

STTC-OFDM 기반의 WiBro 시스템 소프트웨어 플랫폼 구현

Implementation of Software Platform for STTC-OFDM
based WiBro Systems이 동 기*, 이 종 식**, 황 인 준*, 이 승 현*, 김 진 영*
(Lee Dong Gi*, Jong Sik Lee**, Hwang In Jun*, Lee Seung Hyun*, and Kim Jin Young*)

Abstract: Recently mobile devices can transmit mass data contained multi-media contents. According these flow, a demand for fast data transmission is being risen, so we acutely require remarkable technology that overcome mobile communication's poor environment and rise data transmission volume. Because it can be satisfied these needs, the OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) that rise data transmission volume using efficient frequency, and MIMO(Multiple Input Multiple Output) that rise transmission confidence and data transmission volume using numbers of antenna is attended. Before design of MIMO-OFDM System we want to make an analysis for of its systems, and we want to design MIMO-OFDM simulator for verify an ability of modulation, data volume and numbers of antenna.

Keywords: ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXING(OFDM), SPACE TIME TRELLIS CODES (STTC), MULTI INPUT MULTI OUTPUT(MIMO)

I. 서론

최근에 이동 단말기에서도 멀티미디어 콘텐츠를 포함한 대용량 데이터 송수신이 빈번히 이루어지고 있다. 이에 따라 무선 환경에서의 고속 데이터 전송에 대한 요구가 점점 증가되면서 이동통신 환경의 열악성 극복과 데이터 전송량을 획기적으로 증가 시킬 수 있는 기술이 절실히 요구된다. 이러한 요구를 만족시키기 위해 효율적인 주파수 사용으로 데이터 전송률을 획기적으로 높일 수 있는 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 기술과 다수의 송수신 안테나를 이용하여 전송 신뢰성 및 데이터 전송률을 향상시킬 수 있는 MIMO(Multiple Input Multiple Output) 기술이 크게 주목 받고 있다. 이러한 OFDM - MIMO 방식의 Simulator를 구현하는 것은 통신시스템을 디자인함에 있어서 불필요한 시간과 비용을 크게 절감할 수 있는 하나의 방법이라는 점에서 매우 중요하다. 그러므로 적절한 model simulator를 선정하는 것이 선행되어야 할 과제이며 본 논문에서는 V.Tarokh에 의해 제안된 STTC를 이용한 Simulator를 구현해보고자 한다.[1]

최근 Wireless 환경에서는 고속 데이터 전송에 대한 요구와 많은 사용자의 동시 접속의 요구가 커지면서, 한정된 주파수를 좀 더 효율적으로 사용할 수 있도록 하기 위해 많은 연구가 진행되고 있다. 이러한 요구에 만족하는 것의 하나로써 대두되는 것이 위의 장점들을 가지고 있는 OFDM System 이다. OFDM 는 nano-sec 라는 짧은 신호와 넓은 대역폭을 가지며 USB 와 같은

대용량의 정보를 50Mbps 이상의 빠른 속도로 무선으로 전송할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 또한, 차세대 무선 멀티미디어의 구현에 있어서도 상당한 장점을 가지고 있으며, 높은 속도를 필요로 하는 여러 분야에서 응용되어 사용될 수 있다. 아울러 최근 FCC 에서 방사전력 허용한도에서 OFDM 기기의 상용화를 허용하여, IEEE 그룹에서 표준화 작업이 거의 마무리 되어가고 있다. 이런 추세에 따라 향후 OFDM System 은 Ubiquitous 세상에 있어서 뿐 아니라 4G 에서도 필수적인 구성요소가 될 것이다. 또한 다수의 송수신 안테나를 이용하여 데이터 전송률 및 신뢰성을 향상시킬 수 있는 MIMO 기술이 차세대 무선 멀티미디어 전송 기술로 크게 주목을 받고 있다. 이러한 필요에 따라 우리는 MIMO-OFDM System 에서의 Channel 이 매우 중요할 것이라 생각하고, 작품의 주제를 선정했다. MIMO-OFDM System 의 설계에 앞서 System 의 성능을 분석하고, 그 성능을 향상하기 위해서는 우선 Channel 모델링 과정이 필요하다. Channel 모델링은 통신 System 의 성능을 평가하는 것으로써 실제 동작 환경에서 수신되는 신호의 형태를 시뮬레이션 해보는 것이다. 하지만 지금까지의 실내 무선 Channel 모델링으로서 MIMO-OFDM System 의 특성을 정확히 나타낼 수 없는 단점을 가지고 있다.

