간섭 채널 상황에서의 SM 전송기법 성능분석

*조봉균 **박명철 ***한동석
경북대학교 IT대학
*jbggg1@gmail.com

Reception Performance Analysis of SM Transmission Method in Correlated Channels

*Jo, Bong Gyun **Park, Myung-Chul ***Han, Dong Seog
School of Electronics Engineering Kyungpook National University

요약

본 논문에서는 케이블 TV 콘텐트를 대용량의 Wi-Fi 통신을 이용하여 전송하고, 집 안에 배치된 여러 가지의 수신기를 이용하여 콘텐트를 편하게 즐길 수 있는 서비스에 적합한 SM(spatial modulation) 전송기법의 수신 성능을 분석한다. 케이블 채널의 개수는 100가지가 넘으며 HD 이상의 화질을 가진다. 이러한 수십 개의 대용량 콘텐트를 무선으로 한정된 대역폭에 전송하기 위해서는 공간다중화 방식의 MIMO 기법이 필요하다. 그 중에서도 채널 간의 간섭이 많은 집 안 환경에 적합한 SM 전송기법은 수신 신호간의 간섭이 없으며 수신기가 간단하다는 장점을 가지고 있다. 또한 기존 SM의 낮은 대역효율을 증가시키기 위한 golden-SM 방식도 제안되었다. 그러나 실제 채널 환경에서의 기존 SM 전송기법들의 수신 성능은 비교된 것이 거의 없으므로 본 논문에서는 WiMAX(IEEE802.16a)에서 사용되고 있는 SUI 채널 모델을 고려하여 기존 SM 기법들의 수신 성능을 비교분석하였다.

1. 서론

최근 스마트 기기의 발달로 인하여, 많은 콘텐트들이 휴대용 수신기에서 소비되고 있다. 그러나 HD급 이상의 화질을 구현할 수 있는 기술들이 스마트 기기에 적용됨에도 불구하고, 게임을 및 기능성 콘텐트를 제외하고는 고화질의 영상을 직접 휴대용 수신기에 전송받아 보기 힘들다. 또한 영화 및 방송 콘텐트를 보기 위해서는 직접 컴퓨터에 연결하거나 재방송은 다운 받아서 보는 불편한 점이 있다. 그러므로 본 논문에서는 다양한 방송 콘텐트를 제공하는 케이블 방송을 집 안에서 Wi-Fi 통신을 통하여 볼 수 있는 서비스에 적합한 시스템을 고려하였다. 최근 표준화가 거의 완료된 802.11ac는 MIMO 기법이 적용되고, 최대 약 6.93Gbit/s의 전송량을 가지는 시스템이다. 또한 동시에 최대 4명의 유저가 동시에 접속할 수 있으며 커버리지도 기존보다 확장되어 약 수십 미터 정도까지 신호를 전송할 수 있다. 그러나 대용량 및 다채널의 케이블 방송을 Wi-Fi를 통하여 보기 위해서는 주경로가 거의 없는 건물 내부에서의 열악한 수신 성능 및 MIMO(multi-input multi-output) 기법을 사용함으로써 발생하는 수신 안테나 간의 간섭 등이 문제가 된다. 또한 연속적인 deep null 채널 및 fading이 발생할 경우 수신 성능이 나빠진다. 이러한 열악한 채널 환경에서 수신 성능을 향상시키기 위하여 SM(spatial modulation) 전송기법이 제안되었다.

SM 전송기법은 모든 송신기에서 정보를 전송하는 기존 MIMO 시스템과는 다르게, 하나의 안테나를 선택하여 신호를 전송한다[1]. 또한 대역효율을 높이기 위하여 여러 개의 송신 안테나를 사용할 수 있으며, 이중에서 한 두 개의 송신 안테나에서 정보를 송신하여 여러 개의 조합으로 추가적인 정보를 보낼 수 있다. 이러한 SM 전송기법에는 가장 기본적인 SM 전송기법 및 STBC와 결합된 STBC-SM 전송기법이 있으며, 대역효율을 증가시키기 위하여 최근에는 골든(golden)-SM 전송기법이 제안되었다[1]. 그러나 이러한 기법들은 수신 성능 및 대역효율 관점에 따라서 각기 장단점을 가지고 있기 때문에 실질적인 환경에서의 수신 성능 검정이 필요하다.

