

UHDTV 전송기술 특성과 MIMO 기술

□ 조봉균, 한동석 / 경북대학교 전자공학부

요약

본 고에서는 미래 TV기술로 예견되고 있는 UHDTV(Ultra-High Definition Television)의 지상파 전송을 위한 후보기술들의 특징들을 살펴본다. 그리고 세계 각국의 관련 연구현황을 살펴보고, UHDTV 서비스의 구현을 위하여 요구되는 고전송효율을 달성하기 위한 MIMO 기술들을 살펴본다. 이를 통하여 향후 고려 가능한 UHDTV를 위한 지상파 전송기술에 대하여 살펴본다.

1. 서론

영화 아바타로 인한 실감방송 및 3DTV에 대한 관심은 방송, 인터넷, 게임 및 소형 단말기를 이용한 개인 미디어 등의 다양한 영역으로 확대되고 있다. 이러한 관심은 3DTV 뿐만 아니라 HDTV(High Definition Television) 및 UHDTV(Ultra-HDTV)로 확대되고 있으며, 영상 기술의 발전과 가정에서의 TV 화면이 대형화 됨에 따라서 실감방송과 같은

높은 전송량을 요구하는 콘텐츠 수요가 증가하고 있다[1]. 그로 인하여, 삼성 및 LG와 같은 대기업들도 TV 화면의 대형화를 위하여 기술 개발에 열을 올리고 있으며, 미국 라스베이거스에서 열린 CES2013에서도 삼성전자는 4K UHDTV를 바탕으로 한 스마트TV를 선보였고, LG전자에서는 4K 3D-UHDTV를 출시하였다. 국내에서는 2012년 말을 기점으로 지상파 아날로그 방송이 종료되고 디지털 방송 시대가 도래함에 따라, HDTV 방송 및 나아가 UHDTV 방송을 위한 기본 토대가 마련되었다.

높은 전송량을 요구하는 UHDTV 방송 시스템을 구현하기 위하여 국내에서는 KBS 기술연구소와 ETRI를 중심으로 연구 및 실험이 이루어지고 있다. KBS 기술연구소는 DVB-T2 표준을 국내 지상파 방송이 사용하는 6MHz 대역에 적용하여, 관악산송신소에서 KBS연구동 옥상까지 이르는 실험 시스템을 구축하였다. 256-QAM(Quadrature Amplitude

Modulation) 변조레벨, 32K 모드의 고속 푸리에 (Fourier) 변환, LDPC 64,800 블록, 보호구간 1/128 등의 DVB-T2 표준을 그대로 이용하여 LOS(Line Of Sight) 환경에서 약 35Mbps(UHDTV, 4K) 급의 전송속도를 달성하였다[2]. 또한 천리안 위성을 사용하여 DVB-S2 표준을 따르는 100MHz 대역의 UHDTV 위성 방송도 실험 중에 있다[2]. ETRI에서는 DVB-NGH 표준화에 참여하고 있으며 V-BLAST, 회전 행렬 및 전력 분배 기술을 적용한 MIMO 기술을 제안하였다. 해외에서는 NHK가 가장 적극적으로 UHDTV 방송 환경 구축에 힘을 쏟고 있다. NHK의 UHDTV 전송 실험은 케이블망(2005년), 유선 IP망(런던~도쿄, 2010년) 및 위성(2009년)을 통한 전송실험까지 성공하였으며, 지상파를 이용한 실험은 계속 진행 중에 있다[2].

2. UHDTV 개요 및 전송기술 표준화 동향

1) UHDTV 개요

UHDTV 방송 기술은 일본의 NHK가 가장 앞서 있으며, NHK에서 제안한 UHDTV는 4K(3,840x2,160(화소)) 및 8K(7,680x4,320(화소))를 지원한다[3]. 그러므로 UHDTV 방송은 현재의 풀

HDTV(1,920x1,080)에 비하여 화질이 최대 약 16배 정도 좋으며 이에 따라 필요한 데이터 전송량 또한 증가하게 된다. 다음 표 1은 ITU-R 표준에 정의되어 있는 기존 HDTV와 UHDTV 8K를 비교한 것이다.

