

## 지상파 디지털방송 전송기술 동향

Trends of Terrestrial Transmission Technology for Digital Television Broadcasting

이유석 (Y.S. Lee) 미디어주파수공유·응용연구실 선임연구원  
 류관웅 (K.W. Ryu) 미디어주파수공유·응용연구실 선임연구원  
 김영민 (Y.M. Kim) 미디어주파수공유·응용연구실 선임연구원  
 서재현 (J.H. Seo) 미디어주파수공유·응용연구실 책임연구원  
 김흥묵 (H.M. Kim) 미디어주파수공유·응용연구실 책임연구원

\* 본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술연구진흥센터의 정보통신·방송 연구개발사업의 일환으로 수행하였음[R0101-16-0294, 융합형 실감방송 서비스 및 전송기술 개발].

대용량 콘텐츠에 대한 관심이 증가함에 따라 지상파 방송의 전송용량을 증가시키기 위한 다양한 노력들이 시도되고 있다. 미국의 표준화 단체인 Advance Television Systems Committee(ATSC)에서는 초고화질의 데이터 전송이 가능하고 동시에 HD 급 이동방송 서비스가 가능한 차세대 방송방식인 ATSC 3.0의 표준화 완료를 목표로 현재 막바지 작업을 진행하고 있다. 본고에서는 ATSC 3.0으로 불리는 ATSC 차세대 방송방식의 물리계층에 대한 표준화 동향과 ATSC 3.0 물리계층의 한 축을 담당하고 있는 프레임 동기를 위한 부트스트랩, Constellation 및 Layered Division Multiplexing(LDM) 기술에 대해 살펴보고, 물리계층의 획기적인 전송용량 증대 기법인 Multiple Input Multiple Output(MIMO) 기술에 대해 정리하고자 한다.

2016  
 Electronics and  
 Telecommunications  
 Trends

방송·전파·위성 & 스마트 미디어  
 기술 특집

- I. 서론
- II. ATSC 3.0 물리계층 표준화 동향
- III. Bootstrap
- IV. Constellation
- V. LDM 기술
- VI. MIMO 기술
- VII. 결론

## I. 서론

최근 Ultra HD(UHD)와 같은 대용량 콘텐츠에 대한 관심이 높아지면서 대용량 콘텐츠를 한정된 주파수 자원을 이용하여 효율적으로 전송하기 위한 방안이 대두되고 있다. 미국의 디지털 TV 방송규격을 제정하는 표준화 기구인 Advance Television Systems Committee(ATSC)[1]에서는 이러한 요구를 충족시키기 위하여 2013년부터 차세대 방송표준인 ATSC 3.0[2]을 위한 표준화를 시작하였으며, 2016년 표준화 완료를 목표로 막바지 작업을 진행 중이다.

본고에서는 미국의 차세대 지상파 방송표준인 ATSC 3.0의 물리계층 표준화 동향과 ATSC 3.0 물리계층의 baseline 기술로 채택된 프레임 동기 및 제어신호를 전달하기 위한 부트스트랩과 Constellation 및 Layered Division Multiplexing(LDM) 기술에 대해 살펴보고 대용량 콘텐츠를 전송하기 위한 방안으로 대두되고 있는 Multiple Input Multiple Output(MIMO) 기술에 대해서 살펴보고자 한다.

## II. ATSC 3.0 물리계층 표준화 동향

미국의 지상파방송 표준화 단체인 ATSC에서는 지상파 UHD 및 모바일 High Definition(HD)이 가능한 새로운 표준인 ATSC 3.0을 2016년 제정을 목표로 논의 중이다. ATSC 3.0은 동일한 조건에서 ATSC 1.0 보다 전송용량은 30% 이상 향상, 4K UHD 방송과 이동 HD 방송의 동시 서비스 제공, 재난방송지원 등을 목표로 하고 있다. ATSC 3.0 표준화는 현재 물리계층, 프로토콜 계층, 애플리케이션 계층을 포함하여 3개 그룹으로 구분하여 진행 중이다. 물리계층에 대한 논의는 Technology Group on ATSC 3.0(TG3) 산하 Specialist Group on Physical Layer(S32)에서 진행하고 있으며 2016년 상반기 중 하드웨어 랩테스트 및 필드테스트 수행을 목표로 하고 있다. 물리계층 그룹인 S32에서는 System

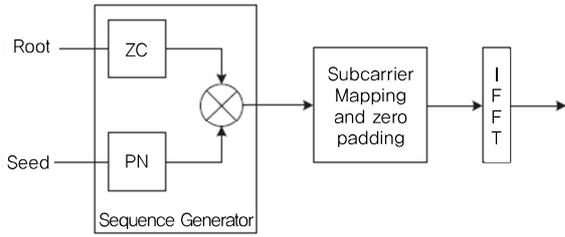
discovery & signaling과 Physical layer standard 2 가지 표준문서로 나누어 표준화를 진행하였으며 2015년 5월 System discovery and signaling 문서(A/321)를 후보 표준(candidate standard, CS)으로 승인되었고, 약 9개월간의 CS 기간 이후 제안 표준(proposed standard, PS)으로 승인될 계획이다[3]. System discovery and signaling 문서(A/321)는 현재 PS로 승인하기 위한 ballot이 진행 중이다. Physical layer standard 문서(A/322)는 2015년 9월 CS로 승인되었고, 올해 4월 PS 승인을 목표로 표준 문서 및 하드웨어 검증작업(Validation & Verification Test)이 진행 중이다. 검증이 완료되면 2016년 이내에 ATSC 3.0 표준 문서가 완성될 것으로 예상된다.

