

채널 결합 기반 방송 전송 기술의 성능 평가

임보미, 정희운, 박성익, 허남호
한국전자통신연구원

blim_vrossi46@etri.re.kr, junghy@etri.re.kr, psi76@etri.re.kr, namho@etri.re.kr

Performance Evaluation of Broadcast System based on Channel Bonding Technique

Bo-mi Lim, Hoiyoon Jung, Sung-Ik Park, Namho Hur
Electronics and Telecommunications Research Institute

요 약

대형 디스플레이 패널 시장의 확대되고 4K 및 8K 해상도를 갖는 고화질 미디어 서비스에 대한 요구가 증가함에 따라 대용량 미디어를 전달하는 매체에 대한 논의가 이루어지고 있다. 그러나 물리적 신호 전달의 경우 채널이 갖는 전송용량과 주파수 자원의 한계로 인한 제약이 크다. 지상파 방송의 경우 채널의 전송용량한계를 극복하기 위하여 두 개 이상의 채널을 결합하는 채널 결합 기술과 다중 송수신 안테나 기술을 도입하였다. 본 논문에서는 지상파 방송 채널의 채널 결합 기술의 특징과 하드웨어 기반의 수신 성능을 살펴보고 지상파 방송 서비스 활용 방안을 논의한다.

I. 서론

최근 지상파 방송 채널 용량을 개선하고 보다 유연한 서비스 제공을 위하여 2 세대 지상파 방송 기술인 ATSC 3.0 표준이 새롭게 제안되었다[1],[2]. ATSC 3.0은 채널부호화, 물리계층 다중화 등 다양한 최신 물리계층 기술을 채택하여 단일 전송 채널의 전송 효율을 개선하였으며 [3], 다중 안테나 전송 기술과 채널 결합 기술을 채택하여 4K UHD 미디어 서비스의 전달 뿐만 아니라 최근 화두가 되고 있는 8K UHD 미디어 서비스도 전달할 수 있다[4],[5]. 다중 안테나 기술은 두 개의 송수신 안테나를 사용하여 단일 채널 용량 한계를 극복하는 기술이고, 채널 결합 기술은 두 개 이상의 지상파 채널을 사용하여 전송 용량을 확대하는 기술이다. 본 논문에서는 ATSC 3.0 표준의 채널 결합 기술에 대하여 살펴보고 이 기술을 적용하여 개발된 하드웨어를 통하여 수신 성능을 평가한다. 그리고 이를 바탕으로 채널 결합 기술을 활용한 지상파 방송 서비스 방향을 살펴본다.

II. 본론

ATSC 3.0의 채널 결합 기술은 현재 연속적 또는 불연속적으로 존재하는 두 지상파 방송 채널의 결합을 지원한다 [1]. 그리고 채널 결합 기술은 플레인 방식과 신호 대 잡음비 평균 방식으로 방송 서비스를 제공할 수 있다. 먼저 플레인 방식의 채널 결합은 두 개의 방송 채널을 하나의 광대역 채널로 간주하여 방송 신호를 전달하는 방식이다. 따라서 전송 방식에 제약없이 다수 개의 서비스를 제공할 수 있다. 예를 들어 두 개의 채널에 각각 독립적인 전송 파라미터를 적용하여 구성할

수 있어 각 채널이 갖는 전송률과 신호 품질이 서로 같거나 다를 수 있다. 신호 대 잡음비 평균 방식의 채널 결합 기술은 채널부호화 및 변조가 적용된 인접한 셀을 서로 다른 주파수 채널을 통해 전달한다. 즉 짝수 번째 셀이 주파수 1을 통해 전달되면 홀수 번째 셀은 주파수 2를 통해 교차 전달된다. 따라서 수신기는 두 개의 주파수를 모두 통과한 셀 집합으로 데이터를 복호화하므로 두 개의 채널을 평균화하는 다이버시티 이득을 얻는다. 신호 대 잡음비 평균 방식의 경우 두 채널의 전파 환경 특성이 다를 수록 수신 성능 이득이 크다 [4],[6]. 그리고 전송 대역을 VHF와 UHF로 다르게 적용하는 경우는 플레인 채널 결합의 경우도 성능 이득을 볼 수 있으나 신호 대 잡음비 평균 방식이 더 큰 이득을 얻는다[7]. 이와 같이 두 채널 결합 기술 방식의 특징 및 성능은 여러 논문들에서 이론적으로 분석되었으나, 실제 하드웨어를 바탕으로한 실용적 측면에서는 충분히 평가가 되지 않았다 [8].

