

ATSC 3.0 오디오 코덱 표준화 동향

□ 오현오, 홍성진, 박진삼 / (주)윌러스표준기술연구소

I. 서론

북미의 방송 표준을 제정하는 기구인 ATSC에서는 ATSC 3.0이라는 프로젝트로 UHD 방송 표준을 한층 제정하고 있다. 여정의 긴 시작은 2012년에 시작되었고, 2015년 말에는 표준화 과정의 가장 중요한 마일스톤인 후보표준(Candidate Standard)을 완성하는 것을 목표로 마무리 단계에 진입해있다. 방송 표준을 구성하는 여러 레이어 및 기술요소들이 주요 이슈들을 대부분 해결하고 표준 문서 작업이 완료된 가운데, 오디오 시스템은 많은 이해관계자들의 높은 관심이 모인 가운데 아직 표준화 여정이 한참 진행되고 있다.

ATSC 3.0의 오디오 표준 제정이 ATSC 내에서 크게 관심이 있어온 이유는 일정이 늦어진 이유도 있지만, 후보 기술간의 경쟁구도가 첨예하게 놓여져 있기 때문이기도 하다. 경쟁하는 후보

기술을 선정하기 위한 잣대를 구체적으로 결정하는 CfP(Call for Proposal)가 발행되었고, 현재의 HD 방송 표준인 ATSC 1.0 표준을 보유한 디펜딩 챔피언 Dolby와 유럽시장과 모바일 시장을 석권하고 있다고 할 수 있지만 북미 시장관점에서는 도전자인 MPEG국제 표준 진영의 대결구도가 형성되었다는 점 등 여러 흥행(?)요소가 오디오 표준 제정 과정에 존재했다. 그 결과 가장 최근(2015년 9월 23일) 회의인 워싱턴 DC 인근에서 열린 F2F 회의(face-to-face, 오프라인 대면 회의)에는 역대 최대 인원이라고 봐도 될 약 120명의 방송업계 전문가들이 현장 및 전화로 참석하여 열띤 토론으로 오디오 코덱 결정을 위한 논의를 진행하였다. 본 기고에서는 이 회의가 있기까지 ATSC 3.0 오디오 코덱 표준화 과정을 정리한다.

II. ATSC 표준 기구 및 표준화 절차

1. ATSC 표준 기구 및 ATSC 표준 소개

ATSC(Advanced Television Systems Committee)는 방송 기술에 관한 표준을 제정하는 비영리 표준화 단체이다. ATSC는 1982년 JCIC(Joint Committee on InterSociety Coordination), EIA(the Electronic Industries Association), NAB(National Association of Broadcasters), NCTA(National Cable Telecommunications Association) 및 SMPTE(Society of Motion Picture and Television Engineers)의 회원들이 주축이 되어 텔레비전 시스템에 관한 모든 기술을 아우르는 기술 표준을 제정하기 위해 설립되었다. 현재 방송사, 전자제품 제조사, 방송 장비 제조사 등 디지털 방송과 디지털 방송 관련 산업을 대표하는 200여개의 회원사가 ATSC에 참여하고 있다.

ATSC는 1990년대 초 HD 화질의 디지털 방송을 지원하기 위한 디지털 방송 표준인 ATSC 1.0 표준을 제정한 바 있다. 이후, ATSC는 ATSC 1.0 표준과 양립 가능한 양방향 방송과 하이브리드 방송을 위한 표준인 ATSC 2.0 표준을 제정하였으며, 현재는 ATSC 산하 서브커미티 중 하나인 TG3(Technology Group 3)를 통해 차세대 UHD 방송을 위한 방송 표준인 ATSC 3.0 표준을 제정하고 있다.