〈표 1〉에서 UHDTV 8K 표준은 기존 HDTV 표준보다 16배 큰 화소와 픽셀당 최대 12 비트 차이, 오디오 채널 개수도 약 4배 정도 차이가 난다는 것을 알 수 있다. 이와 같은 요소들을 가지고 필요한 전송량을 계산해보면 기존 HDTV는 $2M(\text{number of pixels}) \times 24(\text{bits/pixel}) \times 30(\text{frames/sec}) = 1.44(\text{Gbits/sec})$ 정도, UHDTV는 $32M(\text{number of pixels}) \times 36(\text{bits/pixel}) \times 60(\text{frames/sec}) = \text{최대 } 69.12(\text{Gbits/sec})$ 정도 계산된다. 압축기술을 어떤 것을 적용하느냐에 따라서 필요한 전송량이 달라지지만 계산된 수치로도 충분히 UHDTV 방송과 기존 HDTV 방송의 필요한 전송량의 차이를 예상할 수 있다. 이러한 UHDTV 방송을 구현하기 위해서 전송량을 향상시키는 방법으로는 MIMO, 채널 분당, 편광 다이버시티 등이 있다.

2) UHDTV 전송기술 표준화 동향

높은 전송량을 요구하는 UHDTV 전송기술 표준

〈표 1〉 UHDTV와 HDTV 비교

	UHDTV(8K)	HDTV
Number of pixels	7,680(4,320 (32M pixels))	1,920(1,080 (2M pixels))
Bits/pixel	30~36bits	24bits
Chroma format	4:4:4,4:2:2	4:2:0
Aspect ratio	16:9	16:9
Number of audio chs.	22.2	5.1
Standard viewing angle	100	30
Standard viewing distance	0.75H	3H
Frames/sec	60Hz	30Hz

화 동향으로는 유럽형 DVB-T2 표준을 들 수 있다. DVB-T2는 LDPC(Low Density Parity Check)와 BCH 부호를 이용한 에러정정기술을 채택하고 있으며 변조방식으로 256-QAM을 추가하였다[4]. 이를 통해 최대 50Mbps 정도의 전송 성능을 얻을 수 있고(8MHz 대역), 프리앰블, 8가지의 파일럿패턴을 추가하여 이동성 또한 강화하였다. 그리고 수신 성능 향상을 위하여 MISO(Multi-Input Multi-Output) 기법과 페이딩 환경에서 강인한 회전성상을 도입하였다. 또한 단일주파수망(SFN, Single Frequency Network) 기능도 개선시키도록 하였다. 최종적으로는 DVB-T 대비 약 30% 이상 용량을 개선하였다. 그러나 이러한 DVB-T2 표준은 4K UHDTV급 전송은 가능하지만 8K UHDTV 전송은 어렵다.

ATSC 진영에서는 최근 ATSC 3.0 표준에 관한 회의 및 기술 제안이 활발하게 이루어지고 있다. 비디오 코덱부분에서는 기존 MPEG-4/H.264보다 두 배 정도 효율이 좋은 HEVC(High Efficiency Video Coding) 기술이 논의되고 있으며, 전송기술 분야에서는 폭넓은 논의가 이루어지고 있다[5]. 기존 단일 반송파 기반 VSB 방식을 벗어나 QAM과 OFDM 및 COFDM 방식이 논의되고 있으며, DVB-T2에서 사용되었던 회전성상도 논의되고 있다. 그리고 전송량을 증가시키기 위하여 MISO/MIMO 기법도 논의되고 있다. 세부적인 기술로는 NHK에서 제안한 1024-QAM을 사용하는 SFBC(Space Frequency Block Coding) 방식과 경북대에서 제안한 하이브리드 STBC-LDC 방식이 논의되었다. 또한 단일주파수망을 고려하여 효율적인 대역 사용을 고려하고 있다. 최근 ATSC 3.0 표준 제안 요구사항으로 채널 효율 10bits/s/Hz, 기존 ATSC 표준 전송속도인 19.4Mbps 대비 30% 이상