본 논문에서는 visual C++ 프로그램을 사용하여 STTC -OFDM 기법의 성능검증을 위해 STTC-OFDM Simulator를 구현하고 성능 분석을 하였다.

이 Simulator는 다중 안테나 시스템의 SER이 도시되며 SNR에 따른 SER 수치를 보여준다. 또한 간단한 Channel condition 만 주어지면 Channel estimation이 가능하고, Channel information이 주어지면 System performance를 예측해 볼 수 있다.

* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수 : 20xx. x. x., 채택확정 : 200x. x. xx.

이동기 : 광운대학교 전파공학과

(ldkes@nate.com)

※ 본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 IT핵심기술개발 사업의 일환으로 수행하였음. [2007-S-029-02, 가정용/기업용 WiBro 시스템 기술개발]

II. 시스템 모델

II.1. OFDM

OFDM 방식은 고속의 전송률을 갖는 데이터열을 낮은 전송률을 갖는 많은 수의 데이터열로 나누고, 이들을 다수의 부반송파를 사용하여 동시에 전송하는 것인데 반송파의 수만큼 각 채널에서의 전송 주기가 증가하게 된다.

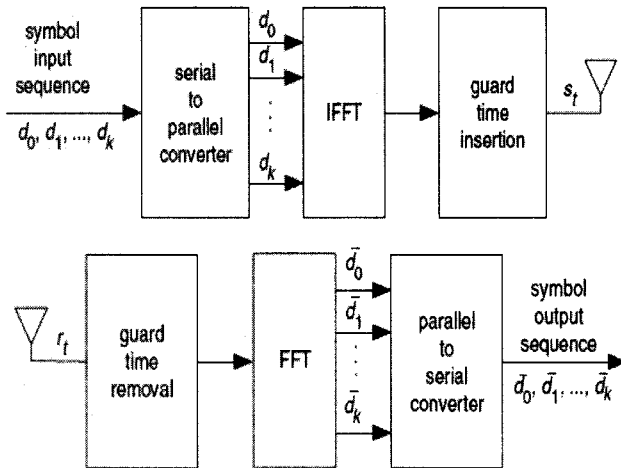


그림 1. OFDM 시스템 모델
Fig 1. Block Diagram an OFDM System

그림 1은 OFDM 시스템의 Block도 이다. 시스템의 특징 중 하나인 S/P(Serial-to-parallel converter) 블록을 거치면서 각각의 부반송파에 의해 변조된다. 부반송파에 의해 변조된 데이터들은 IFFT 블록을 거친 후 전송되는 데이터 간의 간섭을 줄이기 위해 Guard interval time을 삽입하여 전송 하게 된다.

이러한 OFDM 방식은 무선채널에서 고속으로 데이터를 전송 하고자 할 경우 다중경로에 의해 발생하는 심각한 주파수 선택적 fading 채널에 쉽게 대처할 수 있는 장점이 있어 다양한 고속 무선 통신시스템의 전송방식으로 채택되었다.[2][3] 또한 고속 데이터 전송에 요구되는 높은 link budget를 해결하기 위하여, 송 수신단에 다중 안테나를 사용함으로써 독립적인 fading 채널을 다수 형성하여 diversity 이득과 코딩 이득을 동시에 얻는 MIMO(Multiple-Input Multiple-Output) 방식에 대한 연구가 활발히 연구되고 있다.[4][6] 특히, 다중 경로 fading 채널에서 고속 데이터를 전송하고 전송하고자 할 경우 단일 반송파 방식에서는 수신단의 복잡도가 크게 증가하는 반면, 다중 안테나를 갖는 OFDM 방식인 MIMO-OFDM은 link budget을 크게 향상시키면서 수신단을 간단하게 구현할 수 있기 때문에 최근 초고속 전송 방식으로 활발히 연구되고 있다.