## III. Bootstrap

부트스트랩(Bootstrap)은 기존의 DVB-T2 시스템과 구분되는 프리앰블(preamble) 신호의 형태로 매 전송프레임의 앞부분에 위치한다. DVB-T2 시스템에서 제공하는 Future Extension Frame(FEF)의 경우 전송프레임 내에 일정 구간에 한정하여 새로운 서비스를 제공하는 데 비해 부트스트랩은 전송프레임 전체의 버저닝(versioning)이 가능하므로 미래 새로운 서비스에 대한 높은 확장성을 제공할 수 있다.

ATSC 3.0 표준에서 부트스트랩은 각 프레임의 시작 위치를 검출하기 위해 프레임의 가장 앞부분에 삽입되는 신호이다[4]. 여러 심볼로 구성되는 부트스트랩 신호의 첫 번째 심볼은 타이밍 동기, 주파수 오프셋 추정 및 채널 추정에 이용되며 나머지 심볼은 후속 전송프레임에 대한 컨트롤 신호를 전달하는 데 이용된다.

부트스트랩 신호는 (그림 1)과 같이 주파수 영역에서 Zadoff-Chu(ZC) 수열과 PN 수열을 곱한 후 IFFT를 이용하여 시간 영역 신호로 변환되어 송신된다. 부트스트랩 신호는 다양한 버전정보를 가지는데 이 버전정보는



(그림 1) 부트스트랩 생성(주파수 영역)[4]

주 버전(Major version)과 부 버전(Minor version)으로 구성되어 있다. 부트스트랩 신호를 생성하는 ZC 수열의 q 값이 주 버전을 결정하며 PN 수열의 Seed 값 (초기 값)으로 부 버전을 구분한다. 현재 ATSC 3.0 표준에서 ZC의 q값은 137로 고정되어 있으며, 이는 주 버전이 0임을 의미한다. 부 버전은 0에서 7까지 8개로 구분되어 있다. 부 버전에 대한 PN 수열의 초기값을 <표 1>에 나타내었다[4].

부트스트랩은 현재 후속 전송프레임의 컨트롤을 위해서 시그널링 정보를 전달하는데 첫 번째 심볼은 앞서 설명한 바와 같이 전송프레임의 시간 동기에 이용되기 때문에 별도로 전달하는 정보는 없으며, 이후 세 심볼을 이용하여 총 24비트의 시그널링 정보를 전달하게 된다. 부트스트랩 심볼 수는 향후 사용 여부에 따라 증가할 수 있다. 부트스트랩 각 심볼의 시그널링 필드를 <표 2>, <

<표 1> 부 버전정보를 나타내는 PN 수열 초기값[4]

$r_{init} = \{r_{-1}, \dots, r_0\}$		
Bootstrap Minor Version	Binary	Hexadecimal
0	0000 0001 1001 1101	0x019D
1	0000 0000 1110 1101	0x00ED
2	0000 0001 1110 1000	0x01E8
3	0000 0000 1110 1000	0x00E8
4	0000 0000 1111 1011	0x00FB
5	0000 0000 0010 0001	0x0021
6	0000 0000 0101 0100	0x0054
7	0000 0000 1110 1100	0x00EC

표 3), <표 4>에 나타내었다[4].

부트스트랩 심볼은 재난이 발생했을 때 TV의 상태를 제어하기 위한 신호를 전달하는데 두 번째와 세 번째 부트스트랩 심볼을 이용하여 각각 1비트씩 총 2비트의 정보를 전달한다. 부트스트랩 이후 신호의 대역폭과 같은 버전정보를 가지는 다음 프레임이 나타날 때까지의 최소 시간은 두 번째 심볼을 이용하여 전달한다. 물리계층 전송프레임의 샘플율은 세 번째 심볼을 이용하여 전달하며 네 번째 심볼은 마지막 부트스트랩 심볼 다음에 위치하는 하나 또는 그 이상의 프리앰블 심볼에 대한 파라미터를 전달하는 데 이용된다. 이 파라미터는 각각 FFT 크기와 보호 구간 길이 그리고 프리앰블에 이용되는 파일럿(Pilot) 구조와 L1-Basic의 Forward Error Correction(FEC) 모드에 대한 것이며 0에서 159까지 총 160 가지의 경우에 대해 정의되어 있다[4].