현재, ATSC는 DVB-T 다음으로 많은 사용자들 확보하고 있는 지상파 디지털 방송 표준이다. 미국, 캐나다, 멕시코를 비롯한 북중미 국가와 대한민국이 ATSC 표준에 기반한 디지털 방송을 송출하고 있다. 북중미 시장이 소비자 전자제품 시장에서 큰 비중을 차지하고, ATSC 3.0이 UHD 방송을 위한 선구적 표준임을 고려할 때, ATSC 3.0 표준이 경제 및 방송 산

업 전반에 미치는 영향이 매우 클 것으로 예상된다.

2. ATSC 3.0 표준화 절차

ATSC 3.0 표준을 제정하는 TG3는 산하에 각 기술 레이어 및 기능 단위로 분류된 4개의 스페셜리스트 그룹(Specialist Group)을 포함한다. 스페셜리스트 그룹 중 S34는 Applications and Presentation 레이어로서 오디오 및 비디오에 관한 기술을 다룬다. S34는 다시 세부 기술에 따라 나뉘어진 서브그룹을 운영한다. 서브그룹 중 S34-2가 오디오 기술에 관련한 표준을 제정하는 오디오 서브그룹이다.

오디오 서브그룹은 각 회원사의 참여위원들의 논의를 통해 선정된 기술을 표준에 포함될 후보 기술로 S34에 추천한다. 이때, 오디오 서브그룹은 “기술적인” 범주에서만 논의를 진행한다. 오디오 서브그룹은 회원사들의 이러한 논의 과정을 통해 선정된 기술과 합의된 사항을 draft document로 만들어 S34에 상정한다. S34는 이에 대해 “기술외적인” 여러 요인을 함께 고려하여 표준 문서의 초안이라고 할 수 있는 표준초안(Working Draft)을 만든다.

S34-2와 S34 회의는 소위 합의(Consensus) 기반의 의사결정을 수행한다. S34-2의 참여위원이 사실상 S34 참여위원이기도 하다. 따라서 S34-2에서 합의가 잘 이뤄질 경우, S34에서는 별다른 논의 없이 바로 표준 초안을 TG3에 추천한다. 추천된 표준초안은 TG3에서 일정 자격 요건을 갖춘 기관들이 각각 1표씩을 행사하는 투표 절차(ballot)를 통해 승인이 된다. 표준초안이 승인되면, 표준초안은 후보 표준(Candidate Standard)으로 승격되거나 바로 제안 표준(Proposed Standard)으로 승격된다.

표준초안이 후보 표준으로 승격되면, TG3는 TG3의 모든 회원사가 참여하는 후보 표준안에 대

한 구현과 기술 리뷰를 진행한다. 후보 표준에 대한 구현 및 기술 리뷰 과정에서 후보 표준이 TG3가 선정한 요구사항을 모두 만족하는 것으로 확인되면, TG3는 후보 표준을 제안 표준으로 승격한다. 이러한 리뷰 과정에서 후보 표준은 개정될 수 있으며, 일정 요건을 만족하지 않는 것이 발견된 경우 다시 표준 초안 상태로 강등될 수 있다.

제안 표준이 제정되면, ATSC는 제안 표준을 ATSC의 정식 표준으로 승격할 것인지 결정하는 투표 절차(ballot)를 진행한다. 이러한 투표 절차에는 일정한 자격 요건을 갖춘 ATSC 회원사들이 참여한다. 투표 절차를 통과한 제안 표준은 마침내 ATSC의 정식 표준으로 승인된다.

III. ATSC 3.0 오디오 시스템 표준화 및 CfP

1. S34-2 오디오 서브그룹 표준화 진행상황

S34-2에서는 복수의 후보 기술이 시장에 존재하여 이들을 선정하기 위한 절차로써 CfP(Call for Proposal)을 만들기로 결정하였다. 2013년 하반기에 CfP를 만들기로 결정한 이래 1년 여의 긴 시간 동안 예비 기술제안사를 포함한 여러 전문가들이 참여하여 다양한 관점에서 논의를 한 끝에 2014년 12월에야 비로소 CfP를 완성하고 발행하였다. 이후 CfP 표준절차에 따라 후보 기술이 제안되면, 이에 대한 경합 및 선정 과정을 통해 2015년 8월에 후보 기술을 선정하고, 선정된 후보 기술을 S34에 추천하는 일정을 계획하였다. 그러나, 최종 선정 단계에서 남아있던 2개 후보 기술에 대한 참여 기관간의 지지 의견이 엇갈려 합의가 이뤄지지 않았다.

