

## 차세대 지상파 4K & HD 융합방송을 위한 전송 시스템 개발에 관한 연구

\*오종규 \*\*원용주 \*\*\*이진섭 \*\*\*\*김준태

건국대학교

\*riza@konkuk.ac.kr

## A study of development of next generation terrestrial 4K & HD convergence transmission systems

\*Oh, Jong-Gyu \*\*Won, Yong-Ju \*\*\*Lee, Jin-Sub \*\*\*\*Kim, Joon-Tae

Konkuk University

### 요약

세계적으로 아날로그 방송에서 디지털 방송으로의 전환이 마무리되고 있는 가운데, 앞으로 다가올 UHD TV 등 실감의 대용량 방송 및 방송·통신 융합 환경에 대비하기 위한 새로운 차기 방송 표준에 관한 연구의 필요성이 날로 높아져 가고 있다. 특히, 저해상도 서비스에 머물러 있던 이동 방송에서는 기존 HD급의 서비스 제공이 가능한 이동 실감방송으로 진화하기 때문에 고정/이동 방송 서비스가 동시에 가능한 고효율 전송 원천 기술 개발이 이루어질 필요가 있다. 이에 최근 지상파 단일 채널을 통해 4K & HD 방송 서비스를 동시에 제공하는 융합방송 시스템 개발에 대해서 연구가 진행되고 있다. 본 논문에서는 지상파 단일 채널을 통해 4K & HD 융합방송 서비스를 제공하기 위해 필요한 전송 요구 사항들에 대해서 분석하고, 효율적인 데이터 전송을 위해 필요한 전송 시스템 및 다중화 기술에 관해서 알아보았다. 또한 분석한 데이터 전송률을 달성하기 위한 최적의 시스템 파라미터를 도출하고 분석하였다.

### 1. 서론

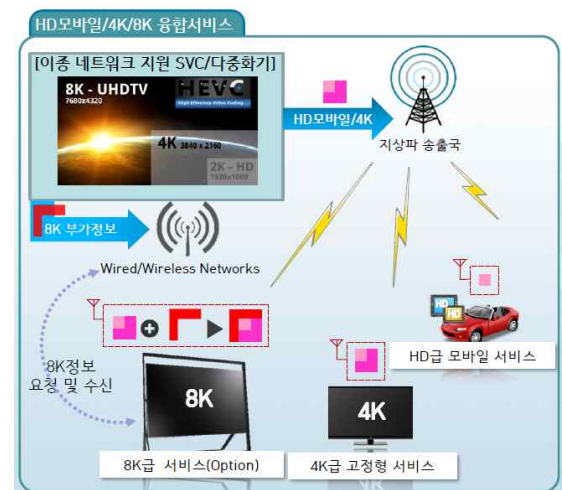
세계적으로 아날로그 방송에서 디지털 방송으로의 전환이 거의 마무리되어감에 따라, Post-HD 시대에 UHD TV 등 실감의 대용량 방송 및 방송·통신 융합 환경에 대비한 새로운 차기 방송 표준에 관한 연구의 필요성이 날로 높아져 가고 있다. 이러한 가운데 ATSC, DVB, EBU, NHK, ETRI 등 14개 기관이 2011년 11월 FoBTV (Future of Broadcast TV)를 결성하여, 브로드밴드 에코시스템 기반 방송의 역할, 차세대 공중파 방송 시스템의 특성, 스펙트럼 스퀴즈 등 미래 방송 시스템에 대한 논의를 시작한 상태이다.

또한 고도화 추세에 있는 이동통신 기술과 더불어 방송의 디지털 전환이 완료되고 있는 시점에서 고도화된 차세대 방송 기술에 대한 기술 선점을 위해 유럽에서 DVB 2.0 시스템을, 미국에서는 ATSC 3.0 시스템을, 일본에선 ISDB-Tmm 시스템에 관한 기술 개발을 이미 추진하고 있는 실정이며, 이에 국내에서도 관련 미래 방송 기술에 대한 원천 기술 및 신규 서비스를 위한 장비 개발에 대한 연구개발이 필요한 상황이다.

특히, 저해상도 서비스에 머물러 있던 이동 방송에서는 기존 고정 방송 위주의 HD급의 서비스 제공이 가능한 이동 실감방송으로 진화하기 때문에 고정/이동 방송 서비스가 동시에 가능한 고효율 전송 원천 기술 개발이 이루어질 필요가 있다.

