

차세대 방송 시스템을 위한 SIMO-FTN 전송 기법

*조봉균 **한동석

경북대학교 IT대학

*jbggg1@gmail.com

SIMO-FTN Transmission for Next Generation Broadcasting Systems

*Jo, Bong-Gyun **Han, Dong Seog

School of Electronics Engineering, Kyungpook National University

요약

최근 채널 효율을 향상시키기 위하여 다중안테나(MIMO, multi-input multi-output) 기술이 연구되고 있다. 다중안테나 기술은 송·수신 안테나 개수를 증가시켜 수신 성능을 향상시키고 대역 효율을 향상시키지만 송신 안테나 개수를 늘려야만 대역 효율을 증가시킬 수 있으므로 기존 방송 시스템에 적용하기에는 비용이 많이 드는 단점이 있다. 이에 본 논문은 방송 시스템에 적합한 SIMO(single-input multi-output) 시스템에 FTN(faster than Nyquist)을 적용하여 대역 효율을 증가시키고 수신 성능을 향상시키고자 한다. 또한 MRC(maximum ratio combining) 및 경관정(hard decision)을 적용하여 수신 안테나 개수에 따른 수신 성능을 컴퓨터 실험을 통하여 알아본다.

1. 서론

최근 UHDTV(ultra high definition television)와 같은 고품질 멀티미디어에 대한 사용자의 요구가 급증하고 있는 반면 세계적으로 방송 주파수 대역은 제한되어 있다^[1]. 제한된 대역에서 고용량 멀티미디어 서비스를 제공하기 위하여 다양한 방법들이 연구되고 있으며, 그 중에서도 다중안테나(MIMO, multi-input multi-output) 시스템이 활발히 연구되고 있다.

다중안테나 시스템은 송·수신 안테나 개수를 증가시켜 대역폭을 늘리지 않고 채널 용량을 증가시키는 방법이다. 다중안테나 시스템은 4세대 이동통신 표준인 LTE(long term evolution) 및 LTE-A(advanced)와 Wi-Fi 통신 표준인 IEEE802.11ac에서 사용되고 있다. 그러나 한 개의 송신탑이 반경 수 km까지 커버하는 방송 시스템에서 여러 개의 송신 안테나를 사용한다는 것은 비용 측면에서 비효율적이다. 그러므로 본 논문에서는 송신 안테나 한 개를 사용하고 여러 개의 수신 안테나를 사용하는 SIMO(single-input multi output) 기법에 FTN(faster than Nyquist)을 적용하는 방법을 고려했다.

FTN 기법은 sinc 파형을 사용하며 나이퀴스트 비율보다 빠르게 샘플링하여 대역 효율을 증가시킨다^[2]. 이론적으로 나이퀴스트 비율보다 20% 빠르게 샘플링을 하여도 심볼 간 유클리드 거리의 변화가 없기 때문에 기존 나이퀴스트 비율로 샘플링한 신호와 똑같은 수신 성능을 가진다. 또한 상승 코사인 필터(raised cosine filter)의 롤오프(roll-off) 계수에 따라 기존 나이퀴스트 샘플 신호보다 최대 42% 대역폭 효율 향상을 가져올 수 있다^[2]. 그러나 기존 나이퀴스트 샘플링 비율보다 빠르게 샘플링 하기 때문에 ISI(inter-symbol interference)가

항상 발생한다. 이를 해결하기 위하여 수신기에서는 비터비(Viterbi) 계열의 복호 알고리즘을 사용하게 되는데 수신기의 복잡도가 높다는 단점을 가지고 있다.

본 논문에서는 고품질 멀티미디어에 대한 사용자의 요구를 충족시키기 위하여 FTN 전송 기법을 고려했고, 수신 성능 향상을 위하여 SIMO 시스템을 FTN에 적용하였다. 이를 통하여 차세대 방송 시스템에 적합한 SIMO-FTN 기법을 제안하고자 한다.

2. SIMO-FTN 전송 기법

SIMO-FTN 기법에서 전송되는 신호는 다음과 같다.

$$s(t) = \sqrt{E_s} \sum_n a_n h(t - n\tau T) \quad (1)$$

식 (1)에서 전송되는 신호 $s(t)$ 는 심볼 값인 a_n 과 정합필터 $h(t - n\tau T)$ 로 구성되어 있으며, $\sqrt{E_s}$ 는 심볼의 평균 에너지이다. 여기서 일반적인 나이퀴스트 샘플링 신호 모델링과 다른 점은 정합 필터의 τ 값이 1보다 작다는 것이다. 만약 $\tau = 0.8$ 이면 기존 나이퀴스트 샘플링 신호 모델링보다 20% 정도 대역 효율이 증가된다. 이러한 FTN 신호 모델링을 송신 안테나 개수가 1개, 수신 안테나 개수가 여러 개인 SIMO에 적용했을 경우에 수신 신호는 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_l \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{ch1} \\ h_{ch2} \\ \vdots \\ h_{chl} \end{bmatrix} s(t) + \begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \\ \vdots \\ n_l \end{bmatrix} \quad (2)$$

1) 본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 IT융합 고급인력과정 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (NIPA-2014-H0401-14-1004)

식 (2)에서 y_1, y_2, \dots, y_l 은 l 개의 수신기에서 수신된 신호를 나타낸 것이며, $h_{ch1}, h_{ch2}, \dots, h_{chl}$ 은 l 개의 채널 이득을 나타낸 것이다. 또한 n_1, n_2, \dots, n_l 은 각각의 수신기에 더해지는 열잡음을 의미한다. 다이버시티(diversity) 이득을 얻기 위하여 MRC(maximum ratio combining) 기법을 식 (2)에 적용하면 다음과 같다.