<표 2> 두 번째 부트스트랩의 시그널링 필드[4]

Syntax	No. of Bits	Format
bootstrap_symbol_10 { ea_wake_up_1 min_time_to_next system_bandwidth }	1	uimsbf
	5	uimsbf
	2	uimsbf

<표 3> 세 번째 부트스트랩의 시그널링 필드[4]

Syntax	No. of Bits	Format
bootstrap_symbol_20 { ea_wake_up_2 bsr_coefficient }	1	uimsbf
	7	uimsbf

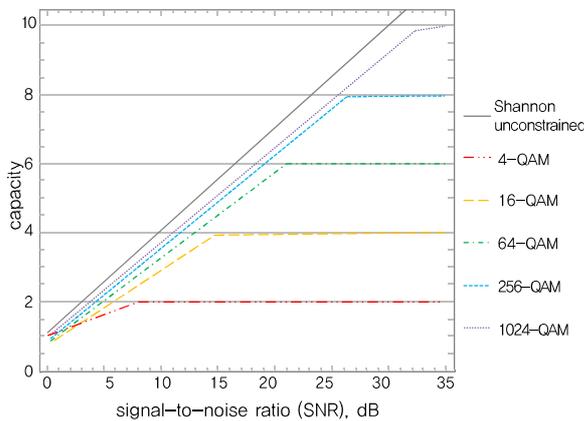
<표 4> 네 번째 부트스트랩의 시그널링 필드[4]

Syntax	No. of Bits	Format
bootstrap_symbol_30 { preamble_structure }	8	uimsbf

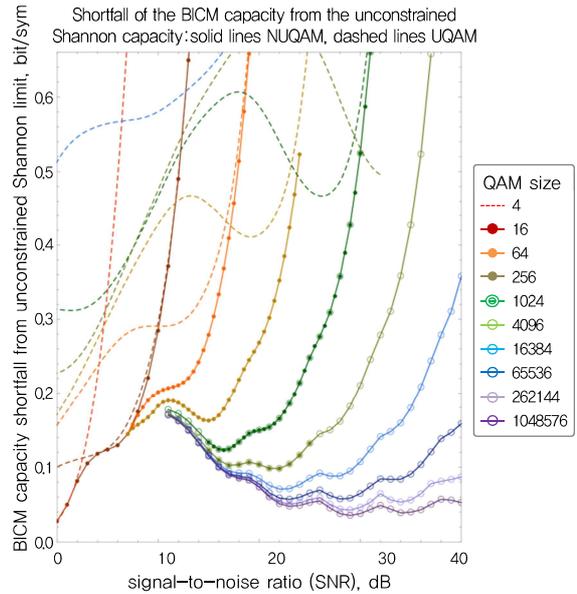
#### IV. Constellation

ATSC 3.0에 이용되는 변조방식은 변조차수에 따라 QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM, 1024QAM, 4096QAM 등으로 구분된다. 각 변조방식의 성상도는 성상 위치의 분포도에 따라 균일하게 분포되어 있는 균일 성상(uniform constellation)과 비균일하게 분포되어 있는 비균일 성상(Non-Uniform Constellation: NUC)으로 나뉜다. 균일 성상은 단순하고 구현 복잡도가 낮아 방송과 통신에서 오랫동안 사용되어 왔으나 근본적으로 전송용량이 제한되는 문제점이 있다. 그에 비해 비균일 성상은 공간상에서 QAM 성상들을 최적화시키면 균일 성상에 비해 전송용량의 이론적인 한계치에 더욱 근접시킬 수 있는 장점이 있다.

(그림 2)는 Additive White Gaussian Noise(AWGN) 채널에서 그레이(Gray) 매핑된 균일 QAM 성상의 Bit Interleaved Coded Modulation(BICM) 전송용량을 보여준다. 균일 QAM 심볼을 k 비트로 구성하면  $2^k$ 개의 성상을 가진다. (그림 2)에서와 같이 어떤 특정 균일 QAM 성상에서 FEC를 사용하지 않고 에러가 없는 무한대의 Signal to Noise Ratio(SNR)에서 심볼당 달성할 수 있는 최대 전송용량은 k 비트로 제한된다. 즉 균일 성상을 이용하여 높은 SNR에서 전송용량을 증가시키기 위해서는 변조차수를 증가시켜서 하나의 심볼을 구성하는 k



(그림 2) 균일 QAM 전송용량 비교(AWGN)[17]