이에 최근, 서울여자대학교·전자부품연구원·IPTV Korea·건국대

학교 등을 중심으로 '네트워크가 결합된 매체 독립형 차세대 융합방송 시스템 및 모니터링 시스템 개발'에 관한 연구 개발이 진행되고 있으며, 이중에서도 그림 1과 같이 지상파 단일 채널을 통해 4K & HD 방송 서비스를 동시에 제공하는 시스템 개발에 대해서 연구를 진행 중에 있다.



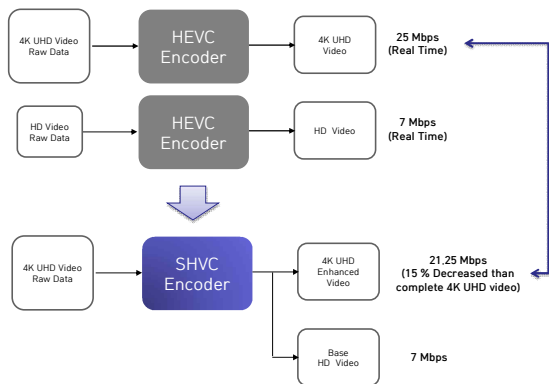
<그림 1. 지상파 4K & HD 융합방송 서비스 구상도>

그림 1에서 정의하고 있는 서비스 구상도에서는 UHD TV 영상을

Scalable Video Coding (SVC) 기법을 이용하여 4K 관련 데이터와 HD 관련 데이터를 각각 확보한 뒤, 하나의 지상파 단일 채널을 통해 전송한다. 이 때, 이용하는 영상 압축 기술은 현재 표준이 마무리 중인 High Efficiency Video Coding (HEVC) 기술을 가정하고 있다. 이렇게 전송된 4K & HD 데이터를 모바일 수신기는 HD 관련 데이터만을 수신하여 HD 방송 서비스를 제공하고, 고정 수신기는 4K 및 HD 관련 데이터를 둘 다 수신하여 4K 방송 서비스를 제공하는 것을 목표로 하고 있다.

본 논문에서는 그림 1에서 나타난 바와 같이 지상파 4K & HD 융합방송 서비스를 제공하기 위해 필요한 전송 요구 사항들에 대해서 분석하고, 최신의 채널 부호화 기법, 다중화 기법, 송수신 기법들을 채용한 차세대 융합방송 전송 시스템의 성능 및 가능성에 대해서 분석해 보았다. 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저, 현재 개발 중인 HEVC-SHVC (Scalable HEVC) 영상 압축 기술을 채용했을 때 지상파 4K & HD 융합방송 서비스를 제공하기 위한 데이터 전송률을 분석한다. 그리고 단일 지상파 채널을 통한 4K & HD 융합방송 데이터 전송을 위해 필요한 전송 시스템 및 다중화 기술에 관해서 알아보고, 분석한 데이터 전송률을 달성하기 위한 시스템 파라미터를 도출한다.

## 2. 지상파 4K & HD 융합 방송 서비스 제공을 위한 데이터 전송률



<그림 2. SHVC를 이용하여 압축된 4K UHD 영상 데이터 용량>

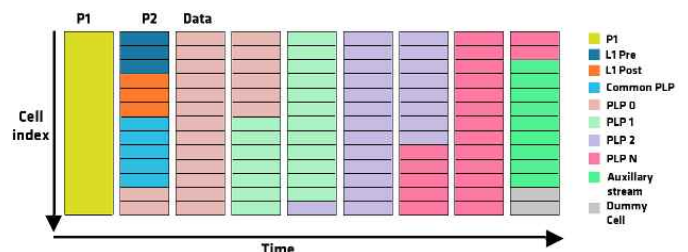
현재 표준 제정 중인 최신의 HEVC 영상 압축 기술을 이용했을 때, 기존의 알려진 H.264 영상 압축 기술에 비해 최고 50% 정도의 높은 압축률을 보인다고 알려져 있다. 이를 토대로 HEVC 기술을 이용하여 움직임이 많은 4K UHD 영상을 실시간으로 압축할 경우 25 Mbps 정도의 용량을, 그리고 HD 영상의 경우엔 6~7 Mbps 정도의 용량을 가진다고 알려져 있다 [1][2]. HEVC 기술 주 Scalable coding 기법인 SHVC 기술을 이용하여 4K UHD 추가 영상 정보와 HD 기본 영상 정보를 획득할 경우, 그림 2에 나타난 바와 같이 4K UHD 추가 영상 정보는 단일 HEVC 기술로 4K UHD 영상을 압축할 때보다 15% 정도 데이터 용량이 감소하고 알려져 있다. 이를 토대로 SHVC 영상 압축 기술을 이용하여 4K UHD 추가 영상 정보 및 HD 기본 영상 정보를 획득하는 경우, 4K UHD 추가 영상 정보는 약 21.25 Mbps 정도의 데이터 용량을 가지고 HD 기본 영상 정보는 앞서 예기한 바와 같이 6~7 Mbps 정도의 데이터 전송 용량을 가질 것으로 예상된다. 이를 종합하

