

STTD 수신기를 채용하는 이동 멀티미디어 통신 시스템의 성능 분석

우병훈^{*} · 백승선^{*} · 강희조^{**}

^{*}전주공업대학 정보통신과 ^{**}목원대학교 IT공학부

Performance Analysis of Mobile Multimedia Communication System with STTD Receiver

Byung-Hoon Woo^{*} · Seung-Sun Baek^{*} · Heau-Jo Kang^{**}

^{*}Dept. of Information & Communication Eng., Jeonju Technical College.

^{**}Dept. of IT Eng., Mokwon Univ.

요 약

본 논문에서는 이동 멀티미디어 통신을 위해 송신 다이버시티 STTD(Space Time Transmit Diversity)기법을 적용하였을 경우 발생하는 송신 안테나 상호간의 간섭을 제거 하기 위해 새로운 수신기를 제안하고 이를 적용한 DS-CDMA/QPSK STTD 시스템의 성능을 모의실험으로 확인하였다. 모의실험 결과 제안된 수신기를 적용한 시스템의 성능이 0.5~2 dB 정도의 성능 개선이 있음을 알 수 있었다.

I. 서 론

IMT-2000으로 대표되는 제 3세대 이동 통신 시스템은 국내에서 SK텔레콤과 KTF에 의해 2002년 2월말과 5월초에 상용화된 동기식 IMT-2000(cdma 2000-1x EVDO)과 2003년 하반기 상용화를 앞두고 있는 비동기식 IMT-2000(W-CDMA)로 구분되고 있다. IT(Information Technology) 산업의 급속한 발전과 이동 통신 시장의 성장은 새로운 소비자, 획기적인 단말기와 다양한 서비스의 요구로 이어지고 있으며 통신 서비스는 이동 통신 서비스와 인터넷 서비스로 재편되고 있다[1],[2].

고속 이동 멀티미디어 통신을 위해 IMT-2000에서는 순방향 채널의 성능 개선을 위해 송신 다이버시티 기법을 채용하고 있다. 그동안 역방향 채널의 성능 개선을 위한 연구는 꾸준히 진행되었지만 순방향 채널의 성능 개선에 대한 연구는 미진하였다. 또한 송신 다이버시티를 채용하는 IMT-2000 시스템에서 수신기의 구조는 기존의 2세대 이동 통신 PCS 수신기를 기본으로 하고 있다. 그러나 송신 다이버시티 기법을 채용 할 경우 두 안테나 사이에서 발생하는 다중 사용자와 같은 안테나 사이의 간섭이 발생하게 되고 이와 같은 간섭은 수신 성능의 저하를 초래하게 된다. 수신 신호는 기준 안테나 이외의

안테나에서 송신되는 신호는 다중 사용자 간섭과 같이 해석할 수 있다. 따라서 안테나에 의한 상호 간섭 제거를 위해 다중 사용자 간섭 제거 기법을 적용할 수 있을 것이다.

본 논문에서는 IMT-2000 시스템에서 채용하는 송신 다이버시티 기법의 종류와 특징에 대하여 서술하고 송신 다이버시티를 채용하는 시스템에서 나타나는 다중 안테나에 의한 간섭을 제거하는 새로운 수신기를 제안하고 simulation을 통하여 성능 개선 정도를 분석한다.

II. 송신 다이버시티 기법

2.1 Orthogonal 송신 다이버시티 : OTD

IS-2000에서의 송신 다이버시티는 기저국 순방향에서 송신되는 데이터 신호를 두 개의 데이터 경로로 교차시켜 분리한 후 각각 다른 Walsh(walsh) 변조를 거쳐 복합 확산 변조와 각각의 RF 회로와 별도의 안테나를 거쳐 송신되도록 하는 구조이다. 이때 각각 다른 Walsh 코드에 의하여 두 개의 송신경로 신호간에 직교성이 발생하여 이동국 수신단에서 각각 다른 복조 경로를 유지함으로써 순방향 무선구간의 단순 페이딩(flat fading)에 대하여 0.5~3dB 정도의 이득을 나타내게 된다 [3].

2.2 Space Time 송신 다이버시티 : STTD

일반적인 공간 다이버시티는 동일한 데이터를 공간상에서 일정 간격 떨어진 복수개의 안테나를 통하여 전송함으로써 서로 다른 무선 환경을 통하여 전송이 될 때 얻어진다. 시간 다이버시티는 동일한 신호를 시간 지연시켜 반복 전송함으로써 전송되는 신호가 각기 다른 페이딩 환경을 거치게 함으로서 구현된다.