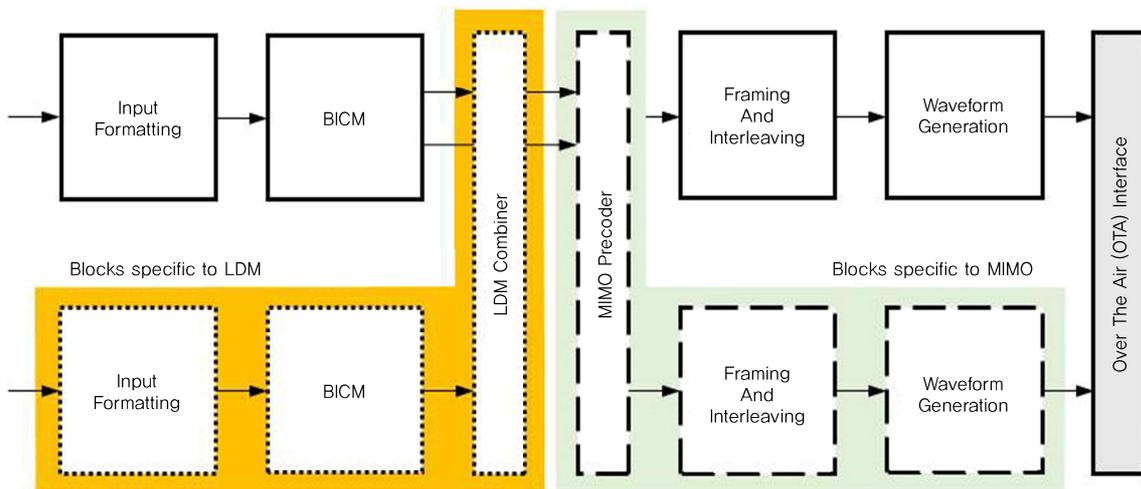
(그림 3) QAM 심볼당 비트 부족량(AWGN)[17]

비트를 증가시켜야 한다.

비균일 성상은 균일 성상에 비해 더 높은 BICM 전송용량을 획득할 수 있는 방법으로 성상도의 성상 위치를 균일하게 분포시키지 않고 성상도의 성상 위치를 변화시키는 방법이다. 즉 비균일 성상은 설계하기를 원하는 SNR과 채널 형태에 따라 성상도의 성상 위치를 다르게 변화시켜 전송용량을 최적화한다.

(그림 3)은 AWGN 채널에서 최적화된 비균일 QAM이 균일 QAM에 비해 Shannon Limit로부터 심볼당 비트부족량(shortfall)을 얼마나 줄일 수 있는지를 보여준다. (그림 3)의 균일 QAM은 점선으로 표시하며 SNR에 따른 최적의 균일 QAM의 종류와 Shannon Limit에 비해 심볼당 비트 부족량을 보여준다. 비균일 QAM은 실선으로 표시하며 원하는 SNR에서 균일 QAM에 비해 더 우수한 전송용량을 보여준다. 또한, 모든 SNR에서 높은 변조차수를 가진 비균일 QAM이 낮은 변조차수를 가진 비균일 QAM에 비해 더 우수한 전송용량을 보여준다.

(그림 3)에서 예로 든 AWGN 채널과 다르게 지상파 채널은 일반적으로 다중경로(multipath)를 가진 라이시



(그림 4) ATSC 3.0 전송시스템 블록도[2]

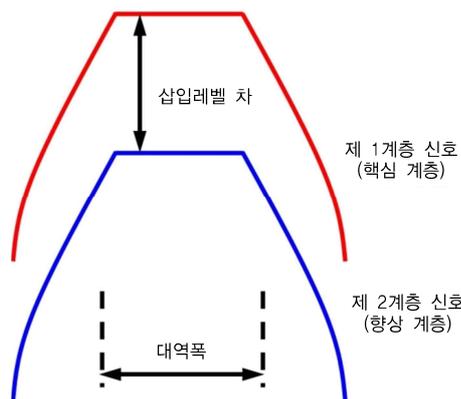
안 (Rician)이나 레일레이(Rayleigh) 분포를 가진다. 따라서 AWGN에서 BICM 용량 최적화 대신 에르고딕 페이딩 채널에 대해서 BICM 용량 최적화 과정이 필요하다[5].

ATSC 3.0의 변조차수는 총 6가지를 제공하고 있으며, 균일 QPSK 변조와 16QAM, 64QAM, 256QAM, 1024QAM, 4096QAM 변조의 5가지 비균일 성상으로 구분되어 있다. 각각의 비균일 변조차수와 부호율의 조합에 따라 다른 성상을 제공하지만, 부호의 길이에 따라서는 성상이 변하지 않는다. 이는 부호율과 변조차수가 일정하게 유지되면 부호의 길이가 64800과 16200에 대해 같은 성상이 사용되는 것을 의미한다. QPSK 신호의 성상은 1차원(1-dimensional, 1D) QAM 형태로서 모든 부호율에 대해 같은 성상이 사용된다. 16QAM, 64QAM 및 256QAM 신호의 비균일 성상은 2차원(2D) quadrant-symmetric QAM 성상이며 단일 사분면으로부터의 대칭을 이용하여 만들어진다. 수신단에서 QAM 복조의 복잡도를 줄이기 위해서 1024QAM과 4096QAM 신호의 성상은 I(In-phase) 성분과 Q(Quadrature) 성분에 대하여 각각 비균일 1차원 PAM 성상으로부터 유도된다.

