함501-317호	041-506-5260, 5281	
공주대도서관	충남공주시신관동182	041-850-8691	http://knulib.kongju.ac.kr
광명하안도서관	경기광명시하안2동683	031-680-6376	http://www.kmlib.or.kr
광운대도서관	서울노원구월계동447-1	02-918-1021~2	http://kupis.kwangwoon.ac.kr
국민대성곡도서관	서울성북구정릉동861-1	02-910-4200	http://kmulmf.kookmin.ac.kr
김포대학도서관	경기김포시월곶면포내리산14-1	031-999-4126	http://lbr.kimpo.ac.kr
국방대학교도서관	서울은평구수색동205	02-300-2415	
국방제9125부대	서울중앙우체국사서함932호		
국방품질관리연구소정보관리실	서울청량리우체국사서함 276호		http://dqaa.go.kr
국방과학연구소서울자료실	서울송파구송파우체국사서함132호	02-3400-2541	http://www.add.re.kr
방위사업청	서울용산구용산2가동7번지	02-2079-5213	
극동대학교도서관	충북음성군감곡면왕장리산5-14	043-879-3568	http://lib.kdu.ac.kr
금강대학교도서관	충남논산시 상월면 대명리 14-9	041-731-3322	http://lib.ggu.ac.kr
LG정밀(주)제2공장자료실	경기오산시가수동379	031-772-1171(318)	http://www.lginnotek.com
LG정보통신(주)자료실	경북구미시공단동299	054-460-5311	http://www.lge.co.kr

회원명	주 소	전 화	홈페이지
금오공대도서관	경북구미시신평동188-1	054-461-0131~4	http://ran.kumoh.ac.kr
남서울대도서관	충남천안시성환읍매주리21	041-580-2076	http://ness.nsu.ac.kr
단국대도서관	경기도용인시수지구죽전로 152	1899-3700	http://www.dankook.ac.kr
단국대율곡기념도서관	충남천안시동남구단대로 119 (안서동 산29)	041-550-1621	http://dulis.anseo.dankook.ac.kr
대구대도서관	대구남구대명동2288	053-850-2081~6	http://love.taegu.ac.kr
대원공과대학도서관	충북제천시신월동산22-8	043-649-3202	http://lib.daewon.ac.kr
동서울대학도서관	경기성남시수정구복정동423	031-720-2191	http://dlibrary.dsc.ac.kr
대전대도서관	대전동구용운동96-3	042-280-2673	http://libweb.taejon.ac.kr
대전한밭대도서관	대전동구삼성2동305-3	042-630-0616	http://tjdigital.tnut.ac.kr
대전한밭도서관	대전중구문화동145-3	042-580-4255	http://hanbat.metro.taejon.kr
대진대중앙도서관	경기포천군포천읍선단리산11-1	031-535-8201~5	http://library.daejin.ac.kr
대천대도서관	충남보령시주포면관산리산6-7	041-939-3026	http://www.dcc.ac.kr
동강대도서관	광주시 북구 두암동771	062-520-2114	http://dongkang.ac.kr
동국대도서관	서울중구필동3가26	02-260-3452	http://lib.dgu.ac.kr
동서대도서관	부산사상구주례동산69-1	051-320-1640	http://libcenter.dongseo.ac.kr
동아대도서관	부산서구동대신동3가1	051-204-0171	http://av3600.donga.ac.kr
동양대도서관	경북영주시풍기읍교촌동1번지	054-630-1053	http://dyucl.dyu.ac.kr
동양공업전문대학도서관	서울구로구고척동62-160	02-610-1731	http://www.dongyang.ac.kr
동원대학술정보센터	경기광주군실촌면신촌리산1-1	031-763-8541(140)	http://www.tongwon.ac.kr
두원공과대학도서관	경기안성군죽산면장원리678		http://www.doowon.ac.kr
만도기계중앙연구소	경기남양주군와부읍덕소리95	031-768-6211	http://www.mando.com
목원대도서관	대전중구목동24	042-252-9941~50	http://lib.mokwon.ac.kr
목포대도서관	전남무안군청계면도림리61		http://203.234.22.46/
목포해양대도서관	전남목포시죽교동572	061-240-7114	http://lib.miryang.ac.kr
배재대도서관	대전서구도마2동439-6	042-520-5252	http://lib.mmu.ac.kr
부경대도서관	부산남구대연3동599-1	051-622-3960	http://libweb.pknu.ac.kr
부산대도서관	부산금정구장전동산30	051-510-1814	http://pulip.pusan.ac.kr
부산외국어대도서관	부산남구우암동산55-1		http://www.pufs.ac.kr
부천대도서관	경기부천시원미구심곡동454-3	032-610-3272	http://www.bucheon.ac.kr
한국과학기술정보연구원정보자료실	서울동대문구청량리동206-9		http://www.kiniti.re.kr
삼지전자(주)	서울금천구가산동459-21	02-850-8167	
삼척산업대도서관	강원삼척시교동산253	033-570-6278	http://lib.samchok.ac.kr
상명대학교컴퓨터시스템공학전공	충남천안시안서동산98-20	041-550-5356	
상주대도서관	경북상주시가장동386	054-530-5641	http://san.sangju.ac.kr
상지대중앙도서관	강원원주시우산동산41	033-730-0366	http://lib.sangji.ac.kr
생산기술연구원정보자료실	서울금천구가산동371-36	02-850-9142~3	http://www.kitech.re.kr
산업기술시험평가연구소자료실	서울구로구구로동222-13	02-860-1292	http://www.ktl.re.kr
삼성SDI	경기용인시기흥구공세동	031-288-4121	http://www.samsungSDI.co.kr
서강대도서관	서울마포구신수동1-1	02-751-0141	http://loyola1.sogang.ac.kr
서경대도서관	서울성북구정릉동16	02-940-7036	http://lib.seokyeong.ac.kr
서울대도서관	서울관악구신림동산56-1	02-880-5114	http://solarsnet.snu.ac.kr
서울대전기공학부해동학술정보실	서울관악구신림동산56-1	02-880-7278	
서울산업대도서관	서울도봉구공릉동172	02-972-1432	http://cdserver.snut.ac.kr
서울시립대도서관	서울동대문구전농동8-3	02-2245-8111	http://plus.uos.ac.kr