$$y_{MRC} = \left(|h_{ch1}|^2 + |h_{ch2}|^2 + \dots + |h_{chl}|^2 \right) s(t) + \bar{\mathbf{n}}(t) \quad (3)$$

식 (3)에서 MRC를 수신된 신호들에 적용하게 되면 채널 이득의 합으로 나타나서 수신 안테나 개수가 늘어날수록 다이버시티 이득이 증가하게 된다. 그러므로 FTN 모델링 된 신호 $s(t)$ 의 수신 성능을 향상시킬 수 있다. MRC가 적용된 신호 y_{MRC} 는 ISI의 영향을 최소화하기 위하여 비터비 복호화를 통하여 신호를 검파하게 된다.

3. 실험 결과

본 절에서는 고품질 멀티미디어 방송 시스템을 위하여 제안한 SIMO-FTN 기법의 수신 성능을 분석한다. 검파 기법으로는 경관정 방법을 이용하였으며, SRRC(square root raised cosine)의 롤오프 계수를 0.5로 설정하여 실험하였다. 또한 평평한 레일리 채널에서 실험하였으며, 신호 성상은 BPSK를 이용하였다. 그림 1은 단일안테나 시스템에서의 실험 결과이다.

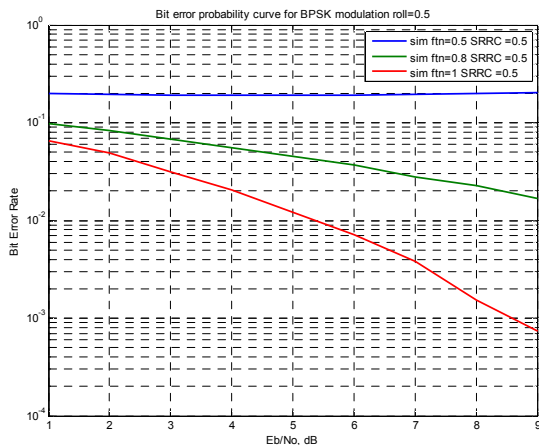


그림 1. FTN이 적용된 단일안테나 수신 성능

그림 1에서 τ 가 0.5일 경우에는 성능이 거의 나오지 않는다. 이유는 비터비 계열의 복호를 사용하지 않고 경관정을 사용하였기 때문에 ISI에 대한 영향을 많이 받기 때문이다. τ 가 1인 경우에는 나이퀴스트 샘플링된 경우로 τ 가 0.8인 경우와 수신 성능 차이가 크다. 이 또한 신호간의 간섭 효과가 검파 성능에 영향을 주기 때문이다. 다음은 수신 안테나 개수가 4개인 SIMO 시스템에서의 수신 성능 결과이다.

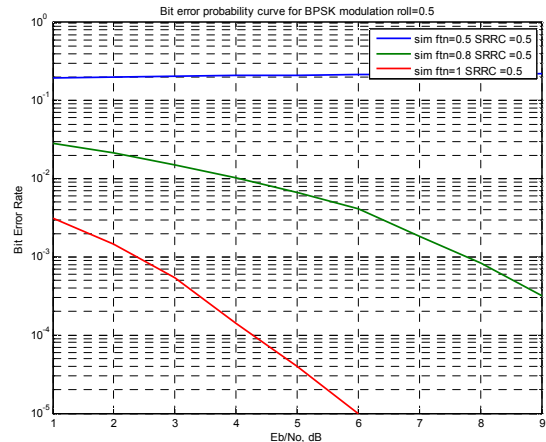


그림 2. FTN이 적용된 SIMO 수신 성능

그림 2에서 τ 가 0.8인 경우에는 그림 1의 나이퀴스트 샘플링 모델보다 BER 10^{-3} 기준에서 약 1dB 정도의 이득을 가진다. 송신된 신호들 간의 20% 정도의 간섭을 고려하지 않고 검파 하더라도 다이버시티 이득만으로도 충분히 낮은 오류율을 가진다. 또한 대역 효율이 기존 Nyquist 신호보다 20% 정도 증가되므로, 충분히 차세대 방송 시스템에 사용이 가능하다. 만약 비터비 계열의 복호 기법을 사용하여 신호간의 간섭을 고려한다면 더욱더 좋은 성능을 낼 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 고품질 멀티미디어 지상파 방송 시스템을 위하여 FTN 방식의 SIMO 시스템을 제안하였다. 수신 안테나 개수가 4개인 SIMO-FTN 방식에서 나이퀴스트 샘플링된 단일안테나 시스템보다 대역 효율을 20% 정도 증가시키면서 수신 성능도 향상되었음을 보였다. 그러므로 차세대 고품질 멀티미디어 서비스를 위한 차세대 방송 시스템으로 제안한 알고리즘이 적합하다고 생각된다. 또한 비터비 복호화 방법을 이용하면 충분히 수신 안테나 개수가 2~3개인 SIMO 시스템 또한 사용이 가능할 것으로 생각된다.

참고 문헌

[1] BongGyun Jo and Dong Seog Han, "Performance Analysis and Design of MIMO Systems for Terrestrial Transmission of UHD TV", Journal of Broadcast Engineering, pp. 547-554, vol. 15, No. 4, July 2010.
 [2] J. B. Anderson, F. Rusek, and V. Owall, "Faster-Than-Nyquist Signaling," Proceedings of the IEEE, vol. 101, no. 8, pp. 1817 - 1830, Aug. 2013.