W-CDMA에서 채용한 공간 시간 다이버시티는 두 가지 개념을 동시에 적용한 것으로 동일한 데이터를 두 개의 안테나를 통하여 보내면서 다이버시티용 안테나를 통해 전송되는 데이터의 전송 순서를 뒤바꿈으로써 시간 다이버시티의 효과도 얻는 기술이다[4].

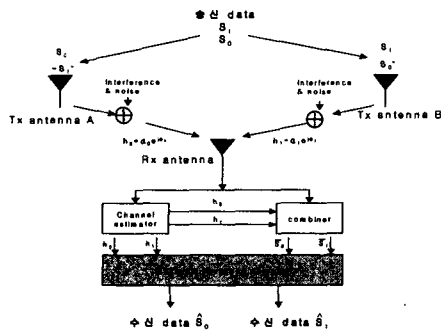


그림 1. 공간 시간 송신 다이버시티

W-CDMA의 대부분 순방향 링크 채널은 공간 시간 다이버시티를 적용하며, 디코딩의 복잡도를 고려할 때 현실적으로 안테나 2개, 비트는 4 비트를 고려하고 있다. 송신 다이버시티는 그림 1에 보는 바와 같이 송신 안테나 A, B가 서로 독립적으로 신호를 송신하고 있으므로 상호 간섭을 일으키게 된다. 송신 전력을 1/2로 줄여서 송신 하지만 송신 안테나 A, B 상호간의 간섭은 두 배로 증가하여 수신 성능을 열화 시킨다.

3GPP에서 제안된 STTD 송신 다이버시티의 송신기 구조는 그림 2와 같이 구성되어 있다. QPSK 신호를 4개의 심벌 b_1, b_2, b_3, b_4 로 만들어 전송하게 되며 AICH, AP-AICH와 CD/CA-ICH 채널에서는 b_i 는 real 신호이고, \bar{b}_i 는 $-b_i$ 이다. 그 외의 채널에서는 b_i 는 3-valued digits으로 0, 1, "DTX"로 표현되며 $b_i=0$ 이면 $\bar{b}_i=1$, $b_i=1$ 이면 $\bar{b}_i=0$ 이고 그렇지 않으면 $\bar{b}_i=b_i$ 이다[5].

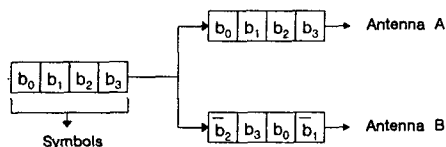


그림 2. STTD 송신기 구조

2.3 다중 반송파 다이버시티(Multi carrier diversity)

IS-2000의 3G-3X에서 여러 개의 반송파를 이용하여 각각의 반송파 신호를 별도의 송신 안테나를 통하여 송신한다면 송수신경로의 특별한 변경 없이 페이딩에 대하여 매우 우수한 특성을 나타내게 된다[6]. MC(Multi carrier) 방식은 세 개의 경로로 전송 심벌을 복사하여 redundancy를 송신하는 것이 아니라, 세 개의 경로로 각각 다른 심벌들을 demux를 거쳐서 순차적으로 전송한다. 다중 반송파 다이버시티는 송신 다이버시티와 더불어 여러 경로의 RF 송신회로의 안정성 및 균형성이 확보되어야 함으로 RF 회로에 대한 많은 고찰이 요구된다.

III. 시스템 모델

이동 멀티미디어 서비스를 위해서는 순방향 전송속도가 2 Mbps 이상이 되어야 하지만 현재 상용화된 시스템 중에는 이와 같은 전송 속도를 지원하는 시스템이 없는 실정이다. 따라서 본 논문에서는 3세대 이동 통신 시스템 중에서 2 Mbps 전송속도를 지원하는 3GPP에서 제안한 비동기 IMT-2000 시스템을 해석 모델로 하여 순방향 수신 성능 개선을 위한 수신기를 제안하고 성능 분석 하고자 한다.