회원명	주 소	전 화	홈페이지
서울여자대도서관	서울노원구공릉2동126	02-970-5305	http://lib.swu.ac.kr
서울통신기술(주)통신연구소	서울강동구성내3동448-11	02-2225-6613	http://www.scommtech.co.kr
선문대도서관	충남아산시탕정면갈산리100	041-530-2525	http://delta.sunmoon.ac.kr
성결대도서관	경기안양시안양8동147-2		http://211.221.247.5
성균관대과학도서관	경기수원시장안구천천동287-1	031-290-5114	http://skksl.skku.ac.kr
성남산업진흥재단(재)	경기성남시수정구수진1동587	031-758-9901	http://www.ked.or.kr
성신여대도서관	서울성북구동선동3가249-1	02-920-7275	http://lib.sungshin.ac.kr
세종대도서관	서울광진구군자동98	02-3408-3098	http://sjulib.sejong.ac.kr
수원대중앙도서관	경기화성군봉담면와우리산2-2	031-232-2101(378)	http://lib.suwon.ac.kr
수원과학대도서관	경기화성군정남면보통리산9-10	031-252-8980	http://www.suwon-sc.ac.kr
순천대도서관	전남순천시매곡동315	061-752-8131	http://203.246.106.33/
숭실대도서관	서울동작구상도1동1-1	02-820-0114	http://oasis.soongsil.ac.kr
안동대도서관	경북안동시송천동388	054-850-5238	http://library.ajou.ac.kr
안산1대학	경기도 안산시 상록구 일동 752	031-400-6900	http://www.ansan.ac.kr
안양대도서관	경기안양시만안구안양5동708-113	031-670-7557	http://www.anyang.ac.kr
안양과학대학도서관	경기안양시만안구안양3동산39-1	031-441-1058~9	http://www.anyang-c.ac.kr
에스씨지코리아(주)	서울강남구대치3동942해성B/D17층	02-528-2700	http://www.onsemi.com
에이치텔레콤(주)	경기도성남시중원구상대원동513-15	031-777-1331	http://www.htel.co.kr
여수대도서관	전남여수시둔덕동산96-1	061-659-2602	http://www.yosu.ac.kr
연세대도서관	서울서대문구신촌동134	02-361-2114	http://library.yonsei.ac.kr
영남대중앙도서관	경북경산시대동214-1	053-882-4134	http://libs.yeungnam.ac.kr
영동공과대학도서관	충북영동군영동읍설계리산12-1	043-740-1071~2	http://210.125.191.101/
오산전문대학도서관	경기오산시청학동17	031-372-1181	http://osanlib.osan-c.ac.kr
(주)오피콤	서울강남구수서동724(로스데일B/D5층)	02-3413-2500	http://www.opicom.co.kr
충북과학대학도서관	충북옥천군옥천읍금구리40	043-730-6251	http://www.ctech.ac.kr
용인대도서관	경기용인시삼가동470	031-30-5444	http://www.yongin.ac.kr
우리기술투자(주)	서울강남구대치동946-14(동원B/D14층)	02-508-7744	http://www.wooricapital.co.kr
우송대중앙도서관	대전동구자양동산7-6	042-630-9668~9	http://pinetree.woosongtech.ac.kr
울산대중앙도서관	울산광역시남구무거동산29	052-278-2472	http://library.ulsan.ac.kr
원광대중앙도서관	전북이리시신룡동344-2	063-850-5444	http://library.wonkwang.ac.kr
(주)원이앤씨	성남구 중원구 상대원동 190-1	031-776-0377	
위덕대학교도서관	경북경주시강동면유금리산50	054-760-1051	http://lib.uiduk.ac.kr
유한대학도서관	경기부천시소사구괴안동185-34		http://ic.yuhan.ac.kr
육군제1266부대연구개발처자료실	부산남구대연동우체국사서함1-19		
육군사관학교도서관	서울노원구공릉동사서함77호	02-975-0064	http://www.kma.ac.kr
육군종합군수학교도서관	대전유성구추목동사서함78-401	042-870-5230	
익산대학도서관	전북익산시마동194-5	063-840-6518	http://library.iksan.ac.kr
이화여대중앙도서관	서울서대문구대현동11-1	02-3277-3137	http://ewhabk.ewha.ac.kr
인제대도서관	경남김해시어방동607번지	055-320-3413	http://ilis1.inje.ac.kr
인천대도서관	인천남구도화동177	032-774-5021~5	http://wlib.incheon.ac.kr
인천전문대도서관	인천남구도화동235		http://www.icc.ac.kr
(주)인텍웨이브	서울구로구구로3동197-17(에이스테크노타워501)	02-3282-1185	http://www.intechwave.com
인하대도서관	인천남구용현동253	032-862-0077	http://library.inha.ac.kr
인하공전도서관	인천남구용현동253	032-870-2091-3	http://library.inhatc.ac.kr

