

ATSC 3.0 물리계층 시스템의 주파수 인터리버 성능 평가

임보미 박성익 김홍목
한국전자통신연구원
blim_vrossi46@etri.re.kr

Performance Evaluation of Frequency Interleaver for ATSC 3.0

Bo-mi Lim Sung Ik Park Heung Mook Kim
Electronics and Telecommunications Research Institute

요 약

차세대 지상파 방송 규격인 Advanced Television Systems Committee (ATSC) 3.0 에서는 OFDM 심볼내의 특정 부반송파 대역에서 발생하는 군집 오류(burst errors)로 인한 성능 열화를 극복하기 위하여 주파수 인터리버 (frequency interleaver) 기법을 채택하였다. 주파수 인터리버는 OFDM 심볼 내의 데이터의 위치를 랜덤하게 배열하여 채널에서 발생하는 군집 오류 (burst error)를 분산시켜 성능 열화를 극복한다. 본 논문에서는 다양한 채널 환경에서의 주파수 인터리버의 성능을 평가하고 효과를 분석한다.

1. 서론

Advanced Television Systems Committee (ATSC)는 한정된 주파수 자원의 효율성을 높이고 초고선명 (UHD) 영상 및 이동 고선명 (HD) 영상 전달을 위하여 차세대 지상파 방송 규격 중 하나인 ATSC 3.0 을 위한 요소 기술을 제안 받아 표준화를 진행하고 있다 [1]. ATSC 3.0 의 물리계층 시스템은 Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) 변조 기반의 전송 방식을 채택하였다.

지상파 방송 서비스는 무선 채널을 통하여 전송이 되며 이 과정에서 주파수 선택적 페이딩 (frequency selective fading) 등을 겪으면서 특정 주파수 대역의 군집 오류 (burst errors)로 인하여 성능 열화가 발생한다. 따라서 ATSC 3.0 에서는 이를 해결하기 위하여 물리 계층 요소 기술로 주파수 인터리버 (frequency interleaver)를 채택하였다. 주파수 인터리버는 OFDM 심볼 내의 데이터 위치를 무작위로 배열하여 특정 부반송파에서 연속적으로 발생하는 오류를 분산시켜 성능 열화를 완화 시키는 기법이다 [2]. 그러나 ATSC 3.0 물리계층 시스템은 수신 성능을 향상 시키기 위하여 Bit-Interleaved Coded Modulation (BICM), 시간 인터리버 (time interleaver), 셀 인터리버 (cell interleaver)와 같은 다양한 인터리버를 고려하였다. 따라서 앞선 다른 인터리버들이 적용되었을 때의 주파수 인터리버의 효율성에 대한 연구가 필요하다. 본 논문에서는 ATSC 3.0 에 제안된 주파수 인터리버를 고정 채널 환경 및 0dB echo 채널 (SFN 환경)에서 성능을 평가하고 효과를 분석한다.

2. 주파수 인터리버 구조 및 성능 평가

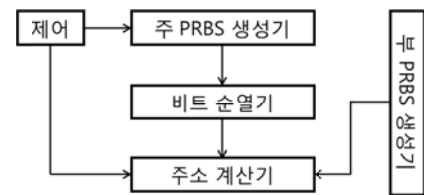


그림 1 주파수 인터리버 구조 블록

ATSC 3.0 에서 채택된 주파수 인터리버는 그림 1 과 같은 구조로 이루어져 있다. 주 의사 난수 이진열 (pseudo random binary sequence, PRBS) 생성기는 선형 피드백 시프트 레지스터 (linear feedback shift register, LFSR)로 구현되며, 입력된 데이터들을 하나의 OFDM 심볼 내에서 순서가 섞이도록 랜덤한 비트열을 출력한다. 주 PRBS 생성기는 매 OFDM 심볼마다 초기화된다. 출력된 비트열은 비트 순열기 (permutation)에서 짝수 번째 OFDM 심볼이나 홀수 번째 OFDM 심볼이나 따라 서로 다른 방법으로 섞인다. 부 PRBS 생성기는 데이터들이 전송 프레임 내에서 OFDM 심볼마다 서로 다른 순서로 섞이도록 오프셋으로 작용하는 비트열을 생성한다. 또한 마찬가지로 LFSR 로 구현되며 전송 프레임 시작과 함께 초기화된다. 두 개의 비트열은 입력되는 데이터의 순서를 고려하여 서로 더해지며 OFDM 심볼 내의 상대적 위치 주소 값으로 계산된다. 각 PRBS 의 LFSR 은 적용되는 OFDM 모드에 따라 LFSR 이 서로 다른 피드백 구조를 갖는다.

