

다중 입출력 디지털 방송 시스템에서의 파일럿 배치에 따른 채널 추정 성능 비교

강인웅, 김영민*, 서재현*, 김흥목*, 김형남
 부산대학교, *한국전자통신연구원

hnkim@pusan.ac.kr

Performance Comparison of Channel Estimation with Various Pilot Arrangements for an MIMO Digital Terrestrial Transmission System

In-Woong Kang, Youngmin Kim*, Jae-Hyun Seo*, Heung-Mook Kim*, Hyoung-Nam Kim

Pusan National University, *Electronics and Telecommunications Research Institute

요약

본 논문은 다중 입출력 시스템이 적용될 차세대 지상파 방송 시스템에 적합한 파일럿 기반의 채널 추정 기법을 모의실험을 통하여 분석한다. 분석한 3 가지 종류의 파일럿 배치 및 각 배치에 적용된 채널 추정 기법은 TU6 채널 환경에 적용되어 수신성능을 추출하여 채널 추정 방법의 적합성을 비교하였으며, 비교 결과 23 dB 이하와 이상의 CNR (Carrier-to-noise ratio) 환경에서 파일럿 배치 1 과 3이 각각 우수한 성능을 나타냈다.

I. 서론

차세대 방송 시스템은 UHDTV(Ultra high definition television) 서비스와 같은 초고화질 멀티미디어 정보를 전송할 수 있도록 높은 전송률이 요구된다. 전송률 향상을 위하여 차세대 전송 시스템에 다중 입출력 시스템을 적용하는 것이 고려되고 있으나 채널 추정 기술과 관련하여 발표된 자료는 많지 않다. 이에 따라서, 본 논문은 다중 입출력 방송 시스템에 적합한 파일럿기반의 채널추정기법들을 모의실험을 통하여 비교 분석한다.

II. 시스템 모델 및 모의 실험 결과

그림 1 은 다중 입출력 방송 시스템 모델이다. 송신단의 두 안테나는 각각 파일럿 심볼과 데이터 심볼을 송출하며, 채널을 통과한 데이터의 채널 정보는 파일럿 심볼을 이용하여 추출한 채널 추정 값을 시간 주파수방향으로 보간함으로써 얻는다. 특히 채널 추정에 필요한 파일럿 심볼 행렬(X_p)이 다중 입출력 채널 (H)을 거쳐 수신 행렬(R_p)로 수신되는 과정은 (1)과 같다.

$$R_p = HX_p + N$$

$$= \begin{bmatrix} h_{11} & h_{21} \\ h_{12} & h_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_{1,1} & x_{1,2} \\ x_{2,1} & x_{2,2} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_{1,1} & n_{1,2} \\ n_{2,1} & n_{2,2} \end{bmatrix} \quad (1)$$

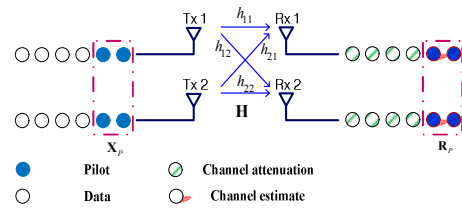


그림 1. 다중 입출력 방송 시스템 모델

표 1 과 2 는 파일럿 배치와 각 배치에 따라 적용되는 채널 추정 방법을 제시하고 있다. 파일럿에서 추출한 채널 정보를 기준으로 파일럿이 아닌 정보 부반송파의 채널 정보를 선형 보간법으로 추정한다. 표 1 의 파일럿 배치 방법 1(Pilot type 1)은 본 논문에서 제안하는 방식으로서, 항상 연속하는 두 부반송파에 파일럿을 삽입하여 파일럿 행렬을 만든 뒤 수신단에서 채널추정은 파일럿 행렬의 역행렬을 곱하여 이루어 진다(표 2).

파일럿 배치 2 와 3(Pilot type 2, 3)은 시간축으로 4 프레임동안 채널의 변화가 없다고 가정하고 이를 이용하여 4 프레임을 하나의 새로운 프레임으로 취급하여 채널 추정을 수행한다 [1],[2]. 즉, 표 1 의 Pilot type 2 의 위의 두 그림은 안테나 1 과 2 에 배치된