회원명	주 소	전 화	홈페이지
전남과학대학도서관	전남곡성군옥과면옥과리산85	061-360-5050	http://www.chunnam-c.ac.kr
전남대도서관	광주북구용봉동300	062-550-8315	http://168.131.53.95/
호원대도서관	전북군산시임피면월하리727	063-450-7106	http://indang.howon.ac.kr
전주대중앙도서관	전북전주시완산구효자동3가1200	063-220-2160	http://lib.jeonju.ac.kr
우석대학도서관	전북완주군삼례읍후정리490	063-273-8001(206)	http://library.woosuk.ac.kr
제주대도서관	제주제주시아라1동1	064-755-6141	http://chulic.cheju.ac.kr
중부대도서관	충남금산군추부면마전리산2-25	041-750-6571	http://www.joongbu.ac.kr
중앙대도서관	서울동작구흑석동221	02-815-9231	http://www.lib.cau.ac.kr
중앙대안성도서관	경기안성군대석면내리		http://www.alib.cau.ac.kr
창원대학도서관	경남창원시퇴촌동234	055-283-2151	http://lib.changwon.ac.kr
창원시립도서관	창원시반송동산51-5	055-281-6921~2	http://city.changwon.kyongnam.kr
청양대도서관	충남청양군청양읍벽천리90		http://www.cheongyang.ac.kr
청주대도서관	충북청주시상당구내덕동36	043-229-8648	http://wuam.chongju.ac.kr
천안대도서관	충남천안시안서동산85-1		http://moon.chonan.ac.kr
천안공업대자료실	충남천안시부래동275		http://www.cntc.ac.kr
한국철도대학도서관	경기의왕시월암동산1-4	031-454-4019	http://library.krc.ac.kr
초당대도서관	전남무안군무안읍성남리419	061-450-1901~3	http://library.chodang.ac.kr
충북대도서관	충북청주시개신동산48	043-261-3114~9	http://cbnul.chungbuk.ac.kr
충주대도서관	충북중원군이류면검단리123	043-842-7331~5	http://chains.chungju.ac.kr
탐라대도서관	제주서귀포시하원동산70	064-735-2000	http://www.tamna.ac.kr
특허청심사4국전자심사담당관실	대전서구둔산동920 042-481-5673		
포항공과대학도서관	경북포항시포항우체국사서함125호	054-275-0900	http://www.postech.ac.kr
한경대도서관	경기안성시석정동67	031-670-5041	http://www.hankyong.ac.kr
하남시립도서관	경기하남시신장동520-2	031-790-6597	http://hanamlib.go.kr
한국정보통신기능대학원	경기광주시 역동 181-3	031-764-3301	http://www.icpc.ac.kr
한국과학기술원과학도서관	대전유성구구성동373-1	042-861-1234	http://darwin.kaist.ac.kr
한국과학기술연구원도서관	서울성북구하월곡동39-1	02-962-8801(2418)	http://161.122.13.12/
한국기술교육대학도서관	충남천안군병천면가전리산37	041-560-1253~4	http://dasan.kut.ac.kr
한국방송통신대학도서관	서울종로구동숭동169	02-7404-381	http://knoulib.knou.ac.kr
한국산업기술대도서관	경기시흥시정왕동사화공단3가101	031-496-8002	http://www.kpu.ac.kr
한국산업기술평가원	서울강남역삼동701-7(한국기술센타11층)	02-6009-8034	http://www.itep.re.kr
한국외국어대용인캠퍼스도서관	경기용인군왕산리산89	031-309-4130	http://weblib.hufs.ac.kr
한국전력기술(주)	경기도용인시구성읍마북리 360-9	031-289-4015	http://www.kopec.co.kr
한전전력연구원기술정보센터	대전유성구문지동103-16	042-865-5875	http://www.kepri.re.kr
한국전자통신연구원도서실	대전유성구가정동161	042-860-5807	http://www.etri.re.kr
한국조폐공사기술연구소기술정보실	대전유성구가정동90	042-823-5201(592)	http://www.komsep.com
한국철도기술연구원자료실	경기의왕시월암동374-1	031-461-8531	http://www.krri.re.kr
한국항공대도서관	경기고양시화전동200-1	031-309-1862	http://210.119.25.2/
한국항공우주연구소기술정보실	대전유성구어은동52	042-868-7811	http://www.kari.re.kr
한국해양대도서관	부산영도구동삼동1	051-414-0031	http://kmulib.kmaritime.ac.kr
한동대도서관	경북포항시북구흥해읍남송리3		http://salt.handong.edu
한세대도서관	경기군포시당정동604-5	031-450-5165	http://lib.hansei.ac.kr
한양대도서관	서울성동구행당동17	02-209-2114	http://library.hanyang.ac.kr