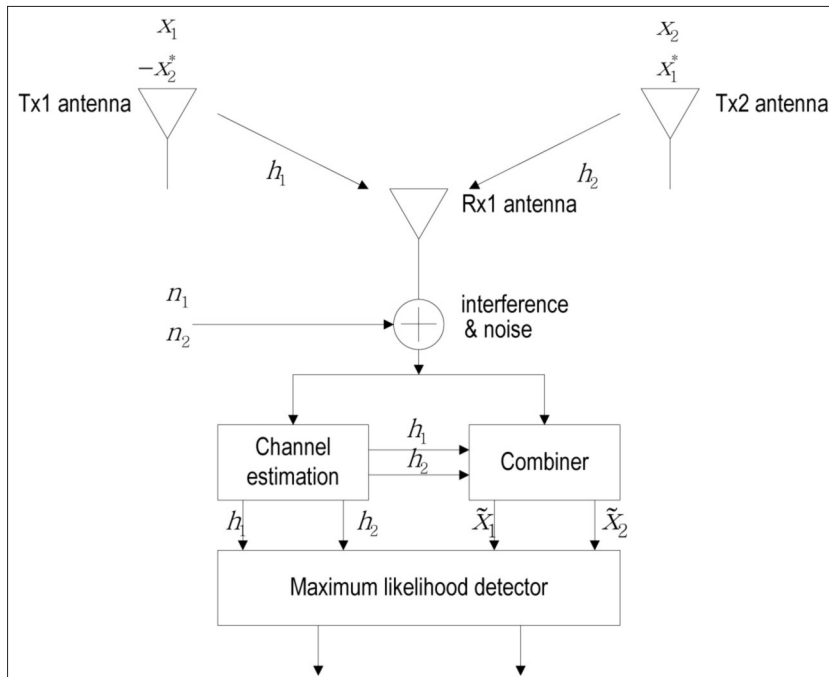
의 전송속도 향상(6MHz 대역기준), 넓은 지역을 서비스 할 수 있는 SFN 기술, MISO/MIMO 기술 등을 요구하고 있다.

3. MIMO 기술 동향

높은 전송량을 필요로 하는 UHDTV 방송을 구현하기 위한 전송기술로써, MIMO 기술이 각광을 받고 있다. 이미 유럽의 DVB-T2 표준에서는 송신 안테나 2개, 수신 안테나 1개를 사용하는 STBC(Space Time Block Code)기술이 부가적으로 포함되어 있으며, DVB-NGH 표준화 작업에는 송신 안테나 2개, 수신 안테나 2개를 사용하는 Golden Code 기술이 논의되고 있다. 일반적으로 MIMO 시스템은 공간 다이버시티를 이용하여 수신 성능을 향상시키는 STC(Space Time Coding) 기법, 각각의 송신 안테나에서 서로 다른 데이터를 전송하여 전송량을 증가시키는 공간 다중화(spatial multiplexing) 기법 및 공간 다이버시티와 공간 다중화를 둘 다 이용하는 하이브리드(hybrid) 기법으로 나눌 수 있다[6]. 이를 바탕으로, 기존의 MIMO 기술 및 최근 새롭게 대두되고 있는 기술들을 세부적으로 소개한다.

1) STBC 전송기법

STBC는 1998년에 Alamouti에 의해 개발된 MIMO 기술로서 다중경로와 공간 다이버시티 이득을 얻을 수 있다. 또한 직교성을 이용하여 송신 신호를 만들어 전송한 뒤 수신단에서 수신된 신호를 복호화하면 ISI(Inter Symbol Interference)를 완벽히 제거 할 수 있으므로, 수신 성능을 향상시킬 수 있다[7]. 이러한 STBC 기술은 Wi-Fi 및 DVB-T2 표준으로 널리 쓰이고 있으며, 차세대 지상파



〈그림 1〉 송신 안테나 2개, 수신 안테나 1개인 STBC 시스템

방송 및 차세대 모바일 기술로 항상 거론되고 있다. 〈그림 1〉은 두 개의 송신 안테나 및 한 개의 수신 안테나로 구성된 STBC 블록도를 보여준다.