2. CfP 요약

ATSC 3.0의 오디오 시스템을 선정하기 위한 기술 공개 모집인 CfP는 2014년 12월에 공식 Issue되었다. CfP는 복수의 후보 기술이 제안되었을 때 이들에 대한 평가 방법을 구체화하여 기술한다. 구체적으로 CfP는 Proponent(기술제안사)가 처음 후보 기술을 등록하는 과정에서부터 후보 기술에 대한 성능평가 방법 그리고 최종 선정 방법까지 기술하여, 공개 문서인 CfP만을 참조하더라도 후보 기술을 제안하고 또 평가하는 것을 가능하게 한다. CfP는 S34-2 참여 위원들의 참여에 의해 만든 문서로써 다음과 같은 주요 내용을 포함한다.

1) ATSC 3.0의 오디오 시스템 요구사항

ATSC 3.0 시스템 요구사항 자체는 TG3에서 승인하여 2014년 초에 공식 Issue된 별도의 문서에 기재되어 있으며[1], CfP에서는 이 가운데 오디오 시스템과 관련된 내용만을 추려 나열하고 있다. 제안된 시스템은 CfP에 기재된 시스템 요구사항을 모두 만족할 것을 요구한다. 다음장에 주요 요구사항을 다시 정리하였다.

2) 오디오 시스템 평가 방법 및 절차

- **Proponent Registration:** S34-2의 회원사가 기술 제안사로 최초 등록하기 위해서는 제안하는 회사에 대한 소개, 제안하는 기술에 대한 개요, 추후 진행될 음질평가를 수행할 수 있는 시설 보유 여부 등을 기재한 문서를 등록신청서와 함께 제출하여야 한다.
- **Precertification(사전인증):** 등록 내용을 ATSC가 승인하고 나면, 기술제안사는 즉시 사전인증 절차에 들어간다. 사전인증 단계에서는

상세한 기술 문서와 함께 ATSC에서 제공한 테스트 음원 샘플을 부호화하고 복호화한 음원 파일, 그리고 해당 음원 파일에 대해 ITU-R BS.1116 표준 [3]에 기반한 자체 주관적 음질평가 결과를 제시하도록 되어 있다. 여기서 상세한 기술 문서는 기술 문서 자체만으로 시스템을 구현할 수 있을 정도의 상세함이 요구된다. 통상 다른 기관에서 표준화된 기술인 경우, 해당 표준 문서를 함께 제출한다. 자체적으로 행해지는 주관적 음질평가는 ITU-R BS.1548 [4]에 따라 5점 만점에 4.0 이상의 점수를 유지하는 여부와 이를 위해 필요한 bitrate를 제시하도록 되어 있다.

• **Phase 1 – 공식 음질평가 및 특징 평가:** Phase 1 평가는 사전인증을 통과한 후보 기술에 대해서 본격적으로 비교 음질평가를 포함하는 과정이다. 오디오 시스템 선정의 핵심 요인은 실제 서비스에서 사용될 비트율, 포맷, 재생환경 등의 시나리오에서 어떤 기술이 가장 좋은 음질을 보이는지에 있다. 이를 평가하기 위해 S34-2는 ITU-R BS.1534 표준(일명 MUSHRA, [5])에 따른 비교 음질 평가 방법을 수행하였다. 본 평가 방법에 대한 결정은 앞서 CfP 작성 과정에서 각 기술제안사 별로 가장 첨예하게 입장이 나뉘어서 합의에 많은 시간이 걸린 부분이기도 하다. <표 1>은 Phase 1 평가 중 코덱성능평가 항목에서 사용된 콘텐츠 포맷 및 비트율을 정리한 것이다. 코덱성능평가 이외에 몰입감에 대한 헤드폰 평가(Immersive Headphone Test) 역시 비교음질평가 항목으로 포함되었다. ATSC 3.0이 강력하게 지향하고 있는 방향 중 하나가 모바일 기기에서의 방송시청인데, 이 경우 헤드폰을 통해 Immersive Sound(몰