회원명	주 소	전 화	홈페이지
한양대안산도서관	경기안산시대학동396	031-869-2111	http://information.hanyang.ac.kr
해군제9135부대군수발전부표준규격과	경남진해시현동사서함2호		
해군사관학교도서관	경남진해시앵곡동사서함1-1		http://www.navy.ac.kr
해군정비창기술연구소	경남진해시현동사서함602-3호	055-549-3602	
현대자동차기술관리부	정보자료실 경남울산시중구양정동700		http://www.hyundai-motor.com
SK 하이닉스 메모리연구소정보자료실	경기이천군부발읍아미리산136-1	031-630-4514	
협성대학술정보관	경기화성군봉담읍상리8-1	031-299-0658	http://hulins.hyupsung.ac.kr
혜전대도서관	충남홍성군홍성읍남장리산16	041-630-5167	http://www.hyejeon.ac.kr
한라대학	강원원주시흥업면흥업리산66	031-760-1184	http://lib.halla.ac.kr
한서대도서관	충남서산군해미면대곡리360	041-660-1114	http://library.hanseo.ac.kr
호남대도서관	광주광산구서봉동59-1	062-940-5183	http://library.honam.ac.kr
호서대도서관	충남아산군배방면세출리산29-1	041-540-5080~7	http://library.hoseo.ac.kr
홍익대도서관	서울마포구상수동72-1	02-334-0151(409)	http://honors.hongik.ac.kr
홍익대문정도서관	충남연기군조치원읍신안동	041-860-2241	http://shinan.hongik.ac.kr
대구효성가톨릭대도서관	경북경산시하양읍금락1리330	053-850-3264	http://lib.cataegu.ac.kr

박사학위 논문초록 게재 안내

본 학회에서는 전자공학회지에 국내외에서 박사학위를 취득한 회원의 학위 논문초록을 게재하고 있으니 해당 회원 여러분의 적극적인 참여를 바랍니다.(단, 박사학위 취득후 1년 이내에 제출해 주시는 것에 한함.)