ATSC 3.0 물리계층 시스템을 위한 주파수 인터리버의 효과를 살펴보기 위해서 다양한 채널 환경에서 주파수 인터리버의 적용 유무에 따른 BER 성능을 살펴 보았다. 모의실험에서 구현된 시스템에는 BICM 및 시간, 셀 인터리버를 포함하며 bit error rate (BER)은 BCH 부호를 복호 후 측정하였다. 모의실험에 적용한 파라미터는 표 1 과 같다.

표 1 모의실험 파라미터

파라미터	값
LDPC block length	64800
Code rate	11/15
Modulation	64 Non-uniform QAM
FFT size	16384
Center frequency	689MHz
Time interleaver depth	200ms

모의실험에서 사용한 채널은 AWGN, 라이시안 페이딩 (Rician fading, RC20), 레일리 페이딩 (Rayleigh fading, RL20), 0dB-Echo 모델이다. RC20 과 RL 20 은 다중 경로 채널이 각각 20 개씩 존재하며 가시선 (line-of-sight, LOS) 의 존재에 따라 서로 다른 특성을 갖는다. 0dB-Echo 채널은 단일 주파수 네트워크 (single frequency network, SFN) 환경이라 볼 수 있으며, 비슷한 크기의 동일한 신호가 일정한 지연을 두고 수신기로 전달 되는 채널이다.

그림 2 는 AWGN, RC20, RL20, 0dB-Echo 와 같이 수신기 및 송신기의 이동이 없는 고정된 채널 환경에서의 주파수 인터리버 유무에 따른 BER 성능을 나타낸다. 0dB-Echo 채널의 경우 에코 지연을 OFDM 보호 구간의 70%와 90%로 두고 성능을 측정하였다. AWGN 과 RC 20 의 경우는 채널 특성상 특정 부반송파 대역에서 오류가 발생하지 않기 때문에, 주파수 인터리버 유무에 관계 없이 동일한 성능을 나타내는 것을 알 수 있다. RC20 의 경우 LOS 가 확보되기 때문에 가장 성능이 좋다. RL 20 의 경우 성능차이가 거의 없어 주파수 인터리버를 사용한 효과가 거의 없다고 볼 수 있다. 0dB-Echo 채널의 경우 지연 정도에 따른 성능 차이가 명확하게 나타난다. 70%의 지연을 갖는 경우 주파수 인터리버를 사용함으로써 0.5dB 이상의 SNR 이득을 얻는다. 반면 90%의 지연을 갖는 경우 주파수 인터리버를 사용하는 경우 0.1-0.2dB 의 손실이 있다. 뿐만 아니라, 주파수 인터리버를 사용여부가 아닌 에코 지연 정도에 따르면, 주파수 인터리버를 사용하지 않는 경우 지연에 따른 성능차이가 1dB 이상 나타나며, 적용하지 않는 경우는 차이가 거의 없는 것을 알 수 있다.