II.2. STTC

STTC(Space Time Trellis Code)는 1998 년 Tarokh, Seshadri, Calderbank 에 의해 제안된 fading 채널하의 다중안테나 시스템을 위한 diversity 및 부호화 방식이다. 이 방식은 에러 정정과 복호 및 송, 수신과정에서 선택적인 fading 으로 부터의 효과적인 수행 능력을 보여준다.[1] STTC 는 다중 안테나를 통해 부호화된 신호를 전송함으로써 시·공간 diversity 이득을 얻을 수 있으며, 기존의 방식에서 부가적인 대역폭의 증가 없이 부호화 이득을 얻을 수 있다.

그림 2 는 4state/QPSK 의 STTC 의 한 예를 보여준다. 송신단의 STTC 부호화 과정은 다음과 같이 이루어진다. 정보비트가 입력되면 주어진 트렐리스도에 따라 diversity 이득과 부호화 이득이 최대가 되도록 성상도에 따라 각각의 다중안테나에 심볼이 할당되며, 할당된 심볼은 각각의 안테나를 통해 동시에 전송된다. 그림 2 에서 두자리 숫자는 2 개의 송신안테나를 위한 각각의 QPSK 심볼의 값들을 의미한다. 각 송신안테나를 통해 전송된 심볼들은 각각 독립적인 fading 을 겪게 되며 이를 통해 diversity 이득을 얻을 수 있다.

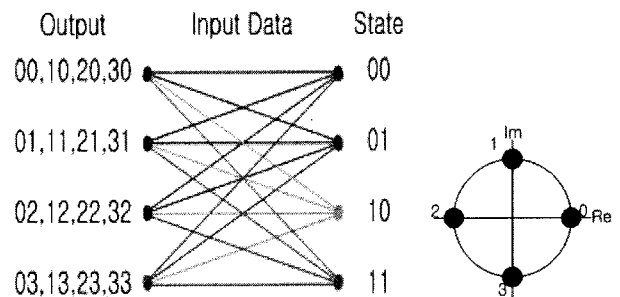


그림 2. 4state/QPSK의 STTC
Fig 2. 4 state/QPSK STTC

즉, 각 $L \cdot M$ 개의 송·수신안테나를 가진 시스템의 경우 LM의 diversity 이득을 얻을 수 있다.

수신단에서의 복호화 과정은 비터비 복호기를 통해 이루어지며 MLSE(Maximum Likelihood Sequence Estimation)을 수행하여 본래의 정보 비트를 추정해낸다.

그림 3 은 일반적인 STTC 인코더를 묘사한다. 그림 3 에서 보여지듯 인코더의 입력 값은 임의의 시간 t 에서 m 으로 나뉜 데이터를 갖는다.

k 번째 입력 $c^k = (c_0^k, c_1^k, c_2^k, \dots, c_{L-1}^k, \dots)$, $k = 1, 2, \dots$ 가 k 번째 shift register 를 통과하고, 인코더 계수집합 가 곱해진다. P 개의 전송안테나일 경우, 계수의 집합은 다음과 같다.[7]

$$v = v_1 + v_2 + \dots + \dots \quad (4)$$

$$g^1 = [(g_{0,1}^1, g_{0,2}^1, \dots, g_{0,p}^1), (g_{1,1}^1, g_{1,2}^1, \dots, g_{1,p}^1), \dots, (g_{v-1,1}^1, g_{v-1,2}^1, \dots, g_{v-1,p}^1)]$$

$$g^2 = [(g_{0,1}^2, g_{0,2}^2, \dots, g_{0,p}^2), (g_{1,1}^2, g_{1,2}^2, \dots, g_{1,p}^2), \dots, (g_{v-1,1}^2, g_{v-1,2}^2, \dots, g_{v-1,p}^2)]$$

⋮

$$g^m = [(g_{0,1}^m, g_{0,2}^m, \dots, g_{0,p}^m), (g_{1,1}^m, g_{1,2}^m, \dots, g_{1,p}^m), \dots, (g_{v-1,1}^m, g_{v-1,2}^m, \dots, g_{v-1,p}^m)]$$

(1)