3.1 W-CDMA 시스템 모델

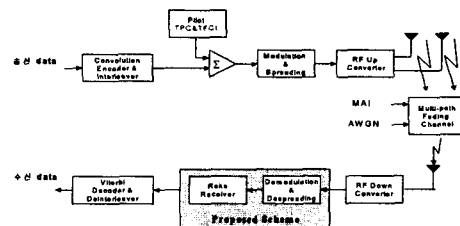


그림 3. W-CDMA 시스템 모델

3GPP에서 제안한 비동기식 IMT-2000 시스템은 무선 접속 방식으로 DS-SS 방식의 사용하고 있으므로 IS-2000과 변복조 기술은 동일하다고 하여도 큰 문제는 없다. 따라서 본 논문에서는 비동기 DS-SS/QPSK 시스템의 순방향 링크 전송을 해석 모델로 하였으며 수신단에 제안된 수신기와 간섭 제거기를 채용하여 그림 3과 같이 시스템 성능 분석 모델을 구성하였다[7].

3.2 무선 통신 채널 모델

이동 통신 환경에서 채널은 지형 특성이나 건물 표면의 의해 반사, 산란되거나 회절이 발생하

여 송수신기 사이에 수많은 경로가 존재하는 다중 경로(multipath propagation) 현상이 나타난다. 다중경로 채널 및 신호 모형은 일반적으로 다중경로를 통하여 전파된 수신신호의 페이딩 효과에 대한 특성에 따라 세 가지 형태로 구분된다. 첫째, 다중경로로 인한 수신신호들의 페이딩 성분이 고정 불변적인 반사 성분만을 가지는 경우이고, 둘째는 순수한 무작위적 산란 성분만을 포함하는 레일리(Rayleigh) 페이딩의 경우, 셋째 반사적 성분과 무작위적 산란 성분을 포함하는 라이시안(Rician) 페이딩의 경우로 나눌 수 있다.

페이딩 채널의 임펄스 응답이 존재하는 구간 간격이 한 칩 이내인 경우를 flat 페이딩이라 하며, 가시거리(LOS : Line of Sight) 경로의 존재 여부에 따라 수신신호의 통계적인 특성은 레일리, 혹은 라이시안 분포로 모델링 된다[8].

기지국과 이동국 간에 완벽한 전력제어와 간섭 신호도 기준 신호와 같은 크기의 전력제기와 경로 손실을 갖는다고 고려한다면, 기준 사용자를 제외한 다른 사용자에 의한 다중접속간섭(MAI: Multi Access Interference)는 가우시안 랜덤 변수로 간주할 수 있다. 따라서 간섭신호의 전력 스펙트럼 밀도를 M_I 라고 하면 $\sigma_I^2 = M_I/2$ 이므로 하나의 간섭 신호가 MAI에 기여하는 정도는 다음과 같다.

$$MAI = M_I = \frac{2}{3M} E_b \rho^2. \quad (1)$$

단, ρ : 송신신호의 순시 진폭, M : PN 코드 길이.
따라서, 셀 당 사용자 수 K 이므로 기준 사용자를 제외한 다른 사용자에 의한 간섭의 합(I)이 기준 사용자가 받는 MAI가 된다.

$$I = (K-1) \frac{2}{3M} E_b \rho^2. \quad (2)$$

단, K : 사용자수.
따라서 모든 사용자의 간섭을 고려한 DS-CDMA 시스템의 신호 대 잡음비 $\gamma = SNR_{DS}$ (SNR : Signal-to-Noise power Ratio)는 다음과 같다.

$$\gamma = \frac{E_b \rho^2}{\frac{2(K-1)}{3M} E_b \rho^2 + \frac{N_0}{2}}. \quad (3)$$

단, $\frac{N_0}{2}$: AWGN의 전력스펙트럼 밀도

3.3 동일채널 간섭 제거 기법

CDMA 시스템의 용량은 동일채널간섭(CCI)에 의해 제한되기 때문에 CCI 제거 기법은 간섭을 줄여줌으로써 그만큼 용량을 증가시킬 수 있다.

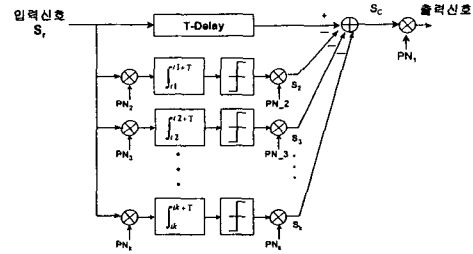


그림 4. 동일채널 간섭 제거기 구조

그림 4는 DS-CDMA 시스템에서 동일채널 간섭 제거기를 채용하는 수신기 모델을 나타낸다.

$$\gamma_{CCI} = \frac{1}{\left(4P_e \frac{2(K-1)}{3M}\right) + \left(\frac{N_0}{E_b}\right)}. \quad (4)$$

단, P_e : 수신 SNR을 이용한 오율.