입감과 현실감이 극대화된 입체음향)를 제공할 수 있는지 여부는 코덱 성능의 중요한 평가지표라 할 수 있다.

Phase 1 평가는 비교 음질 평가 이외에도 일명 기술 특징 평가(Feature Evaluation)가 포함된다. 시스템 요구사항의 만족 여부를 상세히 검증함과 더불어 ATSC 3.0 서비스에 유용한 부가적인 기술 특징이 있는 경우 이를 제안하고, 확인하는 과정이다. 그리고, 마지막으로 Phase 1 평가에 응한 기술제안사들은 해당 기술에 대한 데모를 적극 독려받았는데, 실제로 2015년 7월에 Atlanta의 한 호텔에서 기술제안사가 각각 데모부스를 열고 데모를 실시하였다.

Phase 1의 비교 음질 평가에서 특정 제안 기술이 비교 우위를 보인다면, 해당 기술이 표준으로 추천될 가능성이 가장 높았을 것이다.

<표 1> ATSC 3.0 Phase 1의 코덱성능평가에 사용된 비트율 (in kbps), ±2% (원문 [3])

CONTENT FORMAT	LOW	MEDIUM	HIGH
Stereo	32	64	96
5.1	80	144	208
7.1+4	144	256	384
22.2	288	512	768
HOA +LFE	10 kbps/ch	20 kbps/ch	30 kbps/ch
[ch=(N+1)]	+4 kbps/LFE	+8 kbps/LFE	+16 kbps/LFE

• **Phase 2 – 오디오 시스템 선택:** Phase 1의 공식 음질 평가 결과와 기술 특징 평가 결과를 바탕으로 하여 S34-2는 한개 혹은 복수의 시스템에 대한 후보가 되는 표준 문서를 각 위원들 간의 합의(Consensus)를 기반으로 결정하여 상위그룹인 S34에 추천(Recommendation)하는 것이 Phase 2의 과정이며, Phase 2가 완료되면 CfP에 따른 절차가 사실상 종료된다.

3. ATSC 3.0 오디오 시스템 요구사항

최종 선정된 ATSC 3.0 오디오 시스템 표준은 제시된 ATSC 3.0 시스템 요구사항[1]을 모두 만족해야 한다. 만족여부는 제시된 기술문서 등을 근거로 기술제안사에서 소명해야 하며, S34-2 서브그룹의 위원들은 그 만족여부를 검증한다. 각각의 상세한 요구사항은 지면관계상 생략하고 핵심적인 특징만 요약하면 다음과 같다.

- 1) **이머시브 포맷과 기존 포맷의 지원(Immersive & legacy support)**: 기존 시장에서 널리 사용되던 포맷인 모노, 스테레오, 5.1 채널, 7.1 채널 및 소위 이머시스 오디오를 지원해야 한다. 이머시브 포맷의 전형적인 예로써 표 1의 7.1+4 채널 포맷을 사용하였으며, 역시 표 1에 제시된 것과 같이 22.2 채널 포맷과 HOA 포맷을 선택적으로 제한할 수 있다.
- 2) **차세대 유연한 렌더링 환경 대응(Next-gen system flexibility & renderer)**: 시스템은 다양한 스피커 환경은 물론 헤드폰을 통해서도 이머시브 오디오를 재현할 수 있어야 한다.
- 3) **개인화 및 인터랙티브 제어(Personalization & interactive control)**: 시스템은 배경음 대비 대사의 상대적인 볼륨을 조정하거나, 인터넷망을 통해 전송된 NRT(Non-Real Time) 오디오 트랙과의 효과적인 믹싱, 부가 오디오 트랙과의 믹싱 등의 제어 기능을 제공해야 한다.
- 4) **차세대 라우드니스 및 다이내믹 레인지 제어(Next-gen loudness management & DRC)**:

재생 오디오 신호에 대한 라우드니스와 다양한 재생 기기에서 허용하는 다이내믹 레인지에 대해 적용할 수 있는 기능을 제공해야 한다.