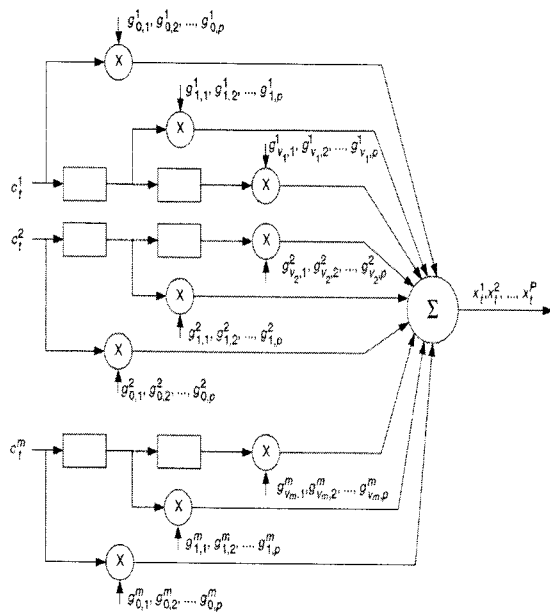


그림 3. 일반적인 STTC 인코더
Fig 3. General STTC encoder

배출기로부터의 출력데이터는 모듈로 modulo 로 더해진다. 시간 t 일 때, 전송 안테나 P 에서의 출력 데이터 는 다음과 같이 계산 될 수 있다.

$$x_t^p = \sum_{k=1}^m \sum_{j=0}^{v-k} g_{j,p}^k \cdot c \pmod{P}, \quad P = 1, 2, \dots \quad (2)$$

여기서 j 는 인코더의 지연시간을 나타낸다. 이 출력 신호의 집합 는 시간 t 에서의 space-time 심볼이고 다음과 같이 주어진다.

$$x_t = (x_t^1, x_t^2, \dots) \quad (3)$$

변조된 심볼들 x_t^1, x_t^2, \dots 는 P 개의 전송 안테나를 통해 동시에 전송된다.[7] 인코더는 기억소자 v 를 갖는다.

여기서 는 다음과 같이 주어진다.[8]

$$v_k = \left\lfloor \frac{v+k-1}{m} \right\rfloor, \quad k = 1, 2, \dots \quad (5)$$

는 x 보다 작은 가장 큰 정수를 말한다. 인코더는 의 trellis states 를 갖는다.

III. 실험 결과

이번에 구현한 Simulator 는 다음 그림 4 와 그림 5 의 형태로 구성된다. Simulator 의 초기모습인 그림 4 에서 전송 하고자 하는 심볼의 개수를 결정하고, 원하는 변조방식(BPSK, QPSK, 8PSK, 16QAM)을 선택한다. 다음 Simulation 할 심볼의 개수와 초기 SNR 및 종단 SNR 값을 지정해주고, simulation 을 시작하면, 1X1, 1X2, 1X4, 2X1, 2X2, 2X4 등 총 6 개의 SER 그래프가 표시되며, 그 결과 모습을 보여준 것이 그림 5 이다.