표 1. 파일럿 배치 방법

Pilot type 1	Pilot type 2	Pilot type 3

표 2. 채널 추정 방법

파일럿 배치 1의 채널 추정 방법	$\hat{\mathbf{H}} = \mathbf{R}_p \mathbf{X}_p^{-1}$	
파일럿 배치 2의 채널 추정 방법	Step 1) 채널 추정 값 추출을 위한 전처리 Case A $x_{2,k}^a = -x_{1,k}^a$ Case B $x_{2,k}^b = x_{1,k}^b$ $r_{1,k}^a = x_{1,k}^a h_{11,k} - x_{1,k}^a h_{12,k} + n_{1,k}^a$ $r_{1,k}^b = x_{1,k}^b h_{11,k} + x_{1,k}^b h_{12,k} + n_{1,k}^b$ $= x_{1,k}^a (h_{11,k} - h_{12,k}) + n_{1,k}^a$ $= x_{1,k}^b (h_{11,k} + h_{12,k}) + n_{1,k}^b$ $r_{2,k}^a = x_{1,k}^a h_{21,k} - x_{1,k}^a h_{22,k} + n_{2,k}^a$ $r_{2,k}^b = x_{1,k}^b h_{21,k} + x_{1,k}^b h_{22,k} + n_{2,k}^b$ $= x_{1,k}^a (h_{21,k} - h_{22,k}) + n_{2,k}^a$ $= x_{1,k}^b (h_{21,k} + h_{22,k}) + n_{2,k}^b$	Step 2) $\hat{h}_{11,k} = \frac{r_{1,k}^a + r_{1,k}^b \frac{x_{1,k}^a}{x_{1,k}^b}}{2x_{1,k}^a}, \hat{h}_{12,k} = \frac{r_{2,k}^a + r_{2,k}^b \frac{x_{1,k}^a}{x_{1,k}^b}}{2x_{1,k}^a}$ $\hat{h}_{21,k} = \frac{r_{1,k}^a - r_{1,k}^b \frac{x_{1,k}^a}{x_{1,k}^b}}{-2x_{1,k}^a}, \hat{h}_{22,k} = \frac{r_{2,k}^a - r_{2,k}^b \frac{x_{1,k}^a}{x_{1,k}^b}}{-2x_{1,k}^a}$
파일럿 배치 3의 채널 추정 방법	Step 1) Case A $x_{2,k}^a = 0$ Case B $x_{1,k}^b = 0$ $r_{1,k}^a = h_{11,k} x_{1,k}^a + n_{1,k}^a$ $r_{1,k}^b = h_{21,k} x_{2,k}^b + n_{1,k}^b$ $r_{2,k}^a = h_{12,k} x_{1,k}^a + n_{2,k}^a$ $r_{2,k}^b = h_{22,k} x_{2,k}^b + n_{2,k}^b$	Step 2) $\hat{h}_{11,k} = \frac{r_{1,k}^a}{x_{1,k}^a}, \hat{h}_{12,k} = \frac{r_{2,k}^a}{x_{1,k}^a}$ $\hat{h}_{21,k} = \frac{r_{1,k}^b}{x_{2,k}^b}, \hat{h}_{22,k} = \frac{r_{2,k}^b}{x_{2,k}^b}$

파일럿과 데이터를 나타낸다. 파란색과 빨간색으로 표시된 파일럿 심볼들은 서로 부호는 반대이고 크기가 같은 파일럿이다. 세로 방향으로 4 개의 프레임이 진행되는 동안 채널 정보의 변화는 없다고 가정하였으므로, Pilot type 2 의 아래 그림과 같이 4 프레임을 하나의 프레임으로 취급하여 채널 추정을 수행한다. 이 가정은 Pilot type 3 에도 같이 적용된다. 파일럿 배치 2 와 3 에 대한 채널 추정 방법은 표 2 에 정리되어 있다.

그림 1 과 같은 다중 입출력 시스템은 유럽형 지상파 방송 시스템인 DVB-T2 에 적용되었다. 모의 실험의 환경으로 채널은 TU-6 채널 모델이 다중 입출력 채널의 모든 성분에 적용되었고, 변조는 256-QAM 이 적용되었다. 표 1 과 2 에 따른 파일럿 배치와 채널 추정 방법에 따른 Uncoded BER 성능을 추출하였으며 이 때 모든 파일럿 배치에서 파일럿과 데이터 심볼의 비율은 9.6%로 동일하게 설정하였다. 그림 2 의 곡선은 초록, 빨강, 파랑 순서로 파일럿 배치 1, 2, 3 이 적용된 시스템의 수신 성능이다. 약 23 dB CNR 을 기준으로 이보다 작은 CNR 잡음 환경에서는 배치 1 의 경우가 가장 우수한 수신 성능을 나타내었으며, 23 dB CNR 보다 큰 CNR 잡음 환경에서는 파일럿 배치 3 의 방식으로 가장 우수한 수신 성능을 얻을 수 있음을 확인하였다.

III. 결론

본 논문은 기존의 DVB-T2 지상파 방송 시스템을 병렬로 구성한 다중 입출력 방송 시스템에서 다양한 파일럿 배치와 채널 추정 방식에 따른 시스템의 수신 성능을 모의실험을 통해 비교 평가하였다. 잡음 환경에 따라서 수신 성능이 우수한 파일럿 배치 방식이 다른 것을 확인하였으나, 23 dB CNR 이상이 요구될 것으로 예상되는 방송 시스템에는 파일럿 배치 3 이 가장 적합한 것으로 예상된다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 정보통신·방송 연구개발 사업의 일환으로 수행하였음.

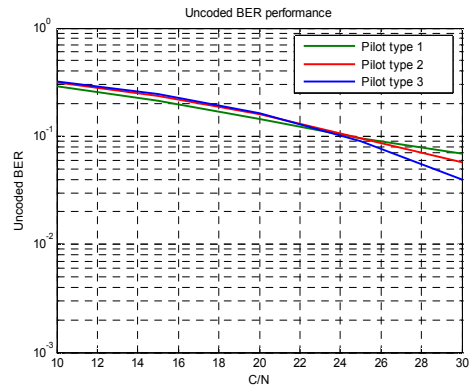


그림 2. 파일럿 배치에 따른 Uncoded BER 성능

참고 문헌

[1] C. Gomez-Calero, L. Cuellar Navarrete, L. de Haro, and R. Martinez, "A 2x2 MIMO DVB-T2 system: design, new channel estimation scheme and measurements with polarization diversity," IEEE Transactions on Broadcasting, Vol. 56, No. 4, pp. 184-192, Nov. 2011.

[2] Y. Narikiyo, M. Nakamura, H. Sanei and M. Takada, "Mobile reception performance of SFBC-MIMO transmission system with walsh code scattered pilot - computer simulation and field test results," 2013 IEEE International Symposium on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting, pp. 1-5, Jun. 2013.