면 지상파 단일 채널을 통해 약 28.25 Mbps의 데이터 송수신이 원활히 이루어질 경우, 지상파를 통한 4K & HD 방송 서비스가 가능할 것으로 예상된다.

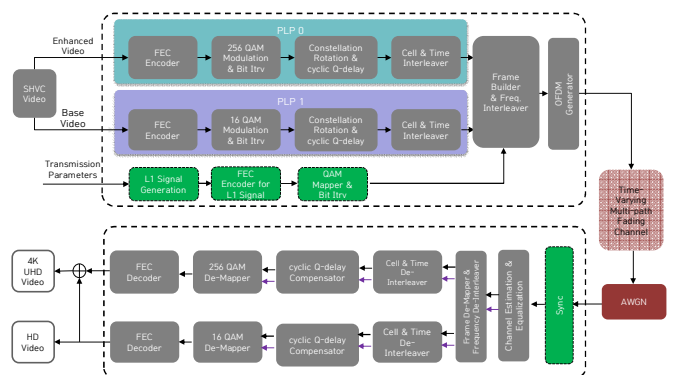
## 3. 지상파 단일 채널 4K & HD 융합 방송 신호 전송을 위한 전송 시스템 및 다중화 기술

2절에서 분석한 필요 데이터 전송률을 토대로, 서로 다른 계층의 영상 데이터를 송수신할 수 있는 전송 시스템 및 다중화 기술에 대해서 살펴보아야 할 필요성이 있다. 최근 시험방송 중인 유럽의 2세대 디지털 지상파 방송 전송 시스템인 DVB-T2 시스템 [3]은 Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) 변조 방식 근간의 방송 전송 시스템으로써, LDPC (Low-Density Parity Check) & BCH 부호화 기술 및 256 QAM 방식, 성상도 회전기법, Cyclic Q-Delay, Cell & Time & Frequency 인터리빙 기법 등 최신의 전송 기법들을 채용하였다. DVB-T2 시스템은 다양한 종류의 Fast Fourier Transform (FFT), CP (Cyclic Prefix) 크기 및 파일릿 모드를 제공하여 다양한 종류의 전송 모드를 이용할 수 있도록 하였다. 그 중에서도 그림 3과 같이 서로 다른 계층의 데이터를 하나의 전송 프레임 내에 섞어 단일 주파수 대역으로 전송하는 Multiple-PLP (Physical Layer Pipeline) 다중화 기법을 채용하고 있다.

이러한 DVB-T2 시스템의 장점인 Multiple-PLP 다중화 기법 및 전송 기법들을 채용하여, 단일 주파수 대역을 통해 지상파 4K & HD 융합방송 서비스를 제공하는 전송 시스템을 구성하고 그 가능성 및 성능에 대해서 검증해보고자 하였다.



<그림 3. DVB-T2 Multiple-PLP 개념도>



<그림 4. 지상파 4K & HD 융합방송 서비스를 위한 전송시스템>

그림 4에는 앞서 예기한 M-PLP 다중화 기법 및 최신의 전송 기

법들을 이용한 지상파 4K & HD 융합방송 전송시스템의 구조를 나타내었다. 4K 추가 영상 정보와 HD 영상 정보는 서로 PLP로 나뉘어 각각 다른 채널 부호율, 심벌 성상도를 가지고, 인터리버를 거치게 된다. 이 후, 서로 다른 PLP의 데이터들은 하나의 전송 프레임을 이루고, OFDM 변조를 거친 후 전송된다. 무선 채널을 통해 수신된 신호는 OFDM 복조, 채널 추정 및 등화를 거친 뒤에 프레임 디코더를 통해 서로 다른 계층으로 나뉜다. 서로 다른 계층으로 나뉜 데이터들은 각각의 채널 복호 및 인터리빙을 겪은 뒤에 수신기가 선택적으로 데이터를 선택하여 4K UHD 또는 HD 영상을 수신할 수 있다.