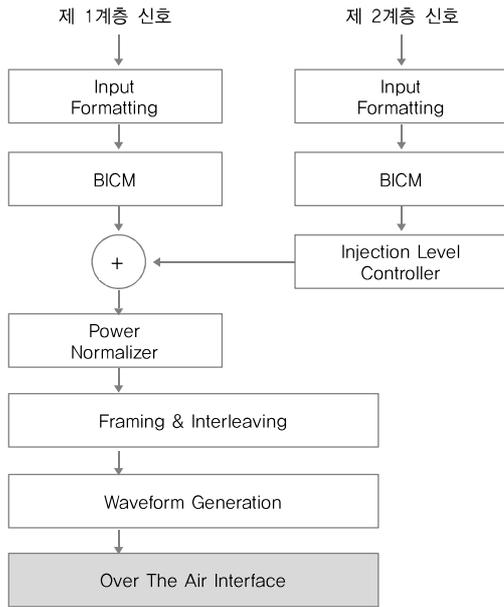
## V. LDM 기술

ATSC 3.0의 전체 전송 시스템은 (그림 4)와 같이 입력 데이터 형식이 구성되는 Input Formatting 블록, 순방향 오류정정기법이 적용되고 신호의 성상에 따라 매핑되는 BICM 블록, 시간 및 주파수 인터리빙과 전송프레임이 생성되는 Framing and Interleaving 블록, 그리고 출력 파형이 결정되는 Waveform Generation의 총 4블록으로 구성되어 있다[2]. 또한, 점선은 LDM 블록, 쇄선은 MIMO 블록을 의미하며 실선은 LDM과 MIMO에 공통적으로 사용되는 블록을 나타낸다.

LDM은 서로 다른 수신 강인성을 제공하기 위한 전



(그림 5) 전력 수준이 다른 2계층의 LDM 신호 스펙트럼



(그림 6) 2계층의 LDM 시스템 블록도

송 다중화 기술의 한 예로서 Cloud-Txn[6]의 개념을 응용하여 기존의 Time Division Multiplexing(TDM) 또는 Frequency Division Multiplexing(FDM)과 비교하여 높은 전송효율을 제공하기 위한 목적으로 개발되었다.

LDM은 기존의 TDM이나 FDM과는 달리 신호의 전력 수준(power level)과 오류정정기법 그리고 변조방식이 각각 다른 여러 개의 신호를 중첩시켜서 하나의 신호 형태로 전송한다. (그림 5)에서는 전력 수준이 다른 2계층 LDM 신호의 주파수 스펙트럼 개념을 나타내었다.

2계층 LDM 시스템은 2개 혹은 그 이상의 Physical Layer Pipe(PLP)를 결합하여 신호를 전송하는데 (그림 5)에서 전력 수준이 높은 신호를 제 1계층 또는 핵심 계층(core layer)으로 나타내며 전력 수준이 상대적으로 낮은 신호를 제 2계층 또는 향상 계층(enhanced layer)으로 나타낸다. 핵심 계층은 향상 계층과 같거나 더 강건한 변조방식과 오류정정기법을 사용한다. 2계층을 적용하는 경우 일반적으로 부호의 길이는 같지만 부호율과 성상은 다르게 적용한다. 예를 들어 핵심 계층이 부호의 길이가 64800이며 부호율이 4/15 그리고 변조방식으로

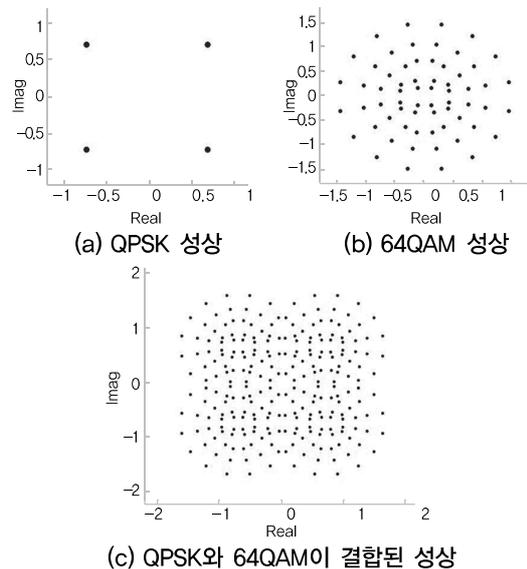
QPSK를 사용할 때, 향상 계층은 부호의 길이가 64800을 가지며 부호율이 10/15인 부호를 사용하고 변조방식으로는 64QAM을 사용할 수 있다. 2계층은 (그림 6)과 같은 LDM 시스템 구조로 결합된다.

(그림 6)에서 향상 계층의 전력 수준은 핵심 계층보다 0~25dB 낮게 변환된 상태에서 핵심 계층과 결합되며 power normalizer 블록에서 신호의 최종 전력을 정규화하여 전송하게 된다.

QPSK 변조방식을 사용한 핵심 계층 신호의 성상과 비균일 64QAM 변조방식을 사용한 향상 계층의 성상 그리고, 2개의 계층이 결합된 신호 성상의 한 예를 (그림 7)에 나타내었다.

(그림 7)에서 향상 계층은 핵심 계층보다 4dB 낮은 파워로 삽입되었으며, 전력 수준 조절을 위한 설정 값은 0.6309573이며 최종 출력신호의 전력을 조절하기 위한 정규화 값은 0.845762이다[2].