STBC의 가장 큰 장점 중에 한 가지는 송신 안테나 개수에 상관없이 수신 안테나 개수가 1개일 경우에도 동작을 한다는 것이다. 수신 안테나 개수가 많아지면 수신 안테나 간의 간섭이 발생하여 정상적인 신호 수신이 힘들기 때문이다. 그러므로 STBC 기법은 이러한 수신 안테나 간섭에서 자유로울 수 있고, 수신 안테나 개수가 2개 이상일 경우에도 ISI를 제거한 후 복호를 하기 때문에 수신 안테나 간의 간섭에 강인하다.

2) V-BLAST 전송기법

공간 다중화 방식을 사용하는 V-BLAST 기법은

벨연구소(Bell Lab.)에서 제안한 시스템으로 수신 안테나의 개수는 송신안테나 개수 이상이 되도록 하는 다수의 송수신 안테나로 구성되어 있다[8]. 각각의 송신안테나는 서로 다른 데이터를 전송하며 ZF(Zero Forcing)/MMSE(Minimum Mean Square Error) 수신기와 간섭제거기(Interference Canceller)를 결합한 OSIC(Ordered Successive Interference Cancellation)검파 방법을 이용한다 [8]. V-BLAST 기법을 이용하여 검파한 신호가 올바르게 가정하면 간섭 신호의 숫자가 줄어들기 때문에 다른 수신 안테나에 들어온 데이터에서는 다이버시티 차수가 증가하는 효과를 얻게 된다. 따라서 시스템의 성능은 검파 알고리즘에 많은 영향을 받으며 최근에는 ML(Maximum Likelihood), SD(Sphere Decoding)등 여러 가지 검파 방법들이

적용되고 있다. 그러나 V-BLAST 방식은 수신 안테나 간의 간섭에 취약하므로 이러한 간섭을 제거하기 위하여, 회전 행렬을 사용하는 방법이 쓰이고 있다.

3) LDC 전송기법

기존 기법들과는 달리, LDC(Linear Dispersion Code) 기법은 공간 다중화 방식과 공간 다이버시티를 이용하는 방식 모두를 사용한다. 기본적으로, LDC 기법은 선형 분산 행렬을 이용하여 정보를 전송 행렬에 분산 배치시켜 전송하고 수신단에서는 ML검파 방법을 이용하여 신호를 검파한다[9]. LDC 기법은 정보를 분산시켜 전송하므로 다이버시티 이득을 V-BLAST보다 많이 얻으므로 수신 성능을 기존 V-BLAST보다 향상시킬 수 있다. <그림 2>은 LDC 기법의 개념도를 나타낸다.

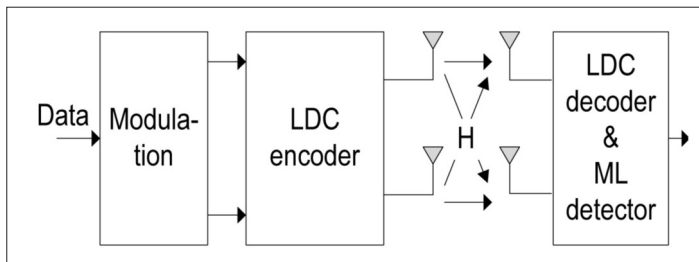
LDC 기법의 장점은 정보를 분산시켜 전송함으로 기존 V-BLAST와 STBC 두 가지의 장점을 동시에 가지고 있다는 것이다. 그러나 변조 레벨이 증가하거나, 송신 안테나 개수가 증가할수록 신호를 검파하기 위한 계산량이 기하급수적으로 증가하는 단점을 가지고 있다. 또한 신호를 분산시켜 채널 용량만을 최대화하기 때문에 수신 성능을 고려치 않는다는 단점을 가지고 있다.