- 5) **방송 시스템 및 제반 환경 대응(Broadcast system & infrastructure)**: 라이브 중계가 가능한 정도의 충분히 낮은 시간 지연, FCC의 규정 만족, 비디오 포맷과의 결합성, 오디오/비디오 립싱크 등 방송시스템으로 갖춰야 할 다양한 요구사항을 만족해야 한다.
- 6) **압축 성능 및 품질(Compression requirements: relative performance: efficiency/quality)**: 최신 오디오 코덱으로써 이머시브 오디오를 ITU-R의 BS.1548의 기준을 만족할 만큼 높은 압축율로 압축할 수 있어야 한다.

IV. 제안된 기술 요약

2014년 12월 CFP를 이수한 후 2015년 1월에 실제 기술을 응모한 기술제안사는 당초 CFP 문서 작업에 적극적으로 참여했던 곳이기도 한 DTS, Dolby, 그리고 MPEG-H Audio Alliance(MAA)의 3개 회사(혹은 연합)였다. MAA는 Fraunhofer IIS, Technicolor, Qualcomm의 3개 회사가 연합한 팀이다. 각 회사가 제안한 기술은 특징은 다음과 같다.

1. MAA

MAA는 ISO/IEC 23008-3 MPEG-H 3D Audio

(이하 3DA)에 해당하는 국제표준 기술을 제안하였다. 3DA는 22.2채널까지의 채널포맷은 물론 객체(Object) 오디오 및 HOA(High Order Ambisonics, 고차앰비소닉스)라는 신호포맷까지를 입력으로 사용하여, 시장에 존재하는 기술 중 가장 높은 압축 성능을 가질 뿐 아니라 임의의 스피커 레이아웃을 위한 포맷컨버전 기능, 헤드폰을 통한 이머시브 사운드 제공을 위한 바이노럴 렌더링 기능 등을 하나의 표준안에 모두 포함한 종합 솔루션이다. 기존 MP3, AAC 등 모바일 시장에서 널리 쓰이는 오디오 코덱을 개발했던 국제표준기구로써, MAA의 제안사 이외에도 표준에 참여했던 많은 글로벌 기업들이 잠재적 특허권자로서 직접적 이해관계를 가지고 있을 것으로 예상된다. 제안된 기술 중 유일하게 특정 회사의 단독소유 기술이 아닌 국제표준기구의 표준화를 통해 완성된 기술이기도 하다. 3DA는 표준화 과정에서부터 ATSC 3.0 표준에 정조준하여 일정과 내용을 진행하였기 때문에, 해당 표준의 요구사항을 만족하는데는 문제가 없을 것으로 예상되기도 했다. 가장 효과적인 압축성과 모바일에서의 호환성을 중요 장점으로 생각할 수 있는 반면, 북미 시장의 경우 기존 방송 인프라에 적용된 사례가 없고, 북미의 지원 인프라가 충분치 않을 것이라는 점이 단점으로 지적되었다.