성 명	(국문) (한문) (영문)			
학위취득	학 교 명	대학교 학과	생년월일	년 월 일
	취득년월	년 월	지도교수	
현 근무처 (또는 연락처)	주 소			(우편번호 :)
	전화번호		FAX번호	
학위논문 제목	국 문			
	영 문			
KEY WORD				

국문 초록(요약) : 1000자 이내

보내실 곳 _ 06130
서울특별시 강남구 테헤란로 7길 22(역삼동, 과학기술회관 신관 907호)
사무국 회지담당자앞
E-mail : edit@theieie.org
TEL : (02)553-0255(내선 3) FAX : (02)552-6093

대한전자공학회
IEIE The Institute of Electronics and Information Engineers

이 학술지는 정부재원으로 한국과학기술단체총연합회의 지원을 받아 출판되었음.

전자공학회지 〈월간〉 제45권 제2호(통권 제405호) The Magazine of the IEIE

2018년 2월 20일 인쇄
2018년 2월 25일 발행

발행및 편집인 **(사) 대한전자공학회 회장 백 준 기**
인쇄인 **한림원(주) 대표 김 흥 중**
발행인 **사단법인 대 한 전 자 공 학 회**
(우)06130 서울 강남구 테헤란로 7길 22(역삼동, 과학기술회관 신관 907호)
TEL.(02)553-0255~7 FAX.(02)552-6093
E-mail : ieie@theieie.org
Homepage : http://www.theieie.org
씨티은행 102-53125-258
지로번호 7510904

2018년도 회비납부 안내

1. 회비의 납부 및 유효기간

2018년도 회원 연회비는 2017년과 동일함을 알려드리며, 아직 2018년도 회비를 납부하지 않으신 회원님께서는 납부하여 주시기 바라며, 연회비의 유효기간은 회비를 납부한 당해연도에 한합니다.
평생회원님 및 이미 회비를 납부해주신 회원님께서는 학회에서 정리관계로 시차가 있을 수 있으므로 양지하시고 이 항목은 무시하여 주십시요.

◆ 2018년도 회원 연회비는 다음과 같습니다.
- 정 회 원 : 70,000원 (입회비 : 10,000원)
- 학생회원 : 30,000원 (입회비 면제)
- 평생회원 : 700,000원
  - 평생회비 할인 제도: 학회 홈페이지 안내 참조
  - 평생회비 분납 제도(1년 한): 평생회비 분할 납부를 원하시는 회원께서는 회원 담당에게 요청하여 주시기 바랍니다.

2. 논문지(eBook) 제공

학회지와 논문지(국.영문)가 eBook으로 발간되어 학회 홈페이지(http://www.theieie.org)를 통해 제공되고 있습니다. 다만 간행물을 우편으로 받기 원하시는 회원께서는 학회로 신청하여 주시기 바랍니다.

3. 회비의 납부방법

신용카드(홈페이지 전자결재) 및 계좌이체 (한국씨티은행, 102-53125-258)를 이용하여 학회 연회비, 심사비 및 논문게재료 등을 납부하여 주시기 바랍니다.

4. 석 · 박사 신입생 및 재학생 다년 학생회원 가입 및 회비 할인 제도 안내

우리 학회에서는 석 · 박사 신입생 및 재학생을 위하여 다년 학생회원 가입 제도 및 회비 할인 제도를 마련하였습니다. 한 번의 회원가입으로 졸업 및 수료 때까지 학회 활동에 참여하실 수 있는 기회가 되시기 바라며 회비 할인 혜택까지 받으시길 바랍니다.

◎가입 대상 및 할인 혜택
- 가입 대상 : 2018년 석 · 박사 신입생 및 재학생
- 할인 내용 : 2년 60,000원(1년당 30,000원) → 2년 50,000원(16.7% 할인)
  3년 90,000원(1년당 30,000원) → 3년 70,000원(22.2% 할인)
  4년 120,000원(1년당 30,000원) → 4년 90,000원(25% 할인)
  5년 150,000원(1년당 30,000원) → 5년 110,000원(26.7% 할인)

5. IEEE 회비 10% 할인(Due 해당액) 안내

우리 학회에서는 IEEE와 MOU체결을 통해 우리학회 회원의 경우 IEEE 회비의 할인(Due 금액의 10%)이 가능하오니, IEEE에 신규 가입하시거나 갱신하실 때 할인혜택을 받으시기 바랍니다.
웹사이트: https://www.ieee.org/membership-catalog/index.html?N=0

6. 문의처

◆ 대한전자공학회 사무국 배기동 차장(회원담당)
(02-553-0255, 내선 5번) / E-mail : biz@theieie.org

SAMSUNG

Galaxy Note8

Do bigger things