

LDM 기반 시간 인터리버 성능 평가 및 분석

송진혁 김흥묵
한국전자통신연구원
song020@etri.re.kr

Performance Evaluation of Time Interleaver Based on LDM

Jin Hyuk Song, Heung Mook Kim
Electronics and Telecommunications Research Institute (ETRI)

요 약

Advanced television systems committee (ATSC) 3.0 은 효율적 주파수 사용을 위하여 여러 개의 방송 스트림을 계층 분할하여 전송하는 layered division multiplexing (LDM) 기술과 연접오류에 의한 성능저하를 방지하기 위하여 시간 인터리버 (time interleaver) 기술을 채택하였다. 본 논문에서는 LDM 기반 시간 인터리버 기술의 각 계층별 성능을 모의실험을 통하여 다양한 채널 환경에서 평가하고 효과를 분석하였다.

1. 서론

Advanced television systems committee (ATSC) 3.0 은 ATSC 1.0 대비 동일조건에서 전송용량 30%이상 향상 및 초고선명 (UHD) 방송의 고정수신, 고선명 (HD) 방송의 이동수신을 목표로 현재 표준화를 진행 중이며 2016 년 완료 목표에 하고 있다 [1]. 그 중 여러 개의 방송 스트림을 계층 분할을 통하여 전송하고 효율적인 주파수 사용과 개선된 이동수신이 가능한 layered division multiplexing (LDM) 기술이 ATSC 3.0 물리계층 기반 기술로 채택되었다. LDM 기술에서 core layer(CL)는 이동 방송을 목적으로 데이터 전송률이 낮은 신호를 전송(e. g. QPSK) 하고, enhanced layer (EL)는 높은 전송률의 신호를 제 1 계층 보다 낮게 삽입한다. 따라서 하나의 RF 채널을 이용하여 0 dB 이하의 낮은 SNR 에서 HD 방송의 이동수신(2~3 Mbps)이 가능하고 높은 SNR 에서는 UHD 방송을 수신할 수 있다.

ATSC 3.0 에서는 orthogonal frequency division multiplexing (OFDM) 방식에 오류정정 부호로 low density parity check (LDPC)를 사용하여 다중경로 채널에 의한 페이딩 현상을 극복할 수 있으나 연접오류 (Burst Error)에 의한 성능저하를 방지하기 위하여 시간 인터리버 (Time Interleaver) 기술을 채택하였다. 따라서 본 논문에서는 ATSC 3.0 에 제안된 시간 인터리버를 적용하여 LDM 기반 각 계층별 성능을 평가하고 효과를 분석한다.

2. LDM 기반 시간 인터리버 구조

LDM 은 다른 전송 스트림이 서로 다른 강인성을 갖도록 각각 bit interleaved coding and modulation (BICM)을 수행하고 성상매핑 된 심볼레벨에서 결합된다. 이어서 수신기

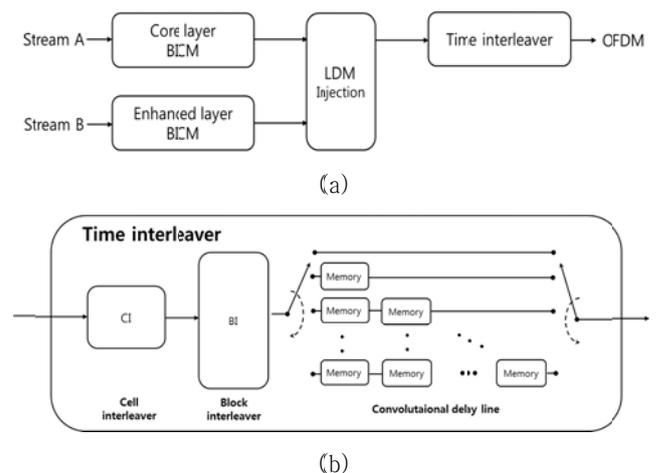


그림 1 (a) LDM 송신기 블록도, (b) 시간 인터리버 블록도

복잡도 감소와 간단한 구현을 위하여 신호가 결합된 이후에 시간 인터리버를 수행한다. 시간 인터리버를 수행하는데 필요한 파라미터는 상대적으로 페이딩에 의한 영향이 큰 core layer 에 따라 결정된다.

그림 1 (b)에서와 같이 시간 인터리버는 크게 3 개의 블록으로 이루어져 있다. 먼저 cell interleaver (CI)는 한 개의 FEC 프레임 안에서 신호 순서를 재배열하는 역할을 하고 단위는 LDPC 코드워드 길이와 신호의 변조차수에 따라 결정된다. 이어서 block interleaver (BI)는 복수개의 FEC 프레임이 모여 하나의 TI block 을 구성하고 TI block 내에서 인터리빙을 수행한다. 마지막으로 BI 의 출력은 convolutional delay line (CDL)거치고 ATSC 3.0 프레임간 인터리빙을 수행한다. CDL 은 interleaving unit (IU) 단위로 지원되고 IU 의 개수는 하나의 TI block 이 분산되는 ATSC 3.0 프레임의 수와 일치한다 [2].

3. 실험결과 및 분석

LDM 기반 시간 인터리버의 효과를 살펴보기 위하여 다양한 채널에서 BCH 복호화 출력에서의 BER 성능을 비교한다. 모의 실험을 위하여 사용된 실험파라미터는 표 1 과 같다.