4) 프레임 이론에 기반한 LDC 전송기법

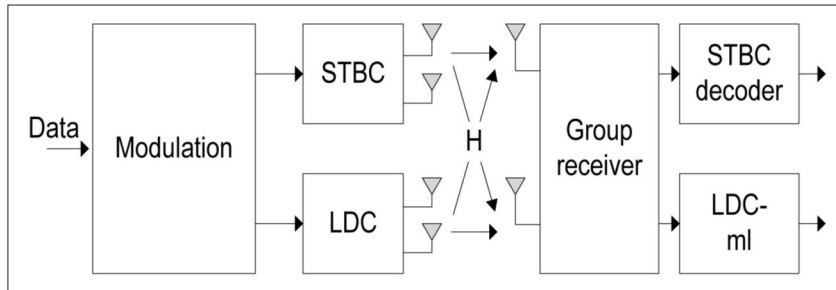
프레임 이론에 기반한 LDC 전송기법은 기존의 LDC 전송기법과 비슷하지만 정사각형 형태의 전송 구조와는 차이가 있다. 프레임 이론에 기반한 LDC 전송기법에서 사용하는 선형분산행렬은 한 개의 전송행렬에 포함되는 심볼의 개수를 조절함으로써 정사각형 형태가 아닌 직사각형 형태로 주로 구성된다. 또한 프레임 이론에 기반한 LDC 전송기법은 오류확률을 줄일 수 있는 선형분산행렬을 타이트 프레임(Tight Frame)을 이용하여 생성하며, 한 개의 전송행렬에 포함되는 심볼의 개수가 증가할수록 수신 성능이 향상된다. 그 이유는 분산시키는 심볼의 개수가 많아질수록 다이버시티 효과가 증가하기 때문이다[10]. 그러므로 프레임 이론에 기반한 LDC 전송기법은 기존 LDC 방식보다 향상된 수신 성능을 가진다. 그러나 분산시키는 심볼의 개수가 많아질수록 수신단의 복잡도는 기하급수적으로 늘어나기 때문에 하드웨어 성능을 향상시키거나 복잡도를 줄일 수 있는 검파기법이 필요하다.

5) 하이브리드 MIMO 전송기법

전형적인 STBC 시스템은 다중경로와 공간적 다이버시티 이득을 얻기 위해 사용되지만 전송량 측면에서는 송신 안테나 두 개를 사용할 경우 단일 안



<그림 2> LDC 전송기법



〈그림 3〉 하이브리드 STBC-LDC 전송기법

테나 시스템과 동일하다는 단점을 가지고 있다. 그러므로 전송량을 증가시키기 위하여 서로 다른 STBC 전송행렬을 송신부에 여러 개를 배치하는 하이브리드 STBC 기법이 제안되었다[11]. 이러한 하이브리드 STBC 기법은 여러 가지 형태를 띠고 있는데, STBC와 V-BLAST가 결합된 형태, STBC와 LDC가 결합된 형태 등 필요에 따라서 여러 가지로 조합될 수 있다. 〈그림 3〉은 하이브리드 STBC-LDC 전송기법의 개념도이다.

STBC 전송기법은 다른 MIMO 기법들에 비해 주어진 SNR(Signal to Noise Ratio)에서 높은 수신 성능을 나타내지만 전송량이 떨어지는 단점이 있으며, 높은 전송량을 가지며 주어진 SNR에 따른 수신 성능이 가장 좋은 LDC 전송기법은 수신단의 복잡도가 높은 단점이 있다. 그러므로 하이브리드 STBC-LDC 기법은 수신단의 복잡도가 낮은 STBC 기법과 높은 전송량과 주어진 SNR에 따른 수신 성능이 가장 좋은 LDC 기법을 결합하여 수신단 복잡

도는 줄이고 수신 성능을 향상시킨다. 그러나 하이브리드 MIMO 전송기법은 송수신 안테나 개수가 증가한다는 단점을 가지고 있으며, 그룹 리시버단에서 서로 다른 정보를 정확하게 분리하지 못하면, 수신 성능이 떨어진다.