2. Dolby

Dolby는 기존 ATSC 1.0인 북미 및 국내 DTV 표준의 오디오 코덱인 AC3를 소유한 회사로써, 이번 기술 제안은 일종의 디펜딩 챔피언으로써의 참여 성격이 짙다. Dolby가 제안한 기술은 AC4 라는 신규 표준에 기반한 시스템으로써, ETSI를 통해 국제 표준 문서 등록을 진행한 표준이기는 하나 Dolby가

사실상 독점한 기술로 볼 수 있다. AC4는 Version 1 과 Version 2 기술로 나뉘는데, Version 2에 와서야 ATSC 3.0의 모든 요구사항을 만족할 수 있는, 특히 객체 오디오에 대한 송수신이 가능한 기술이다. AC4 개발 과정은 철저히 Dolby 사 내부의 연구 개발을 통해 진행된 절차이고, 표준문서 및 기술 제안서를 통해 공개된 내용 이외의 정보를 알 수 없기 때문에 MAA에 견주면 기술에 대한 상세한 장단점 파악이 어렵다. Dolby가 2000년대 후반 기존 MPEG SBR 등의 표준 기술을 개발하던 독일의 Coding Technologies 라는 회사를 인수하여 이 팀이 AC4 개발에 주도적으로 참여한 것으로 추정되는 바, SBR 등 Coding Technologies 사가 가지고 있던 기술들이 AC4에 대거 사용되었을 것으로 예상할 수 있다. Dolby는 또한 극장용 사운드트랙 생성 및 렌더링을 위한 기술인 Dolby ATMOS라는 기술 기반의 인프라를 시장에 적극적으로 확산하는 과정에 있기 때문에, 이를 근간으로 그리고 기존 AC3 기반의 시스템에서 축적된 노하우 등을 근거로 북미 방송/컨텐츠 제작사들로부터 높은 지지를 받을 것으로 예상되었으며, MAA 대비 시 단독개발한 기술의 한계로 압축 성능에서 약점을 가질 점이 우려되기도 했다.

3. DTS

DTS는 ATSC 2.0 표준의 틀박스에 포함되기도한 DTS-HD라는 표준이 있지만, 이보다는 DVD, Bluray 등의 디스크 미디어를 통해 널리 알려진 DTS, DTS-HD 코덱을 가진 회사로써, 상대적으로 데이터를 많이 쓰는 대신(압축을 덜 하는 대신) 더 고음질을 추구하는 사용자를 위한 코덱기술로 포지셔닝하고 있는 회사이며, 이번 표준화 참여시의 전

략도 그와 같은 지위였던 것으로 보인다. ATSC 3.0에는 DTS:X라는 기술 패키지로 제안을 하였으며, 이 안에 ATSC3.0의 요구사항을 만족하기 위한 여러 기술이 포함된 것으로 발표하였다. 그런데 CFP에 따른 사전인증(Precertification) 단계에서 자체 음질평가 결과가 4.0에 이르지 못한 포인트가 있었던 점과 더불어, 제안 시스템을 이해하는데 필요한 충분한 수준의 문서, 즉, 표준문서를 제출하지 못한 점이 많은 도전을 받았다. 그리고, 사전인증 단계 참여 이후 DTS 스스로 제안철회를 하게 되어 이후 표준화 일정에 후보기술로 참여를 하지 않았다.

V. 경과 및 결론

본 원고 마감에 있던 2015년 9월 말 현재 ATSC는 3.0을 위한 오디오 시스템을 결정하지 못했다. CFP를 발행하기 위한 기간이 길어지면서 비디오, 시스템 등 다른 부분들의 표준화 일정에 비해 시간이 많이 늦춰진 것이 큰 원인이다. 또한 후보 기술 중 DTS가 일찌감치 철회를 하여 2파전 양상이 되었고, ATSC 참여 회원사들의 입장이 MAA와 Dolby로 양분되어 어느 한쪽으로 컨센서스를 모으기 어려운 상황이었던 점도 표준 결정에 어려움을

주었다. 가장 최근의 S34-2 회의 (2015년 9월 23일)에서는 이와 같은 deadlock 상황의 결론으로써, 오디오 서브그룹 단계의 활동은 MAA와 Dolby가 제안한 기술 모두를 Draft Document로 작성하여 S34에 올리는 것으로 합의하였다. 이 과정에서 일부 반대의견이 있었다. MAA와 Dolby 제안 기술 모두 ATSC3.0 오디오 시스템의 모든 요건조건을 충족하였고 두 기술간의 기술적인 우열을 판단하기 어렵기에, 두 기술 모두 S34-2에서는 “졸업”시키자는 결론이다. 이후의 판단은 기술 외적인 모든 요소를 같이 고려하여 S34에서 다시 논의가 진행될 예정이며, 표준화 마일stones을 고려할 때 2015년 10월 중에는 S34에서도 결론을 낼 것을 기대하고 있다.