수신기에서는 LDM 신호를 복조하기 위해서 가장 강건한 신호인 핵심 계층 신호를 우선적으로 복조하며 수신 신호로부터 복조된 신호를 제거한 후 향상 계층 신호를 복조한다. LDM 시스템은 기존의 TDM 시스템보다



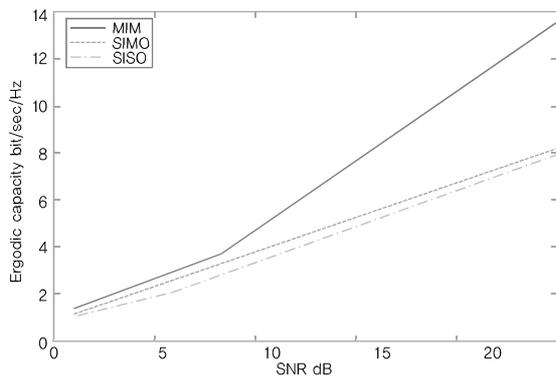
(그림 7) 2계층이 결합된 LDM 신호 성상[2]

3~6dB 정도의 높은 시스템 이득을 제공할 수 있다[7].

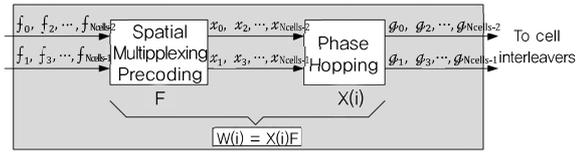
## VI. MIMO 기술

지상파를 이용하여 대용량 방송 콘텐츠를 보내기 위해서는 넓은 대역폭을 사용하거나 변조차수를 증가시키는 방법이 있으나 한정적인 방송 주파수와 방송망 커버리지를 고려하면 전송용량 증대에 한계가 있다. 이론적으로 Single Input Single Output(SISO) 시스템에서는 Shannon limit 이상을 전송할 수 없기 때문에 추가적인 주파수 할당 없이 전송용량 증대가 가능한 MIMO 시스템이 대용량 전송에 유력한 기술 후보로 대두되었다.

MIMO 기술을 사용하기 위해서는 안테나 간의 상관값을 고려하여야 하며 이 상관값이 작아질수록 MIMO 시스템의 이득은 커지게 된다. 상관값을 줄이기 위해서는 안테나 간의 거리를 충분히 띄어 주는 방법이 있지만, 현재 방송 송출 환경에서는 어려운 일이기 때문에 수평편파와 수직편파를 이용한 cross-polar MIMO 시스템을 고려하고 있다. (그림 8)은 10m 높이에 rooftop 수신 환경을 고려한 cross polar channel의 2x2 MIMO 시스템의 채널 용량을 나타낸다. (그림 8)과 같이 SNR이 증가함에 따라 SISO 대비 MIMO의 채널 용량이 크게 증가하는 것을 확인할 수 있다. 이러한 이유로 유럽의 지상파 방송 표준인 DVB-T2[8]에서는 송신 안테나 2개와 수신 안테나 1개를 이용하는 Space Time Block



(그림 8) 2x2 MIMO 채널 용량[16]



(그림 9) DVB-NGH MIMO eSM+PH 블록도[9]

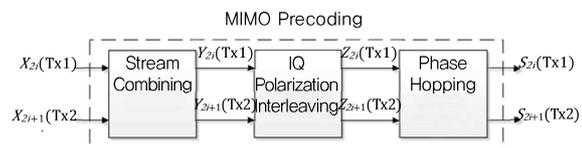
Code(STBC) 기술이 optional로 채택되었으며, DVB-Next Generation Handheld(DVB-NGH)에서는 송신 안테나 2개, 수신 안테나 2개를 사용하여 전송비 2를 만족하는 eSM+PH(enhanced Spatial Multiplexing+Phase Hopping) 기술이 채택되었다[9].

(그림 9)의 PH-eSM 기법은 spatial multiplexing precoding 기법인 eSM 기법에서 두 번째 송신 안테나 신호에 매 OFDM 심볼 마다 선형적으로 증가하는 위상을 임의로 곱한 뒤 전송하는 PH 기법이 결합된 것이다. eSM 기법은 이동통신 채널환경과 달리 Line of Sight(LOS) 신호가 존재하는 방송 채널환경을 고려하여 설계 되었으며 PH 기법은 LOS 환경에서 연접 오류(burst error)를 상쇄하여 채널 복호 입장에서 시간적인 다이버시티 이득을 얻기 위해 설계되었다[10][11]. 현재 진행 중인 ATSC 3.0 표준에서도 DVB-NGH와 비슷한 구조의 precoding 기법이 포함되어 있다[2].