그림 1은 채널 결합 기술을 포함하여 구현된 송수신 시스템과 채널 결합 방식의 성능을 비교하기 위한 실험실 테스트 구성을 나타낸다. 실험의 성능 평가 지표는 두 개의 채널에 동일한 전송 파라미터를 적용하고 수신기에서 수신가능한 최소 수신 전계를 측정하는 것이다. 그리고 채널 부호율과 변조차수에 따라 결정된 신호 수신 시 요구되는 동작 신호 대 잡음비 영역에 따라 두 방식을 평가하고 좀 더 적용이 용이한 영역을 살펴본다. 표 1은 이번 실험실 테스트에 사용한 전송 파라미터를 요약한 것이다. 표 1에 나타난 것처럼 0 dB 이하에서 동작하는 매우 수신 강인성이 높은 파라미터부터 8K UHD 미디어도 충분히 전송 가능한 전송률이 매우 높은 파라미터까지 다양하게 살펴보았다.

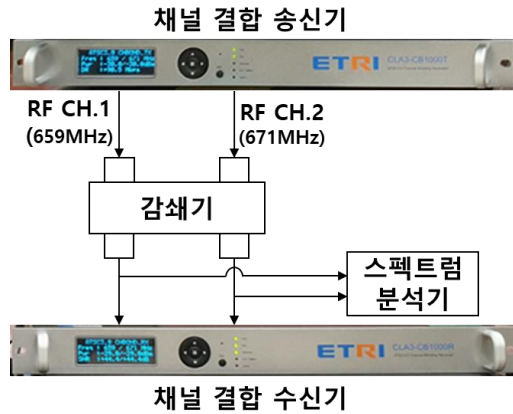


그림 1. 채널 결합이 적용된 송수신기 및 실험 구성

표 1. 실험에 적용된 전송 파라미터

파라미터 이름	파라미터 값				
FFT Size	16k				
Guard Interval	GI5_1024 (148.15μs)				
Pilot Pattern	SP12_4				
Time Interleaver	CTI 1024				
LDPC Code	2/15	6/15	9/15	11/15	13/15
Constellation	QPSK	16QAM	64QAM	256QAM	1kQAM
Data Rate [Mbps]	2.7	16.6	37.5	61.2	90.4
SNR [dB]	-4.9	9.1	11.9	19.1	28.0

표 2 는 개발된 하드웨어를 활용하여 수행한 최소수신전계 측정 결과를 나타내며 그림 2 는 이를 도식화한 것이다. 표 2 에서 플레인 방식의 최소수신전계 결과는 신호 대 잡음비 평균 방식에서 두 채널간의 수신 전계 차이가 없는 경우에 달성할 수 있는 값과 동일하다. 신호 대 잡음비 평균 방식을 적용하고 두 채널 간의 수신 전계 차이가 있는 경우, 표 2 의 우측 결과와 같이 한쪽 채널의 신호가 플레인 방식의 최소수신 전계(그림 2 의 (A) 값)보다 높은 경우 다른 한쪽의 신호는 (A) 보다 더 낮아도 수신 신호가 성공적으로 복원이 된다. 예를 들어 QPSK 와 2/15 LDPC 코드를 사용한 경우 한 채널의 신호가 -94 dBm 이상인 경우 다른 한 채널의 신호가 전혀 수신이 되지 않아도 수신기가 신호를 제대로 복원할 수 있다. 즉, 한 채널의 수신 전계가 더 증가하는 경우 다른 한 채널의 열악한 수신 환경을 보완할 수 있다. 그림 2 를 통해 살펴보면, 플레인 방식으로 채널 결합을 적용하는 경우 (A) 이하의 수신 전계를 갖는 영역에서는 신호가 정상적으로 수신이 된다. 그리고 신호 대 잡음비 평균 방식을 적용하는 경우 한 채널의 신호가 최소 (C)를 달성하면 (A)보다 더 낮은 (B) 수신 전계에서도 신호를 정상적으로 수신할 수 있다. 이는 신호 대 잡음비 평균 방식이 플레인 방식보다 더 넓은 방송 권역을 제공할 수 있음을 나타내며 수신 강인성이 높은 전송 파라미터를 적용하는 경우 신호 대 잡음비 평균 방식이 더욱 유리하다. 그러나 현재 ATSC 3.0 표준에서는 수신기 복잡도 등을 고려하여 두 개의 채널에 적용된 전송 방식이 반드시 동일해야 하므로 방송 채널 운용의 유연성 측면에서 플레인 방식보다 떨어진다. 또한 높은 전송률을 목적으로 하고 두 개의 방송 채널 간의 특성 차이가 크지 않은 경우, 방식 별