ATSC는 북미 지상파 수신자를 고려한 시장의 크기보다는 콘텐츠 생성의 거대 중심인 북미시장의 방송표준이라는 상징적 의미가 더 큰 곳이기 때문에 여러 이해관계자들의 입장이 첨예하게 부딪히며 높은 관심을 갖는 가운데 표준화가 진행되고 있다. HD 방송을 ATSC 1.0 기반으로 사용하고 있는 국내의 경우도 지상파 UHD 방송 표준 제정에 있어 ATSC 표준의 방향으로부터 완전히 자유롭기는 쉽지 않다. 그런 이유로 ATSC 3.0 오디오 표준의 향후 진행에 대해서도 계속해서 관찰되어야 할 것으로 보인다.

참고 문헌

- [1] ATSC TG3-S31-087r10, “ATSC 3.0 System Requirements,” Advanced Television Systems Committee, Washington, DC, 2014.
- [2] ATSC S34-11r4, “Call for Proposals: ATSC 3.0 Audio System,” Advanced Television Systems Committee, Washington, DC, 2014.
- [3] ITU-R Recommendation BS.1116-2, “Methods for the Subjective Assessment of Small Impairments in Audio Systems Including Multichannel Sound Systems,” International Telecommunications Union, Geneva, Switzerland, 2014.
- [4] ITU-R Recommendation BS.1548-4, “User requirements for audio coding systems for digital broadcasting”, International Telecommunications Union, Geneva, Switzerland, 2013.

필자소개



오현오

- 1996년 2월 : 연세대학교 전자공학과 졸업 (학사)
- 1998년 2월 : 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업 (석사)
- 2002년 8월 : 연세대학교 대학원 전기전자공학과 졸업 (박사)
- 2010년 8월 : LG전자 Digital TV 연구소 책임연구원
- 2011년 3월 : 연세대학교 전기전자공학과 연구교수
- 2015년 현재 : (주)윌러스표준기술연구소 연구위원
- 2015년 현재 : 가우디오디오랩(주) 대표이사
- 주관심분야 : 오디오/방송 표준화, 이머시브 오디오, 오디오/음성 신호처리, 가상현실



홍성진

- 2007년 2월 : 서울대학교 전기공학부 졸업 (학사)
- 2010년 2월 : ㈜TOPFIELD 근무
- 2012년 11월 : 제49회 변리사 시험 합격
- 2015년 6월 : 한미르특허법률사무소 방송표준/비디오 코덱 표준 기술 담당 변리사
- 2015년 현재 : ㈜윌러스표준기술연구소 선임연구원
- 주관심분야 : 차세대 방송/통신 표준



곽진삼

- 1998년 2월 : 서울대학교 전기컴퓨터공학과 졸업 (학사)
- 2000년 2월 : 서울대학교 전기컴퓨터공학과 졸업 (석사)
- 2004년 8월 : 서울대학교 전기컴퓨터공학과 졸업 (박사)
- 2005년 10월 : Georgia Institute of Technology, 박사 후 연구원
- 2006년 12월 : University of Texas at Austin, 박사 후 연구원
- 2012년 10월 : LG전자 차세대통신연구소 책임연구원
- 2015년 현재 : ㈜윌러스표준기술연구소 대표이사
- 주관심분야 : 차세대 방송/통신 표준, 5G 응용기술, 가상현실