(그림 10)에 나타난 MIMO precoding은 3개의 블록으로 이루어져 있으며 stream combining 블록은 수식 (1)과 같다.

$$\begin{bmatrix} Y_{2i}(Tx1) \\ Y_{2i+1}(Tx2) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ \sin \theta & -\cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_{2i}(Tx1) \\ X_{2i+1}(Tx2) \end{bmatrix} \quad (1)$$

I/Q polarization interleaving 은 stream combining 블록에서 출력된 2개 심볼의 real 값과 imaginary 값을 서로 교차시켜 다이버시티 이득을 얻는다. PH 기술은

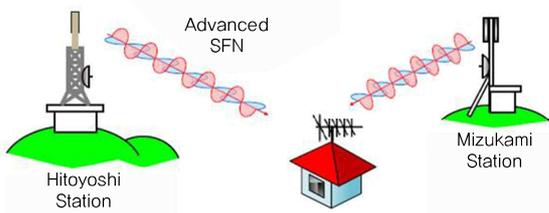


(그림 10) ATSC 3.0 MIMO Precoding 블록도[2]

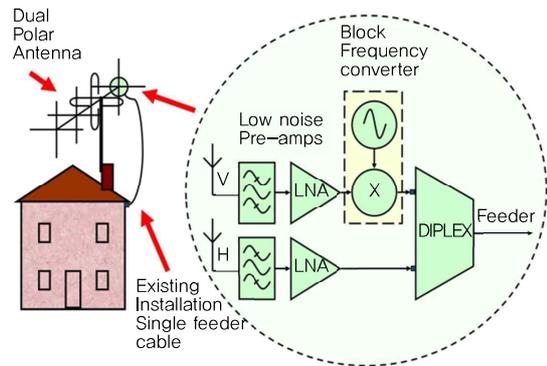
DVB-NGH 시스템과 동일하게 두 번째 송신 안테나 신호에 FEC 블록 단위로 선형적으로 증가하는 위상을 곱하며 수식 (2)와 같이 나타낸다[12].

$$\begin{bmatrix} S_{2i}(Tx1) \\ S_{2i+1}(Tx2) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & e^{j\phi(i)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z_{2i}(Tx1) \\ Z_{2i+1}(Tx2) \end{bmatrix} \quad (2)$$

일본 NHK는 2012년 5월에 2×2 MIMO 기술로 4.2km 떨어진 거리에서 8K UHDTV 전송실험을 최초로 성공하였으며, 2016년 3월에는 2개의 송신기를 이용한 MIMO 전송실험을 수행하였다. 구마모토현 히토요시(Hitoyoshi)와 미주카미(Mizukami)에 각각 MIMO 송신기를 설치한 실험국에서 중첩된 수신 지점에서의 성능 테스트를 진행하였다. 히토요시 송신기의 출력은 10W, 미주카미 송신기의 출력은 3W로 채널은 Single Frequency Network(SFN)으로 동일하게 46번(Ultra High Frequency: UHF 671MHz)을 적용하였다. 전송 실험 환경은 (그림 11)과 같이 이중 편파에 4096 QAM을 적용하였다. 또한, 8K 신호전송을 위해 송·수신 모두 수평/수직 편파 안테나를 사용하는 cross-polar MIMO 기법을 적용하였으며, 91.8 Mbps의 전송용량을 나타내었다. 기존 SFN에서 2×2 MIMO를 적용하면 중첩지역에서 동일신호의 스펙트럼 널(null)로 인해 수신 전계강도가 1~2dB 낮아지는 단점을 보완하기 위해 Space Time Code(STC)를 적용하여 이를 해결하였다. 즉, 4×2 MIMO 송·수신을 통해 중첩지역에서 수신 전계강도가 오히려 1dB 높아짐을 실험을 통해 보였다. 그러나, 6MHz 단일 대역에서 이러한 전송용량을 가지기 위해서



(그림 11) 2개의 송신기를 이용한 MIMO 전송실험[15]



(그림 12) 주파수 변환기를 이용한 MIMO 수신방법[16]

는 30dB 이상의 Carrier to Noise Ratio(CNR)이 요구되어, 송신단의 높은 출력이 필요하므로 실 방송환경에는 적용하기 어려울 것으로 판단된다[13]~[15].

방송환경에서 다중안테나 사용에 큰 걸림돌 중에 하나는 기존에 설치된 안테나를 바꾸는 일 외에 수신 안테나 수만큼의 케이블을 추가로 설치해야 한다는 것이다. 이를 극복하기 위하여 2개의 케이블을 사용하지 않고 2개의 수신 안테나 중에 한쪽 안테나 신호를 주파수 변환기를 이용하여 주파수를 변환시켜 기존에 설치된 하나의 선로에 같이 보내는 방법이 논의되고 있다[16]. (그림 12)는 추가적인 케이블 설치 없이 MIMO 수신이 가능한 방법에 대해 나타낸 것이다.

수직과 수평 편파를 사용하는 MIMO 기술의 대안으로 하나의 편파만을 사용하고 분리된 2개의 송출 사이트를 사용하여 송출하는 Distributed MIMO 기술도 논의되고 있으나 비용문제와 커버리지 등의 문제로 사용이 힘든 단점이 있다.