3.4 제안하는 STTD 수신기

그림 5와 같이 제안된 STTD 수신기는 안테나 A에서 송신된 신호와 안테나 B에서 수신된 신호가 동시에 수신되게 되면 다중접속 간섭 제거 기법을 이용하여 안테나 A, B의 신호를 독립적으로 복조하여 시간 동기를 맞추어 송신 신호를 복원하게 된다. 제안된 수신기는 하나의 핑거에 해당되는 것으로 다수의 핑거가 사용되는 이동통신에서는 핑거의 수만큼 수신기를 채용하여 수신기를 구성하여야 한다.

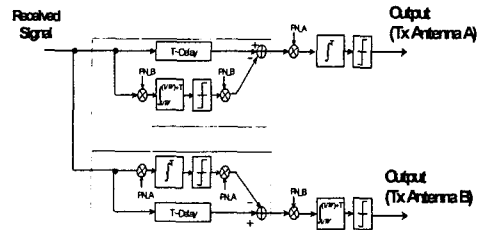


그림 5. 제안하는 STTD 수신기

IV. 시뮬레이션

4.1 제안된 STTD 수신기의 simulation

Simulation을 위하여 시스템은 그림 3의 시스템 모형을 기준으로 하였으며, STTD 송신 비트 구성은 그림 2와 같이 표준을 근거로 하여 그림 6과 같이 simulation 블록을 구성하였다.

표 1 제안된 STTD 수신기의 simulation 파라미터 수신단은 레이크 수신단의 간섭 제거 부분을 도입하여 구성하였으며, 수신 신호는 송신 신호와 같은 구조로 재배열하여 송신 신호와 비교하여 성

능을 분석하였다.

변조방식	QPSK
송신 안테나	2
PN 길이	64
PN chip 시간	1/64 [sec]
사용자수	단일 사용자
채널환경	다중경로(레이리 페이딩)
기저대역 전송	NRZ(Non-return to zero)
데이터 수	10,000 ~ 20,000개

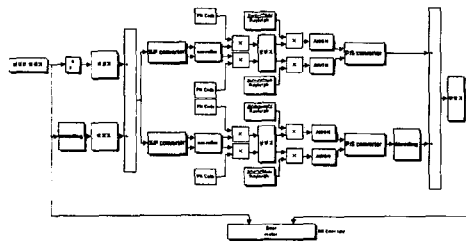


그림 6. 제안된 STTD 수신기의 simulation 블록도

4.2 Simulation 결과 및 검토

제안된 STTD 수신기를 적용한 DS-CDMA/QPSK 신호의 simulation 결과를 그림 7과 그림 8에 나타내었다. Simulation은 AWGN 환경과 레일리 다중 경로 환경에서 하였으며 이상적인 STTD 시스템, 기존의 STTD 시스템과 제안된 STTD 수신기를 채용하는 수신기를 비교하여 오율 특성을 나타내었다.

그림 7은 AWGN 환경에서의 수신 성능을 나타내었다. 오율이 10^{-3} 에서 제안된 수신기기의 성능이 약 0.5dB 정도 개선되었으며 오율 10^{-4} 에서는 약 1 dB 정도 개선됨을 확인할 수 있었다. 하지만 상호 간섭을 제거하더라도 이상적인 STTD 시스템의 성능에는 미치지 못함을 알 수 있었다.

그림 8은 레일리 페이딩 환경에서 수신 성능을 나타내었다. 오율이 10^{-2} 에서 제안된 수신기는 기존의 수신기에 비하여 2dB 정도의 성능 개선 효과가 있었으며 성능 개선 폭이 AWGN 환경에서 보다 큰 것으로 나타났다.

