

## 지상파 클라우드 방송 시스템에서 채널 추정에 대한 연구

김정창, \*박성익, \*김흥목  
한국해양대학교, \*한국전자통신연구원  
jchkim@kmou.ac.kr, \*{psi76,hmkim}@etri.re.kr

### A Study on the Channel Estimation for Terrestrial Cloud Transmission Systems

Jeongchang Kim, \*Sung Ik Park, and \*Heung Mook Kim  
Korea Maritime and Ocean University  
\* Electronics and Telecommunications Research Institute

#### 요 약

본 논문에서는 지상파 클라우드 방송 시스템 (cloud transmission system)의 수신 성능 비교를 위한 선행연구로서 채널 추정을 고려한 수신기 비트 오류 (bit error rate) 성능을 비교한다. 클라우드 방송 시스템은 2 개 이상의 동일채널간섭이 존재하는 환경에서 동작해야 하므로 negative SNR (signal-to-noise ratio) 영역에서 동작해야 한다.

#### Abstract

In this paper, we compare a bit error rate performance with channel estimation for terrestrial cloud transmission systems in order to provide an advanced research. Since terrestrial cloud transmission systems experience co-channel interference from one or more transmitters, they have to operate under negative signal-to-noise ratio.

#### 1. 서론

지상파 DTV (digital television) 방송 시스템에서는 서비스 반경의 3 배에 달하는 지역에서 동일채널간섭 (co-channel interference)으로 인하여 같은 주파수를 재사용할 수 없는 white space 문제가 야기된다 [1]. 이로 인하여 현재의 지상파 DTV 방송은 스펙트럼 효율이 매우 낮은 편이다. 전송용량 증대 및 수신 강인성 (robustness)을 향상시킴으로써 주파수 재사용이 용이한 지상파 클라우드 전송 (cloud transmission) 기술이 제안되었다 [2]. 지상파 클라우드 전송 기술은 주파수 재사용이 용이하고 white space 를 발생시키지 않으며, 단일주파수망 (single frequency network) 구축 및 운용이 매우 용이하다는 장점이 있다 [1] [2]. 이러한 클라우드 방송 기술을 사용하여 전국적으로 하나의 방송채널을 사용하여 HD (high definition)급 이동방송 서비스를 제공할 수 있을 것으로 기대된다 [1].

클라우드 방송 기술에 대한 기본 개념은 [2]에서 제시되었으며 최근에는 이를 현실화하기 위한 다양한 시스템 설계 방안에 대한 연구가 진행되고 있다. 먼저, [3]에서는 지상파 클라우드 방송 시스템에 적용하기 위한

오류정정부호로서 quasi-cyclic 구조에 기반한 LDPC (low density parity check) 부호가 설계되었다. [4]에서는 LDPC 및 RS (Reed Solomon) 부호를 결합한 2 차원 부호화 구조가 제안되었다. [5]에서는 클라우드 방송 시스템을 위한 OFDM (orthogonal frequency division multiplexing) 기반 프레임 구조가 제안되었으며, [1]에서는 [5]의 프레임 구조를 바탕으로 동기 방식이 제안되었다.

그러나, 아직 클라우드 방송 시스템에 대한 수신기 복조 성능에 대해 발표된 결과는 별로 없는 상황이다. 따라서, 본 논문에서는 클라우드 방송 시스템의 수신 성능 비교를 위한 선행연구로서 수신기 채널 추정 (channel estimation)을 고려하여 비트 오류 (bit error rate: BER) 성능을 비교한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저, 2 장에서는 클라우드 전송 시스템을 위해 적용한 파일럿 패턴 (pilot pattern) 및 채널 추정 방식에 대해서 간략히 살펴본다. 다음으로, 3 장에서는 채널 추정을 고려한 클라우드 전송 시스템의 BER 을 전산 실험을 통하여 비교하고, 마지막으로 4 장에서 결론을 맺도록 한다.

## 2. 파일럿 패턴 및 채널 추정

지상과 클라우드 방송 시스템에서는 최소 두 개의 송신기로부터 방송 신호가 전송되므로 하나의 방송 신호는 다른 방송 신호에 대해서 간섭으로 작용한다. 따라서, 동일채널간섭이 존재하는 경우에도 성공적으로 원하는 방송신호의 데이터를 복조할 수 있어야 한다. 본 논문의 클라우드 방송 시스템에서 정보 비트들은 [3]과 [4]의 오류정정부호화 방식에 의해서 부호화된 후 OFDM 송신기에 의해서 전송된다. 현재 클라우드 방송 시스템을 위한 파일럿 패턴은 아직 논의된 바가 없는 실정이므로 본 논문에서는 선행연구를 위하여 DVB-T2 규격의 PP2 파일럿 패턴을 적용하도록 한다.