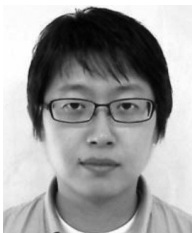
4. 결론

UHDTV는 높은 전송량을 요구하는 차세대 방송 서비스로써, 향후 상업적으로 성공을 거두기 위해서는 기반 기술들을 잘 갖추어야 한다. MIMO 전송기법은 높은 전송량을 요구하는 차세대 UHDTV 방송을 위한 핵심 기술 중 하나가 될 것이라 예상된다. 그러므로 기존 MIMO 전송기술들의 장점은 극대화하고 단점은 극복하면서, 원활한 UHDTV 방송 서비스에 적합한 MIMO 전송기술이 개발되기를 기대한다.

참고 문헌

- [1] 전동산, 조숙희, 정세윤, 김휘웅, 최진수, "UHDTV 기술 및 표준화 현황", 전자통신동향분석 제26권 제4호, 2011년 8월
- [2] 전성호, "UHDTV 전송기술 및 차세대 전파방송(전파특성 중심) 기술동향", 2012년도 제 5회 미래전파 업무역량 향상 세미나 및 토론회@국립전파연구원
- [3] ITU-R Q. 15/6, "Parameter Values for an Expanded Hierarchy of LSDI Image Formats for Production and International Programme Exchange," ITU-R BT.1769, 2006
- [4] European Telecommunication Standard, Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2), June 2008
- [5] Advanced Television Systems Committee,(2011, September) Final Report on ATSC 3.0 Next Generation Broadcast Television
- [6] 조봉균, 한동석 "UHDTV를 위한 MIMO 전송 시스템 성능 분석 및 설계" 방송공학회논문지, 제15권 제4호, pp.547~554, Jul. 2010
- [7] S. M. Alamouti, "A simple transmitter diversity technique for wireless communications," IEEE J. Sel. Areas Commun., special issue on signal processing for wireless communications, vol. 16, no. 8, pp.1451-1458, 1998
- [8] P. W. Wolniansky, G. J. Foschini, G. D. Golden, and R. A. Valenzuela, "V-BLAST: An architecture for realizing very high data rates over the rich-scattering wireless channel," in Proc. ISSSE-98, pp.295-300, Sep. 1998
- [9] B. Hassibi and B. M. Hochwald, "High-rate codes that are linear in space and time," IEEE Trans. Inf. Theory, Vol. 48, Issue 7, pp.1804-1824, July 2002
- [10] R. W. Heath and A. J. Paulraj, "Linear dispersion codes for MIMO systems based on frame theory," IEEE Trans. Signal Process, vol. 50, no. 10, pp.2429-2441, Oct. 2002
- [11] L. Zhao and V. K. Dubey, "Detection schemes for space-time block code and spatiol multiplexing combined system," IEEE Commun., Lett. vol. 9, no. 1, pp.49-51 Jan. 2005

필자 소개



조 봉 균

- 2008년 : 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 (공학사)
- 2011년 : 경북대학교 대학원 전자전기컴퓨터학부(공학석사)
- 2011년 ~ : 경북대학교 대학원 전자공학부 박사과정
- 주관심분야 : MIMO, 방송통신기술



한 동 석

- 1987년 : 경북대학교 전자공학과 (공학사)
- 1989년 : KAIST 전기 및 전자공학과 (공학석사)
- 1993년 : KAIST 전기 및 전자공학과 (공학박사)
- 1987년 10월 ~ 1996년 8월 : 삼성전자 기술총괄 신호처리 연구소 선임연구원
- 1996년 월 ~ 경북대학교 IT대학 전자공학부 교수
- 2006년 7월 ~ 2008년 7월 : 정보통신연구진흥원 디지털TV/방송사업단 단장
- 주관심분야 : 차세대 방송 시스템 및 이동통신 신호처리