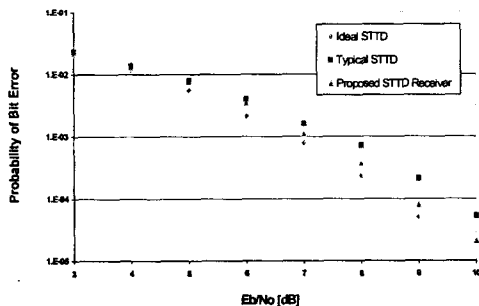


그림 7. AWGN 환경에서 제안된 STTD 수신기의 성능

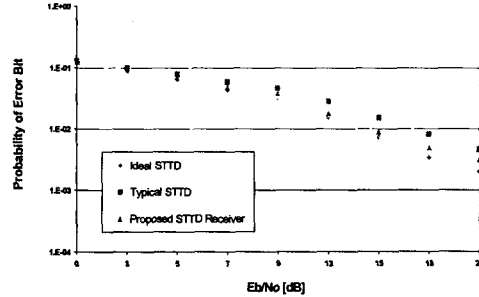


그림 8. 레일리 페이딩 환경에서 제안된 STTD 수신기의 성능

V. 결 론

이동 통신의 발전과 인터넷의 급속한 보급으로 이동 멀티미디어 통신 서비스의 수요가 증가하고 있다. 따라서 본 논문에서는 이동 멀티미디어 통신 시스템의 순방향 성능 개선을 위하여 STTD 수신기를 제안하고 성능 개선을 simulation으로 확인하였다. 이를 위해 상용화가 다가온 3세대 이동 통신 시스템(비동기식 IMT-2000)을 해석 모델로 이동 통신 환경에서 성능 개선 정도를 분석하였다.

이동 멀티미디어 통신 시스템의 순방향 채널 성능 개선을 위해 제안된 송신 다이버시티 기법을 기술하고 송신 다이버시티 시스템의 수신단에서 안테나 상호간에 발생하는 안테나 상호 간섭을 제거하기 위하여 새로운 STTD 수신기를 제안하고 이를 simulation으로 분석하였다.

Simulation은 3GPP의 W-CDMA 시스템으로 구성하였으며 AWGN과 레일리 페이딩 환경에서 성능의 개선 정도를 분석하였다.

AWGN 환경에서 제안된 STTD 수신기를 채용하는 DS-CDMA/QPSK 시스템의 수신 성능은, simulation 결과, 오율 10^{-3} 에서 약 0.5dB 정도 개선되었으며 오율 10^{-4} 에서는 약 1 dB 정도 개선됨을 확인할 수 있었다. 레일리 페이딩 환경에서 제안된 STTD 수신기를 적용한 시스템의 수신 성능은 오율이 10^{-2} 에서 2dB 정도의 성능 개선 효과가 있었으며 성능 개선 폭이 AWGN 환경에서 보다 큰 것으로 나타났다. 이동 통신 환경이 열악한 레일리 환경에 근사하다는 점을 감안하면 제안된 STTD 수신기는 차세대 이동 통신에 적용 가능할 것으로 생각된다.

결론적으로 제안된 STTD 수신기는 송신 다이버시티를 채용하는 이동 멀티미디어 통신 시스템에 적용이 가능하리라 생각된다.

참고문헌

- [1] 전자신문, "IMT-2000과 통신분야의 변화," 2000년 3월 28일.
- [2] 임수덕, 조중재, 황진수, 조용환, "IMT-2000 서비스의 수요예측," 한국통신학회 논문지, vol. 24, no. 12A, 1999년 12월.
- [3] SK Telecom, 꿈의 이동통신 IMT-2000, 2000년 12월.
- [4] S. M. Alamouti, "A simple transmit diversity technique for wireless communications," IEEE J. on Select Areas in Commun., vol. 16, no. 8, pp. 1451-1458, Oct. 1998.
- [5] 3GPP : 3rd Generation Partnership Project ; Technical Specification Group Radio Access Network ; Working Group 1, TS 25.213 V5.2.0, Spreading and modulation, Sep. 2002.
- [6] 이상근, 방효창, IMT-2000/CDMA기술, 도서출판 세화, 2001년.
- [7] 3GPP : 3rd Generation Partnership Project ; Technical Specification Group Radio Access Network ; Working Group 1, TS 25.214 V5.2.0, Physical layer procedures, Sep. 2002.
- [8] J. G. Proakis, Digital Communication, McGRAW-Hill, 3rd, pp. 780-781, 798-802, 1995.
- [9] S. Tachikawa, "Characteristics of M-ary/spread spectrum multiple access communication systems using co-channel interference cancellation techniques," IEICE Trans. Commun., vol. E76-B, no. 8, pp. 941-946, Aug. 1993.