#### 4. 전송 파라미터에 따른 데이터 전송률 분석 및 최적의 전송 파라미터 도출

3절에서 얘기한 바와 같이, 다양한 종류의 FFT 및 CP의 크기, 파일럿 모드, 각각의 PLP에 따라 다른 QAM 변조 등의 전송 파라미터의 따라 시스템이 전송할 수 있는 데이터 전송률이 달라지므로, 2절에서 분석한 데이터 전송률을 이룰 수 있는 최적의 전송 파라미터를 도출하는 것이 필요하다.

이에 따라 <표. 1>과 같이 2절에서 분석한 데이터 전송률을 이룰 수 있는 전송 파라미터를 도출하였고, 이에 따른 시스템의 데이터 전송률 구하였다. 이 때, 주파수 대역폭은 현재 지상파 채널의 대역폭인 6 MHz를 상정하였고, 전송 프레임 중 PLP0 (4K UHD 추가 영상 정보 계층)의 비중은 60%를 그리고 PLP1 (HD 영상 정보 계층)의 비중은 40%를 상정하였다. 거치형 수신기를 위한 PLP0 정보의 변조 성상도는 256 QAM을, 그리고 이동형 수신기를 위한 PLP1 정보의 변조 성상도는 16 QAM을 채용하였다. 파일럿 모드 중에서 파일럿 심벌의 수가 상대적으로 부족한 PP 5,6,7 모드 또한 제외하였으며, 전송 프레임 내의 OFDM 데이터 심벌의 수는 108개로 상정하였다.

분석한 전송 파라미터 중에서 원활한 송수신을 위해 적합한 전송 파라미터로서 두 가지의 전송 모드를 얻을 수가 있으며, 이는 다음과 같다.

- 1) (PLP0 256 QAM 변조, 부호율: 4/5), ( PLP1: 16 QAM 변조, 부호율 4/5 ), 8192 FFT 크기, 1/32 CP 크기, PP4 파일럿 모드
- 2) (PLP0 256 QAM 변조, 부호율: 5/6), ( PLP1: 16 QAM 변조, 부호율 4/5 ), 8192 FFT 크기, 1/32 CP 크기, PP4 파일럿 모드

주파수 대역을 현재 국내 지상파 채널 대역폭인 6 MHz를 가정하여 도출되었는데, 두 개의 전송 파라미터들을 살펴보면 PLP1 (모바일 HD 기본 방송 계층)을 위한 부호율이 모두 4/5에 해당한다. 4/5 부호율은 LDPC & BCH 부호율 중에서도 상당히 높은 부호율에 속하며, 이는 PLP1의 전송 데이터가 오류에 매우 취약하다는 것을 뜻한다. 원활한 모바일 환경에서의 수신을 위해선, 전송되는 PLP1의 데이터에 이용되는 채널 부호의 부호율은 1/2, 3/5, 2/3 정도가 적합하다고 볼 수 있지만, 6 MHz 대역폭 내에서는 데이터 전송 용량에 제한이 발생하기 때문에 앞서 얘기한 적합한 부호율을 이용하기가 어려운 점이 있다. 그러므로 수신 성능을 높이기 위한 STBC (Space-Time Block Coding) 기법 [4] 등을 고려할 필요성이 있다.

<표. 1> 전송 파라미터에 따른 전송률 (주파수 대역: 6MHz)