그림 1 은 DVB-T2 규격의 PP2 scattered pilot pattern 을 나타낸다. 유효 부반송파 (used subcarrier)들에 대해서 12 개의 데이터 반송파 간격마다 하나의 파일럿이 배치되어 있다. 그림 1 의 파일럿 패턴을 이용하여 수신기에서 채널 추정을 수행한다. OFDM 시스템에서 다양한 채널 추정 알고리즘들을 적용할 수 있으나 본 논문에서는 클라우드 방송 시스템의 성능을 비교하기 위한 선행연구로서 zero-forcing 채널 추정 방식에 대한 비트 오율 성능을 관찰한다.

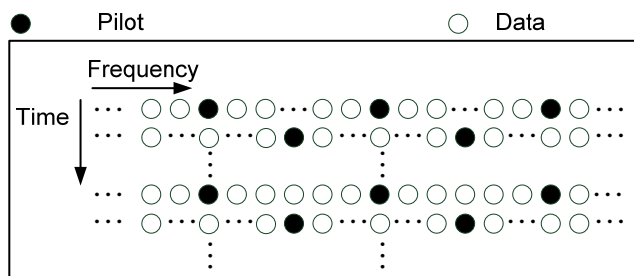


그림 1. Scattered pilot pattern.

각 파일럿 심벌에 해당하는 부반송파의 채널을 추정 한 후 인접 파일럿 부반송파의 채널 이득들에 대해서 선형보간 (linear interpolation)을 수행한다. 또한, 시간영역에서 두 개의 OFDM 심벌마다 파일럿이 배치되므로 시간영역에서도 선형보간을 수행한다.

## 3. 전산 실험결과

본 논문에서 가정한 OFDM 파라미터는 6MHz 의 대역폭과 4096 FFT 크기를 갖는다고 가정한다. 또한, 클라우드 방송 시스템은 동일채널간섭이 존재하는 환경에서 동작해야 하므로 negative SNR (signal-to-noise ratio)을 가정한다. 그림 2 는 TU6 채널에 대하여 120km/h 의 이동속도로 움직이는 수신기에서 zero-forcing 방법으로 채널을 추정하여 시간영역에서 채널의 임펄스 응답 (impulse response)을 나타낸 그림이다.

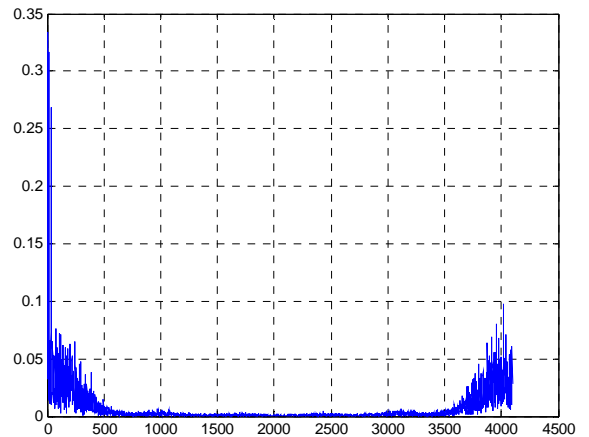


그림 2. Zero-forcing 을 이용한 채널 임펄스 응답 추정, TU6, SNR=-2dB.

그림 3 은 TU6 채널에 대하여 120km/h 의 이동속도로 움직이는 수신기에서 zero-forcing 방법으로 채널을 추정하여 주파수 영역에서 채널의 주파수 응답 (frequency response)을 나타낸 그림이다. 잡음의 영향으로 채널 추정이 제대로 되지 않음을 알 수 있다.

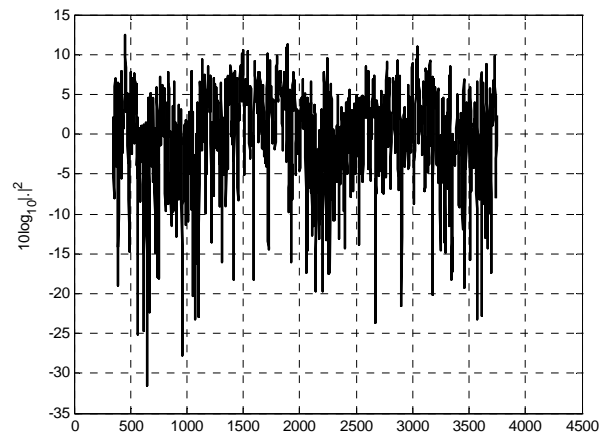


그림 3. Zero-forcing 을 이용한 채널 주파수 응답 추정, TU6, SNR=-2dB.