본 논문에서는 WiMAX(IEEE802.16a)에서 사용되고 있는 SUI 채널 모델을 고려하여 기존 SM 기법들의 수신 성능을 비교분석한다. 그리고 Wi-Fi를 통하여 다양한 방송 콘텐트를 집 안에서 소비할 수 있는 서비스에 적합한 시스템을 제안한다.

2. SM 전송기법

본 절에서는 기존 SM 전송기법들에 대하여 살펴보고 각각의 전송기법들의 장단점에 대하여 분석한다.

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

2.1 SM 전송기법

SM 전송기법은 기존 MIMO 시스템의 단점인 수신 신호간의 간섭을 제거하고 수신기를 간단하기 만들기 위하여 고안되었다[2]. 수신 신호간의 간섭을 피하기 위하여 SM 전송기법은 신호를 전송하기 위하여 모든 송신기에서 신호를 전송하는 것이 아니라, 한 심벌 전송 시간동안 한 개의 송신기에서만 신호를 전송한다. 또한 여러 개의 송신기를 선택적으로 사용하여 여러 가지 조합을 만들 수 있으며, 이러한 조합의 개수에 비례하여 추가적인 데이터 전송이 가능하다. 또한 수신기에서는 한 개의 송신기에서 전송된 신호를 수신하기 때문에 신호간의 간섭이 없으며, 수신기가 간단하다. 그러나 대역효율 면에서는 추가적인 데이터 전송이 그리 크지 않으므로, 비효율적이다.

2.2 STBC-SM 전송기법

STBC-SM 전송기법은 기존 SM 전송기법의 수신 성능을 향상시키기 위하여 STBC와 SM을 결합시켰다[3]. STBC의 다중화 이득을 SM에 적용하여 기존 SM보다 더 뛰어난 수신 성능을 가진다. 그러나 기본적으로 송신 안테나를 4개 이상 사용해야 하며, 대역효율 면에서도 SM 전송기법과 동일하기 때문에 비효율적이다.

2.3 골든-SM 전송기법

최근 제안된 골든-SM 전송기법은 SM 전송기법의 낮은 대역효율을 개선하기 위하여 제안되었다. 골든-SM 전송기법은 성상 정보의 최소 디터미넌트가 0이 아닌 0.2가 되게 하여, 서로 겹쳐지는 성상의 구분이 가능하게 된다. 그러므로 수신기에서는 서로 겹쳐지는 성상을 검파할 수 있으므로 수신 성능을 향상시킬 수 있다. 이러한 골든 부호가 적용된 골든-SM 전송기법은 기존 SM, STBC-SM의 대역효율을 약 2배 가까이 증가시킬 수 있다. 그러나 대역효율이 증가되는 반면에 신호 검파를 위한 복잡도는 지수적으로 증가하는 단점을 가지고 있다.

본 논문에서는 기존 3개의 SM 전송기법 중 다양한 방송 콘텐트를 집 안에서 Wi-Fi 통신을 통하여 볼 수 있는 서비스에 적합한 전송기법을 제안하고자 한다. 또한 기존에 널리 사용되고 있는 STBC 전송기법도 함께 고려하여 최적의 시스템을 찾고자 하였다.

3. 실험 결과

실내 환경 및 도심 환경 모델로는 WiMAX(IEEE802.16a)에서 사용되고 있는 SUI 채널 모델을 고려하였다. SUI 채널 모델은 채널간의 간섭이 존재하며, LoS(line of sight)가 강한 채널 모델이다. 채널 간의 간섭 계수 ρ에 따라서 SUI-1~SUI-6까지 사용되고 있으며, 그 중 채널 간의 간섭 계수가 가장 높은 SUI-1은 표 1과 같다.

표 1. SUI-1 채널 환경의 변수

표시	Path	Doppler (Hz)	경로	지연 (us)	K
$\rho=0.7$	1	0.4	Rician	0	4
	2	0.3	Rayleigh	0.4	-
	3	0.3	Rayleigh	0.9	-

표 1에서 나타난 SUI-1의 파라미터들을 고려하고, FFT 크기가 1K, CP(cyclic prefix)는 1/4, 샘플링 주기는 0.05μs인 OFDM 시스템에 4개의 전송기법을 적용하였다. 그리고 동일한 대역효율 관점에서 수신 성능을 비교하기 위하여 3bits/s/Hz와 5bits/s/Hz 관점에서 비교하였으며, 다중화 이득을 동일하기 위하여 STBC는 송신 안테나 2개, 3개의 SM 전송기법들은 송신 안테나 4개를 사용하였고 수신 안테나 개수는 4개로 동일하게 설정하였다.