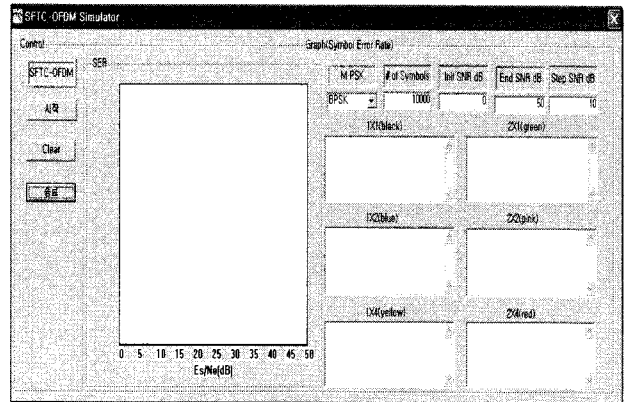


그림 4. STTC-OFDM simulator의 초기 모습
Fig 4. Initial state of STTC-OFDM simulator

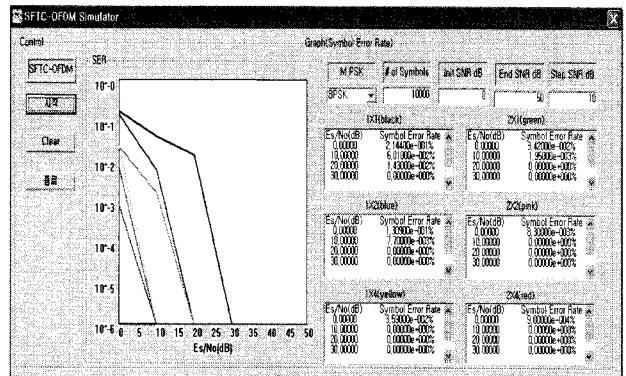


그림 5. STTC-OFDM simulator의 결과 모습
Fig 5. Result of STTC-OFDM simulator

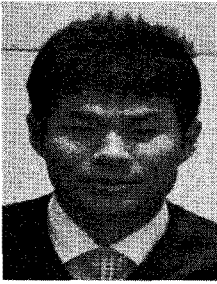
IV. 결론

송·수신단에 다중 안테나를 사용함으로써 독립적인 다수 개의 페이딩 채널을 형성하여 다이버시티 이득과 코딩 이득을 동시에 얻는 STTC-OFDM 방식에 대한 논의와 연구가 활발히 진행되고 있지만 아직 연구 및 개발 단계에 있기 때문에 STTC-OFDM 에 관한 정확한 규정이 결정되고 있는 과정이어서 앞으로 Indoor 및 Outdoor 환경들에서의 STTC-OFDM 신호의 송·수신 특성과 현재보다 더욱 향상된 시스템이 개발될 경우 우리가 구현한 STTC-OFDM simulator 를 기본으로 두고 개발할 수 있게 되면서 시간과 비용이 절감 될 수 있다.

또한 STTC-OFDM system 을 처음 접하는 사람들에게는 Simulator 를 통한 STTC-OFDM 의 개념을 정리하는 교육용 자료로 사용할 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] V. Tarokh, N. Seshadi, and A. R. Calderbank, "Space-time codes for high data rate wireless communication: Performance criterion and code construction," *IEEE Trans. Inform. Theory*, vol. 44, pp. 744-765, Mar. 1998.
- [2] Y. Lee, P. Huang, "Channel Interpolation and MMSE Multi Input Multi Output Frequency-Domain DFE for wireless Data Communications Using OFDM," in *proc. of ICC Proceedings*, New York, 2002.
- [3] OFDM Forum website; <http://www.ofdm-forum.com>.
- [4] H. Harada, R. Prasad, *Simulation and Software Radio for Mobile communications*: Artech House, 2002.
- [5] R. N. Van and R. Prasad, *OFDM for wireless multimedia Communications*: Artech House Publishers, Boston, 2000.
- [6] B. Vucetic, and J. Yuan, *Space-time coding*: John Wiley & Sons Ltd., Chichester, UK, 2003.
- [7] M. R. Nakhai, H. Heliot, L. Revely, and H. Aghvami, "Search for space-time trellis codes: novel codes for Rayleigh fading channels," in *proc. of IEEE Commun.*, vol. 151, pp. 25-31, 2004.
- [8] D. Gesbert, M. Shafi, D. S. Shiu, P. J. Smith, and A. Naguib, "From theory to practice: an overview of MIMO space-time coded wireless systems," *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol. 21, no.3, pp. 281-302, 2003.



이 동 기
2008년 광운대학교 전파공학과
(재학중). 관심분야는 디지털 통신,
MIMO, OFDM.



이 중 식
1996년 서울대학교 전기공학부
(공학사). 1998년 서울대학교
전기공학부(공학석사). 1998년~현재
KT 인프라연구소 책임연구원.
관심분야는 WiBro System 개발 등임.



황 인 준
2008년 광운대학교 전파공학과
(재학중). 관심분야는 디지털 통신,
MIMO, OFDM.



이 승 현
2008년 광운대학교 전파공학과
(재학중). 관심분야는 디지털 통신,
MIMO, OFDM.



김 진 영
1998년 서울대 전자공학과 (공학박사).
1998년 ~ 2000년 미국 Princeton Uni-
versity, Research Associate. 2000년
~ 2001년 SK텔레콤 네트워크 연구원
책임연구원. 2001년 ~ 현재 광운대학교
전파공학과 교수. 관심분야는 디지털
통신, 신호처리, 채널 부호화.