표 1 모의실험 파라미터

| 파라미터 | 값 | | |
|----------------------|---------|---------|---------|
| | CL | EL | |
| LDPC codeword length | 64800 | | |
| Code rate | 4/15 | 10/15 | |
| Modulation | QPSK | 64NUC | |
| FFT size | 16384 | | |
| CP length | 1024 | | |
| Injection level (dB) | -4 | | |
| Center frequency | 689 MHz | | |
| Channel estimation | Perfect | | |
| | Case 1 | Case 2 | Case 3 |
| N_IU | 1 | 1 | 2 |
| N_FEC_TI | 9 | 15 | 10 |
| Memory (cells) | 291,600 | 486,000 | 486,000 |

그림 2 에서 TU6 이동 채널에서의 interleaving depth 와 속도에 따른 BER 성능을 보여준다. 동일한 IU 값을 사용하는 경우에는 FEC 프레임의 수(N_FEC_TI)가 클수록 많은 메모리를 사용하고 개선된 성능을 얻는 것을 확인 할 수 있다. 속도 60, 120km/h 에서 BER 10⁻³ 기준 각각 0.6, 0.45dB 의 이득을 얻는다. 이어서 표 1 의 case 2 와 3 의 경우를 비교하면 동일한 메모리를 사용하지만 IU 의 개수가 2 인 case 3 의 성능이 좋은 것을 확인할 수 있다. 이는 ATSC 3.0 프레임간 인터리빙을 수행하여 interleaving depth 가 커졌기 때문이다.

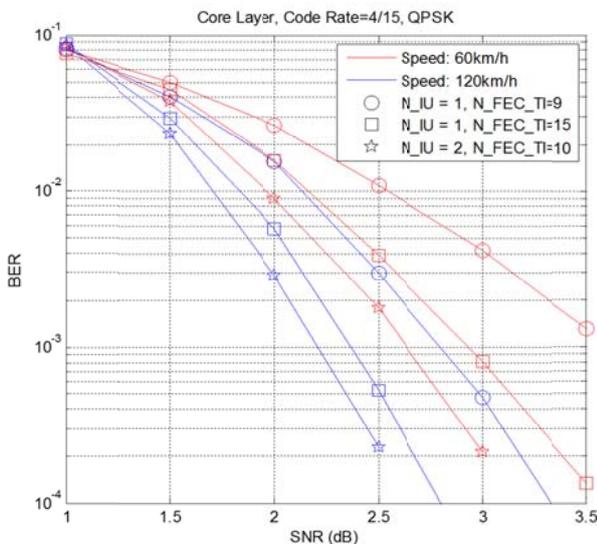


그림 2 Interleaving depth 와 속도에 따른 CL 성능(TU6 채널)

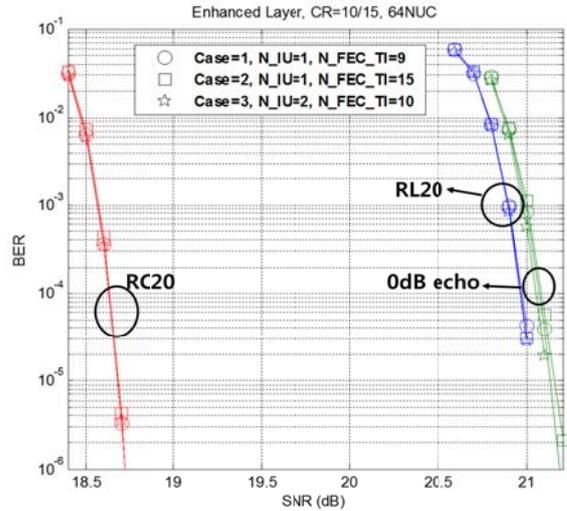


그림 3 Interleaving depth 에 따른 EL 성능(RC20, RL20, 0dB echo 채널)

그림 3 은 enhanced layer 의 성능을 평가하기 적합한 고정 채널 (라이시안 페이딩 (Rician fading, RC20), 레일리 페이딩 (Rayleigh fading, RL20), 0dB-Echo))에서의 BER 성능 그래프이다. 세 가지 채널 모두 연접오류 또는 깊은 페이딩 (deep fading)에 의한 오류가 나타날 확률이 낮기 때문에 interleaving depth 에 관계 없이 동일한 성능을 나타내는 것을 확인 할 수 있다. 따라서 LDM 기반 시간 인터리버를 수행하는 경우에는 core layer 에 따라 파라미터를 결정하여야 한다.

4. 결론

본 논문에서는 LDM 기반 ATSC 3.0 에 제안된 시간 인터리버를 적용하여 각 계층별 성능을 모의실험을 통하여 다양한 채널 환경에서 평가하고 효과를 분석하였다. 상대적으로 페이딩에 의한 영향이 큰 이동 채널에서는 인터리빙에 의한 성능 차이가 있었으며 interleaving depth 가 커질수록 개선된 성능 얻었다. 하지만 고정 수신인 경우에는 시간 인터리버에 의한 성능 차이가 존재하지 않았다. 따라서 LDM 기반 시간 인터리버를 수행하는 경우에는 core layer 에 따라 파라미터를 결정하여야 한다.

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] 음호민, 서재현, 김홍목, 허남호, “실감 지상파 디지털 방송기술”, 한국통신학회지(정보와 통신), 제 32 권, 제 2 호 pp. 63-72 2015. 1

[2] Digital Video Broadcasting, Next Generation Broadcasting System to Handheld, Physical Layer

Specification (DVB-NGH), DVB Doc.A160, Nov. 2012