전송률 (Mbps)	PLP 0 전송률 (Mbps)	PLP1 전송률 (Mbps)	PLP 0 부호율	PLP 1 부호율	FFT 크기	CP 크기	파일럿 모드
29.03	21.77	7.26	4/5	4/5	8192	1/32	PP4
29.34	22.00	7.33	4/5	4/5	16384	1/32	PP4
29.36	22.02	7.34	4/5	4/5	32768	1/32	PP4
29.34	21.77	7.57	4/5	5/6	8192	1/32	PP4
29.65	22.00	7.65	4/5	5/6	16384	1/32	PP4
29.67	22.02	7.65	4/5	5/6	32768	1/32	PP4
29.95	22.70	7.26	5/6	4/5	8192	1/32	PP4
30.27	22.94	7.33	5/6	4/5	16384	1/32	PP4
30.29	22.95	7.34	5/6	4/5	32768	1/32	PP4
29.64	22.23	7.41	5/6	5/6	4096	1/32	PP4
30.26	22.70	7.57	5/6	5/6	8192	1/32	PP4
29.25	21.94	7.31	5/6	5/6	8192	1/16	PP4
30.58	22.94	7.65	5/6	5/6	16384	1/32	PP4
29.59	22.19	7.40	5/6	5/6	16384	1/16	PP2
29.56	22.17	7.39	5/6	5/6	16384	1/16	PP4
29.22	21.92	7.31	5/6	5/6	16384	19/256	PP2
29.19	21.89	7.30	5/6	5/6	16384	19/256	PP4
30.60	22.95	7.65	5/6	5/6	32768	1/32	PP4
29.61	22.21	7.40	5/6	5/6	32768	1/16	PP2
29.58	22.19	7.40	5/6	5/6	32768	1/16	PP4
29.24	21.93	7.31	5/6	5/6	32768	19/256	PP2
29.21	21.91	7.30	5/6	5/6	32768	19/256	PP4

더불어 현재 한창 논의 중인 주파수 대역 재배치 및 재조정 등에 관한 사항들을 고려하여, 주파수 대역을 8MHz로 확장했을 경우의 전송 파라미터들에 대해서도 살펴보았으며 이는 <표 2>와 같다. 제한된 조건들은 주파수 대역이 6 MHz인 경우와 거의 동일하게 설정하였고 다음과 같다. 전송 프레임 중 PLP0 (4K UHD 추가 영상 정보 계층)의 비중은 60%를 그리고 PLP1 (HD 영상 정보 계층)의 비중은 40%를 상정하였다. 거치형 수신기를 위한 PLP0 정보의 변조 성상도는 256 QAM을, 그리고 이동형 수신기를 위한 PLP1 정보의 변조 성상도는 16 QAM을 채용하였다. 파일럿 모드 중에서 파일럿 심벌의 수가 상대적으로 부족한 PP 5,6,7 모드 또한 제외하였으며, 전송 프레임 내의 OFDM 데이터 심벌의 수는 108개로 상정하였다. 그러나 주파수 대역이 6 MHz인 경우에는 다르게, PLP1의 부호율 중에서 4/5, 5/6 인 경우는 제외하였다.

<표 2> 전송 파라미터에 따른 전송률 (주파수 대역: 8MHz)

전송률 (Mbps)	PLP0 전송률 (Mbps)	PLP1 전송률 (Mbps)	PLP0 부호율	PLP1 부호율	FFT 크기	CP 크기	파일럿 파일럿 모드
35.27	27.21	8.06	3/4	2/3	8192	1/32	PP4
35.64	27.50	8.15	3/4	2/3	16384	1/32	PP4
35.67	27.51	8.15	3/4	2/3	32768	1/32	PP4
37.09	29.03	8.06	4/5	2/3	8192	1/32	PP4
37.48	29.34	8.15	4/5	2/3	16384	1/32	PP4
37.51	29.36	8.15	4/5	2/3	32768	1/32	PP4
35.83	27.30	8.53	4/5	3/4	2048	1/32	PP4
34.64	26.39	8.25	4/5	3/4	2048	1/16	PP4
37.31	28.43	8.88	4/5	3/4	4096	1/32	PP4
36.07	27.48	8.59	4/5	3/4	4096	1/16	PP4
33.65	25.64	8.01	4/5	3/4	4096	1/8	PP2
38.10	29.03	9.07	4/5	3/4	8192	1/32	PP4
36.82	28.06	8.77	4/5	3/4	8192	1/16	PP4
36.36	27.71	8.66	4/5	3/4	8192	19/256	PP4
34.36	26.18	8.18	4/5	3/4	8192	1/8	PP2
34.28	26.12	8.16	4/5	3/4	8192	1/8	PP3
38.50	29.34	9.17	4/5	3/4	16384	1/32	PP4
37.26	28.39	8.87	4/5	3/4	16384	1/16	PP2
37.21	28.36	8.86	4/5	3/4	16384	1/16	PP4
36.79	28.03	8.76	4/5	3/4	16384	19/256	PP2
36.75	28.00	8.75	4/5	3/4	16384	19/256	PP4
34.72	26.46	8.27	4/5	3/4	16384	1/8	PP2
34.65	26.40	8.25	4/5	3/4	16384	1/8	PP3
33.79	25.75	8.04	4/5	3/4	16384	19/128	PP2
33.72	25.69	8.03	4/5	3/4	16384	19/128	PP3
38.53	29.36	9.17	4/5	3/4	32768	1/32	PP4
37.28	28.41	8.88	4/5	3/4	32768	1/16	PP2
37.24	28.38	8.87	4/5	3/4	32768	1/16	PP4
36.82	28.05	8.76	4/5	3/4	32768	19/256	PP2
36.78	28.02	8.75	4/5	3/4	32768	19/256	PP4
34.74	26.47	8.27	4/5	3/4	32768	1/8	PP2
33.81	25.76	8.05	4/5	3/4	32768	19/128	PP2