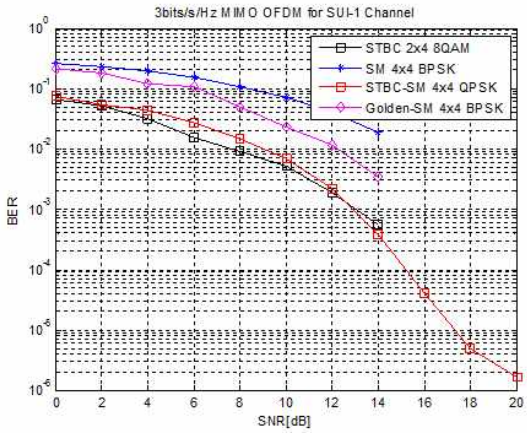

그림 1. 대역효율이 3bits/s/Hz일 경우의 수신 성능

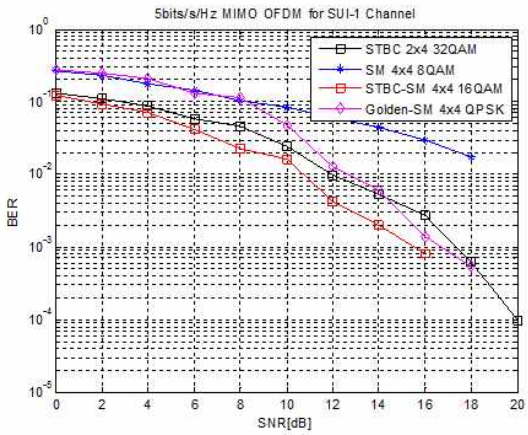

그림 2. 대역효율이 5bits/s/Hz일 경우의 수신 성능

그림 1을 살펴보면 3bits/s/Hz 대역효율에서 STBC-SM과 STBC의 수신 성능이 가장 좋다. 이유는 직교 부호를 송신 신호에 적용함으로써, 간섭이 있는 수신 신호들을 효과적으로 분리할 수 있으며, STBC의 자체 수신 성능이 좋기 때문에 높은 간섭 채널에도 좋은 수신 성능을 보인다. 그러나 SM 기법은 수신 신호간의 간섭이 없음에도 불구하고 정확한 안테나 조합 검파 성능이 좋지 않기 때문에 전체적인 수신 성능이 떨어진다. 그림 2에서 5bits/s/Hz로 대역효율이 높아진 경우에는 골든-SM의 수신 성능이 향상되기 시작한다. 골든-SM은 동일한 변조 레벨에서 대역효율이 높기 때문에 변조 레벨이 높아질수록 기존 STBC-SM, SM 전송기법보다 수신 성능이 좋아진다. 실험 결과를 종합하면 STBC-SM 전송 기법이 가장 좋은 수신 성능을 가진다.

4. 결론

본 논문에서는 다양한 방송 콘텐트를 집 안에서 Wi-Fi 통신을 통하여 볼 수 있는 서비스에 적합한 SM 전송기법을 고려하기 위하여 SM, STBC-SM, 골든-SM 전송기법의 수신 성능을 비교 분석하였다. 실제 도심 채널에서 사용되고 있으며, 채널 간 간섭 계수가 높은 SUI-1 채널 모델을 이용하여 수신 성능을 분석한 결과, STBC-SM이 가장 좋은 수신 성능을 나타내었다. 이를 미루어 열악한 실내 환경에서는 STBC-SM 전송기법이 가장 적합하다.

참 고 문 헌

[1] Myung Chul Park and Dong Seog Han, “A Golden Coded-Spatial Modulation MIMO System”, Journal of The Institue of Electronics Engineers of Korea, Vol. 50, No. 10, October, 2013.

[2] M. Di Renzo, H. Haas, and P. M. Grant, “Spatial modulation for multiple‐antenna wireless systems: A survey,” *IEEE Commun. Mag.*, vol. 49, no. 12, pp. 182‐191, Dec. 2011.

[3] E. Basar, U. Aygolu, E. Panayirci, and H. V.Poor, “Space-Time Block Coded Spatial Modulation,” *IEEE Tran. on Commun.*, vol. 59, no. 3, pp. 8230832, Mar. 2011.