표 2. 최소수신전계 측정 결과

	최소수신전계 [dBm]			
	플레인 방식(A)	신호대잡음비 평균 방식		
전송 파라미터	RF CH.1	RF CH.2	RF CH.1(B)	RF CH.2(C)
2/15, QPSK	-98	-98	-137	-94
6/15, 16QAM	-89	-89	-94	-83
9/15, 64QAM	-81	-81	-87	-74
11/15, 256QAM	-74	-74	-80	-67
13/15, 1kQAM	-66	-66	-69	-56

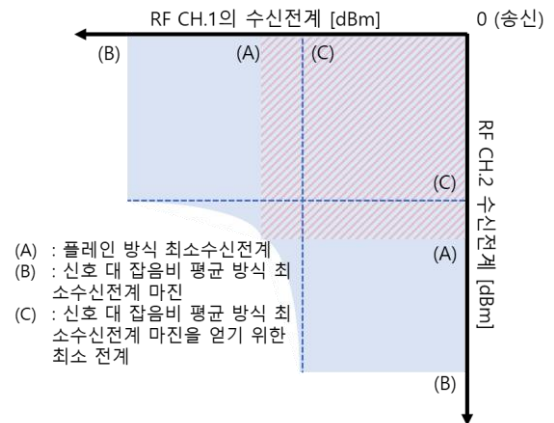


그림 2. 최소수신전계에 따른 측정 영역의 도식화

성능 차이가 크지 않으므로, 두 채널의 전송 파라미터를 서로 다르게 적용할 수 있는 플레인 방식이 낫다.

III. 결론

본 논문에서는 채널 결합 기술을 바탕으로 한 지상파 방송 전송 기술이 적용된 송수신 하드웨어를 개발하여, 채널 결합 기술의 수신 성능과 방식 별 특징을 비교하였다. 기존의 이론적 연구에서 나타난 것처럼 하드웨어에 기반한 성능 실험에서도 신호 대 잡음비 방식을 사용한 채널 결합의 수신 성능이 우수함을 알 수 있었다. 그러나 채널 결합의 적용과 서비스 대상 및 목적에 따라 플레인 방식이 서비스 제공 측면의 유연함이 있으므로 사업자는 이를 고려하여 방송서비스를 구상해야 한다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2022 년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (2017-0-00081, 초고품질 UHD (UHQ) 전송 기술 개발)

참 고 문 헌

- [1] ATSC Standard: A/322, Physical Layer Protocol, document A/322:2021, Advanced Television System Committee, Washington, DC, USA, Jan. 2021.

- [2] R. Chernock et al., "ATSC 3.0 Next Generation Digital TV Standard—An Overview and Preview of the Issue," *IEEE Trans. Broadcast.*, vol. 62, no. 1, pp. 154–158, March 2016.
- [3] L. Fay et al., "An Overview of the ATSC 3.0 Physical Layer Specification," *IEEE Trans. Broadcast.*, vol. 62, no. 1, pp. 159–171, March 2016.
- [4] L. Stadelmeier, D. Schneider, J. Zöllner, and J. J. Gimenez, "Channel bonding for ATSC3.0," *IEEE Trans. Broadcast.*, vol. 62, no. 1, part 1, pp. 289–297, March 2016.
- [5] D. Gomez-Barquero et al., "MIMO for ATSC 3.0," *IEEE Trans. Broadcast.*, vol. 62, no. 1, part 1, pp. 298–305, Mar. 2016.
- [6] H. Jung et al., "ATSC 3.0 channel bonding performance with equal PLP rate in fixed channel environment," in *Proc. IEEE BMSB*, Valencia, Spain, June 2018.
- [7] H. Jung et al., "ATSC 3.0 channel bonding performance in mobile channel environments," in *Proc. IEEE BMSB*, Jeju, Korea, June 2019.
- [8] H. Jung et al., "Implementation of terrestrial 8K broadcast system using ATSC 3.0 channel bonding," in *Proc. IEEE BMSB*, Paris, France, Oct. 2020.