그림 4 는 AWGN (additive white Gaussian noise) 채널에서 BER 성능을 비교한 결과이다. 적용된 LDPC 는 부호율 1/4, 길이 64800 인 QC (quasi-cyclic)-LDPC 부호이다 [3]. 또한, RS 부호의 정보 심벌 길이는 152 바이트 (byte)이며 부호어 (codeword) 심벌 길이는 160 바이트이다. QPSK (quadrature phase shift keying) 변조방식을 사용하는 경우 zero-forcing 채널 추정 방식은 채널 정보를 정확히 알고 있다고 가정하는 경우에 비해서 대략 3dB 정도의 성능 열화를 나타냄을 알 수 있다. 클라우드 전송 시스템은 동일채널간섭이 존재하는 환경에서 동작해야 하므로 요구되는 SNR 을 줄이기 위하여 향상된 채널 추정 성능을 갖는 알고리즘들이 적용되어야 할 것으로 예상된다.

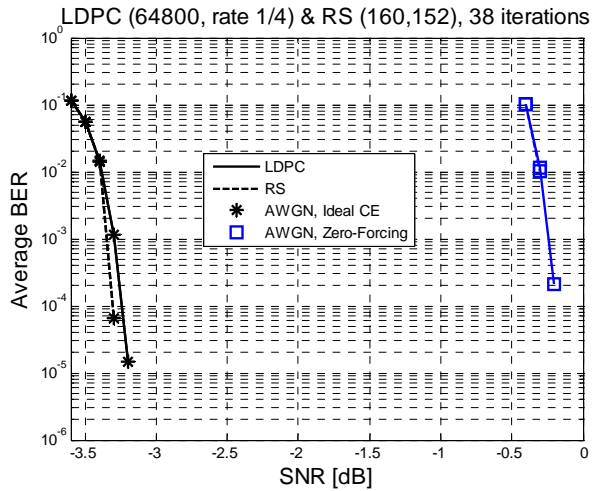


그림 4. BER 성능 비교, AWGN 채널.

#### 4. 결론

본 논문에서는 지상과 클라우드 방송 시스템에서 채널 추정을 고려한 BER 성능을 비교하였다. 지상과 클라우드 방송 시스템은 두 개 이상의 방송신호에 대한 동일채널간섭이 존재하는 환경에서 동작해야 하므로 negative SNR 에서 동작해야 한다. 기존 zero-forcing 채널 추정만으로는 클라우드 방송 시스템에서 큰 성능 열화로 인하여 요구되는 성능을 만족할 수 없다. 따라서, 클라우드 방송 시스템의 동작 환경을 고려한 새로운 채널 추정 방식의 연구를 진행 중이다.

#### Acknowledgement

본 연구는 미래창조과학부가 지원한 2014 년 정보통신· 방송(ICT) 연구개발사업의 연구결과로 수행되었음.

#### 참고문헌

- [1] 김정창, 박성익, 김홍목, “ 지상과 클라우드 방송 시스템을 위한 타이밍 동기 기술에 관한 연구,” *한국통신학회 2014년도 동계종합학술발표회*, pp. 279–280, Jan 23, 2014.
- [2] Y. Wu, B. Rong, K. Salehian, G. Gagnon, “ Cloud Transmission: A new spectrum-reuse friendly digital terrestrial broadcasting transmission system,” *IEEE Trans. Broadcast.*, vol. 58, no. 3, Sept. 2012.
- [3] S. I. Park, H. M. Kim, Y. Wu, J. Kim, “ A newly designed quarter-rate QC-LDPC code for the Cloud Transmission system,” *IEEE Trans. Broadcast.*, vol.59, no.1, pp.155–159, March 2013.
- [4] J. Montalban<sup>1</sup>, B. Rong, S. I. Park, Y. Wu, J. Kim, H. M. Kim, L. Zhang, C. Nadeau, S. Lafleche, P. Angueira<sup>1</sup>, and M. Velez, “ Cloud Transmission: System simulation and

performance analysis, “ in *Proc. of BMSB2013*, June 2013.

- [5] S. I. Park, H. M. Kim, Y. Wu, L. Zhang, N. Hur, and J. Kim, “ Robust synchronization for the OFDM-based Cloud Transmission system,” in *Proc. of BMSB 2013*, June 2013.