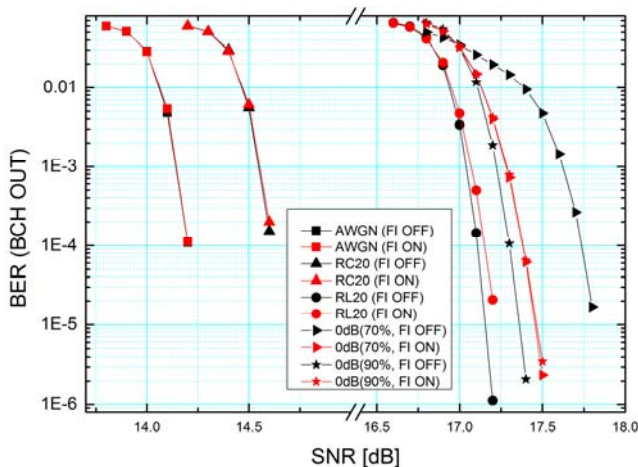


그림 2 주파수 인터리버 유무에 따른 BER 성능

그림 3 은 SNR 이 17.3dB 일 때, 에코 지연에 따른 BER 성능을 살펴본 것이다. 0dB-Echo 채널 전반에서 주파수 인터리버를 사용하지 않는 경우의 성능이 좋은 것을 알 수 있으나, 특정 에코 지연의 경우 주파수 인터리버를 사용하지

않으면 성능 열화가 심해지는 것을 알 수 있다. 그림 2 에서 살펴본 70% 의 지연을 갖는 경우가 그 예라고 볼 수 있다. 이는 0dB-Echo 채널은 지연에 따라 채널 이득이 거의 없는 구간 (null)의 위치가 달라진다. 이 때 주파수 인터리버를 사용하게 되면 전송 프레임 내에서 OFDM 심볼마다 인터리빙 형태가 달라지기 때문에, 실제적으로는 해당 위치가 계속 바뀌는 결과를 가져온다. 반면 적용하지 않는 경우는 특정 위치에서 계속 오류가 발생되므로, 성능 열화가 매우 큰 부분이 존재하게 된다. 따라서, 그림 3 으로 미루어 전반적인 성능은 주파수 인터리버를 사용하지 않는 경우가 좋으나, 특정 영역에서 수신 성능이 열화 되는 상황이 발생할 수 있어 주파수 인터리버의 사용을 고려할 필요가 있다.

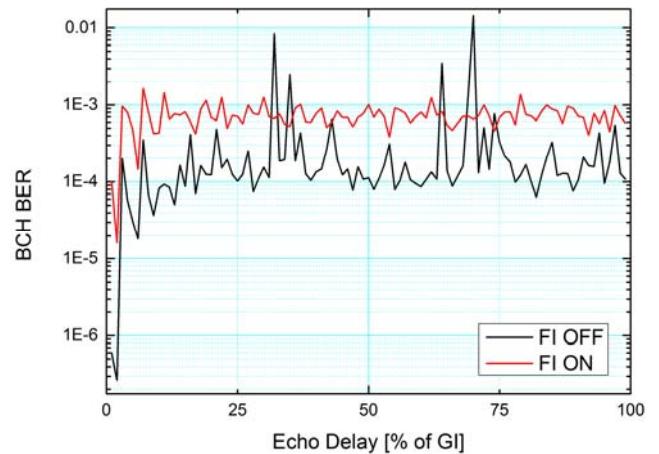


그림 3 에코 지연에 따른 BER 성능 평가 (@SNR=17.3dB)

3. 결론

본 논문에서는 ATSC 3.0 물리계층 시스템을 위한 주파수 인터리버의 성능을 모의실험을 통해 다양한 채널 환경에서 살펴보고 영향을 분석하였다. 전체적인 성능을 종합해 볼 때, 주파수 인터리버의 사용은 수신 성능을 강인하게 하는데 있어 큰 영향을 주지는 않으나, 0dB-Echo 채널에서 특정 신호 지연에 대해서는 필요한 것을 알 수 있다. 또한 차후 전송 프레임에 subslice 와 같은 기법이 적용되는 경우, 서비스 데이터가 특정 부반송파에 집중 될 수 있고 수신 성능이 더욱 취약해지기 때문에 주파수 인터리버의 효과가 클 것으로 예상된다.

ACKNOWLEDGEMENT

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 정보통신·방송 연구개발 사업의 일환으로 수행하였음.[R0101-15-294, 융합형 실감방송 서비스 및 전송 기술 개발]

참 고 문 헌

[1] 이재영, 권선형, 박성익, 김홍록, "ATSC 3.0 기술 및 표준화 현황", 전자파기술, 제 25 권, 제 5 호 pp.33-41 2014. 9
 [2] Digital Video Broadcasting, Next Generation Broadcasting System to Handheld, Physical Layer Specification (DVB-NGH), DVB Doc.A160, Nov. 2012