주파수 대역을 8 MHz로 확장할 경우, <표 2>에서 나타난 바와 같이 선택할 수 있는 전송 파라미터의 종류는 주파수 대역 6 MHz의 경우에 비해 현저히 늘어나게 되므로 다양한 전송 파라미터들을 이용할 수 있게 된다. 이에 흥미로운 전송 파라미터 3가지를 다음과 같이 도출하여 보았다.

- 1) (PLP0 256 QAM 변조, 부호율: 3/4), ( PLP1: 16 QAM 변조, 부호율 2/3 ), 8192 FFT 크기, 1/32 CP 크기, PP4 파일럿 모드
- 2) (PLP0 256 QAM 변조, 부호율: 4/5), ( PLP1: 16 QAM 변조, 부호율 3/4 ), 2048 FFT 크기, 1/16 CP 크기, PP4 파일럿 모드
- 3) (PLP0 256 QAM 변조, 부호율: 4/5), ( PLP1: 16 QAM 변조,

부호율 3/4 ), 16384 FFT 크기, 1/16 CP 크기, PP4 파일럿 모드

1번 파라미터의 경우, PLP1 데이터의 부호율이 2/3이며 FFT 크기도 8192로 모바일 환경에 적합하다고 생각되며, 2번 파라미터의 경우 FFT 크기가 2048에 달하여 빠른 시변 채널에 강인할 것으로 여겨진다. 그리고 3번 파라미터의 경우엔, 비록 FFT 크기가 16384에 달하지만 변화율이 그리 크지 않은 이동 환경에선 적합한 성능을 보일 것으로 여겨진다.

### 5. 결론 및 향후 연구 진행 사항 및 방향

본 논문에서는 지상파 단일 채널을 통한 4K & HD 융합방송 서비스를 제공하기 위해 필요한 전송 요구 사항들에 대해서 분석하였고, 현재 개발 중인 HEVC-SHVC (Scalable HEVC) 영상 압축 기술을 채용했을 때 지상파 4K & HD 융합방송 서비스를 제공하기 위한 데이터 전송률을 분석하였다. 또한 최신의 채널 부호화 기법, 다중화 기법, 송수신 기법들을 채용하여 차세대 융합방송 전송 시스템의 연구 개발을 위해 적합한 전송 파라미터들에 대해서 얘기하였다.

현재 도출된 전송 파라미터들을 이용하여, 그림 4와 같이 구성된 차세대 융합방송 전송 시스템 시뮬레이터를 이용하여 다양한 채널에서의 송수신 성능들을 검증하고 있으며, 추후 검증된 성능을 바탕으로 지상파 단일 채널을 통한 4K & HD 융합방송 전송 시스템에 대한 연구가 진행될 것이다.

### Acknowledgement

본 연구는 미래창조과학부의 "산업융합원천기술개발"의 연구결과로 수행되었음 (2013-140-10047135)

### 참조 문헌

- [1] Sullivan, Gary J., and Jens-Rainer Ohm. "Recent developments in standardization of high efficiency video coding (HEVC)." SPIE Optical Engineering Applications. International Society for Optics and Photonics, 2010.
- [2] Henot, J. P., Ropert, M., Le Tanou, J., Kypreos, J., & Guionnet, T. (2013, June). High efficiency video coding (HEVC): Replacing or complementing existing compression standards in Broadband Multimedia Systems and Broadcasting (BMSB), 2013 IEEE International Symposium on (pp. 1-6).
- [3] ETSI, "Digital Video Broadcasting (DVB); Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2). ETSI EN 302 755 V1.1.1," September 2009.
- [4] S.M. Alamouti (October 1998). "A simple transmit diversity technique for wireless communications". IEEE Journal on Selected Areas in Communications 16 (8): 1451-1458. doi:10.1109/49.730453