## VII. 결론

본고에서는 지상파 디지털 방송동향과 관련하여 미국의 차세대 지상파 방송방식을 위한 물리계층 표준화 동향과 그와 관련된 전송기술에 대하여 간략히 살펴보았다. 또한, 대용량 콘텐츠를 전송하기 위한 방안으로 부

각되고 있는 MIMO 기술에 대해 정리하였다. 현재 진행 중인 ATSC 3.0 표준화 작업은 올해 완료를 목표로 진행되고 있으며 국내의 지상파 UHD 전송방식에 대한 표준화도 마무리 단계에 있다. 본고를 통해 차세대 지상파 방송에 적용되는 전송기술을 파악하여 방송기술의 국가 경쟁력을 향상시키는데 도움이 될 것으로 기대한다.

#### 용어해설

**Advance Television Systems Committee(ATSC)** 미국 디지털 방송 표준화 기구

**Digital Video Broadcasting(DVB)** 유럽의 산업체 컨소시엄으로 구성된 프로젝트로 지상파, 위성, 케이블 방송규격을 제정하는 표준화 기구

**DVB-Next Generation Handheld(DVB-NGH)** DVB의 지상파 이동 및 휴대 방송을 위한 차세대 전송 규격

#### 약어 정리

ATSC	Advance Television Systems Committee
AWGN	Additive White Gaussian Noise
BICM	Bit Interleaved Coded Modulation
CNR	Carrier to Noise Ratio
DVB	Digital Video Broadcasting
DVB-NGH	DVB-Next Generation Handheld
FDM	Frequency Division Multiplexing
FEC	Forward Error Correction
FEF	Future Extension Frame
HD	High Definition
LDM	Layered Division Multiplexing
LOS	Line of Sight
MIMO	Multiple Input Multiple Output
NUC	Non-Uniform Constellation
PLP	Physical Layer Pipe
S32	Specialist Group on Physical Layer
SFN	Single Frequency Network
SISO	Single Input Single Output
SNR	Signal to Noise Ratio
STBC	Space Time Block Code
STC	Space Time Code
TDM	Time Division Multiplexing
TG3	Technology Group on ATSC 3.0
UHD	Ultra HD
UHF	Ultra High Frequency

#### 참고문헌

- [1] ATSC, "ATSC Digital Television Standard," Doc. A/53, Jan. 3rd, 2007.
- [2] ATSC, "ATSC 3.0 Working Draft: S32-Physical Layer Standard," Doc. S32-230r19, Mar. 2016.
- [3] 서재현 외, "지상파 디지털방송 기술개발 및 표준화 동향" 전자통신동향분석, 제29권 제3호, 2014. 6, pp. 27-36.
- [4] ATSC, "ATSC 3.0 Standard: System Discovery and Signaling," Doc. A/321, Mar. 23rd, 2016.
- [5] J. Zöllner and N. Loghin, "Optimization of High-Order Non-Uniform QAM Constellations," *IEEE International Symposium on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting (BMSB)*, June 2013.
- [6] Y. Wu et al., "Cloud Transmission: A New Spectrum-reuse Friendly Digital Terrestrial Broadcasting Transmission System," *IEEE Transactions on Broadcasting*, vol. 58, no. 3, 2012, pp. 329-337.
- [7] 권선형 외, "ATSC 3.0 물리계층 표준기술" 방송과 미디어, 제 20권 제4호, 2015, 10, pp. 17-27.
- [8] ETSI EN 302 755 (V1.2.1) "Digital Video Broadcasting (DVB); Frame Structure Channel Coding and Modulation for a Second Generation Digital Terrestrial Television Broadcasting System (DVB-T2)".
- [9] Digital Video Broadcasting(DVB), "Next Generation broadcasting System to Handheld, Physical Layer Specification(DVB-NGH)," DVB BlueBook A160, 2012.
- [10] D. Gómez-Barquero et al., "DVB-NGH: The Next Generation of Digital Broadcast Services to Handheld Devices," *IEEE Trans. Broadcasting*, vol. 60, no. 2, pp. 246-257, June 2014.
- [11] D. Gozálvez et al., "Combined Time, Frequency and Space Diversity in DVB-NGH," *IEEE Trans. Broadcasting*, vol. 59, no. 4, Dec. 2013, pp. 674-684.
- [12] D. Vargas et al., "MIMO for DVB-NGH, The Next Generation Mobile TV Broadcasting," *IEEE Trans. Commun. Magazine*, vol. 57, no. 7, pp. 130-137, July 2013.
- [13] NHK, "8K (Super Hi-Vision) Long-Distance Transmission Test is Successfully Achieved," NHK, Feb. 2014.
- [14] AV Watch, "NHK, 8Kスーパーハイビジョンの地上波長距離伝送に成功," 20th, Jan. 2014.
- [15] S. Saito et al., "8K Terrestrial Transmission Field Tests Using Dual-Polarized MIMO and Higher-Order Modulation OFDM," *IEEE Transactions on Broadcasting*, vol. 62,

no. 1, Mar. 2016, pp. 306-315.  
[16] H. Frank et al., "DVB Technical Module MIMO Study

Mission Report," DVB, Geneva, Tech. Rep. TM-  
T0016r3, Sept. 2014.