

WTDL을 이용한 개인통신망의 최적 접속방법에 관한 연구

이 관 형* 송 우 영**

A Study on Optimize Access Method in Personal Communication using to WTDL

Kwan-Houng Lee* Woo-Young Song**

요 약

본 논문에서는 직접확산 코드분할 다중 접속방식에서 다이버시티기법과 길쌈부호를 사용하여 성능을 분석하였다. 이때 변조방식은 QPSK방식을 사용한다. 코드분할 다중 접속 방식에서 채널은 다중경로로 인하여 레일리 페이딩 채널로 근사화 하였다. 이때, 수신기는 WTDL하고, 이와같은 조건에서 직접확산 다중 접속방식의 평균에러확률을 구하였다.

Abstract

In this paper, using diversity and convolution code in the DS/CDMA system, have been the performance analyzed. In this modulation shceme is using QPSK. Channel to CDMA system has been approximated by Rayleight fading channel considering effect for multi-path. In this assumed that receiver is WTDL(Wide-band Tapped Delay Line) receiver, and in this condition, average error probability of DS/CDMA.

* 영동전문대학 정보통신과 전임강사

** 청주대학교 전자공학과 교수

논문접수:98.8.30. 심사완료:98.10.28.

I. 서론

1990년대에 들어와서 이동통신 서비스는 획기적인 발전을 거듭해 오고 있다. 통신 방식에서는 디지털 통신 방식으로 전환되고 있으며, 셀룰러 이동전화 서비스는 1983년 미국 시카고에서 처음으로 상용화 되었고, 디지털 통신 시스템은 1987년부터 본격적으로 개발되기 시작 하였다 [1]. 수용능력이 월등한 켈컴사의 CDMA (Code Division Multiple Access) 방식은 1989년 큰 관심을 받기 시작하였다. CDMA 방식은 디지털 접속 방식의 일종으로 SS (Spread Spedtrum) 통신 방식에 근거를 두고 있으며, 간섭신호와 재밍에 대한 면역성, 높은 보안성, 저 검출성, 채널페이딩과 다중경로 극복능력 등 많은 장점을 가지고 있다. 코드분할 다중접속 대역확산시스템에서는 신호의 대역폭이 몇 배로 확산되어 전송된다. 단 하나의 사용자만 있는 경우, 매우 비효율적이지만, 사용자가 여럿 있는 경우, 여러 사용자들이 동일한 확산대역을 공유할 수 있으며, 따라서, 효율적으로 주파수 대역을 이용할 수 있다.[2] CDMA 방식은 다중 경로 현상이 심한 이동무선 채널에 적합하여 과거에는 군용통신에만 한정되어 사용되었던것이, 현재에는 개인 통신 시스템(PCN:Personal Communication Network), 건물 경비 시스템, WLAN(Wireless Local Area Network), WPABX(Wireless Private Branch Exchanges), 위치추적 위성 시스템 (GPS:Global Positioning Satellite System), IMT200등과 같은 새로운 분야에 응용되기 시작하였다.

본 논문에서는 이동 무선 채널에서 다이버시티기법을 이용하고, QPSK변조방식을 사용한다. 길쌈부호를 이용한 비트에러 확률을 구하고자 한다. 채널은 다중경로로 분해하고, 수신 신호는 레일리 분포를 갖는다고 가정한다. II장에서는 무선 채널 과 다이버시티 기법에 대하여 설명하였고, III장에서는 시스템 성능을 평가하기 위한 다이버시티 및 길쌈 부호의 수식 오울식을 기술하였다. IV장에서는 WTDL 수신기를 사용한 CDMA 방식의 시스템 성능을 시뮬레이션하여 분석하였다. 마지막으로 V

장에서는 결론에 대하여 서술하였다.

II. 무선채널 및 다이버시티 기법

2.1 DS/CDMA

직접확산방식은 전송되는 신호를 수신자가 아닌 사용자에게는 잡음과 같이 인식되도록 하여 데이터를 검출하고 추출해 내는데 어렵도록 하는 것이다. 의사잡음부호(PN Code)를 사용하여 전송대역폭을 확산시키는 방식으로써 Carrier Wave가 처음 데이터신호에 의해 변조되고 또다시 넓은 대역폭을 가지는 확산된 신호에 의해 변조되는 방식이다. DS/CDMA의 장점은 두가지로 볼 수 있다. 첫째는 간단한 확산방식을 사용한다는 것이다. 둘째는 오차가 무작위한 점이다. 즉 간섭이 DS/CDMA시스템의 수신기에서 확산되므로 대역내의 간섭은 수신기의 잡음레벨을 증가시키는 것같이 보이나 오차교정이 없는 음성신호는 집단오차에 훨씬더 허용치가 크게 되므로 Trellis 오차교정과 Viterbi해독기에 의하여 쉽게 정보데이터가 교정된다.

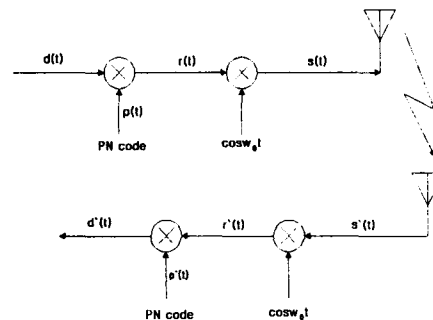


그림 1. 직접확산 코드분할 다중접속 송수신 블럭

Fig 1. DS/CDMA Transmitter and receiver Block

2.2 레일리 분포

이동 무선 통신 시스템에서는 인간이 만든 건물이나, 자연환경등에 의해서 신호가 반사, 굴절, 산란등으

로 인해서 다중경로가 형성된다. 이와같은 다중경로 효과로 페이딩 현상이 일어난다[2].

이와같이 이동체에서 수신된 신호는 송신기로부터 직접파 성분(line-of sight)을 갖기 어렵다. 이것은 송신된 신호에 각각 다른 감쇄와 위상차를 주는 무질서하게 배열된 장애물들에 의해 산란된 신호들의 합이 될 것이다. 이 경우 산란된 파들의 위상이 0에서 2π 까지 균일하게 분포되어 있으며, 진폭과 위상은 서로 통계적으로 독립이라고 생각할 수 있다. 결과적으로 어떤순간에는 위상이 일치하여 진폭이 매우 커지거나, 다른순간에는 위상이 어긋나서 진폭이 작아지게 될 것이다. 직접파 성분이 없고, 반사파 성분만 존재할때를 레일리 페이딩이라 한다. 레일리 페이딩은 레일리 분포를 갖음으로서, 레일리 분포의 수식은 다음과 같다[3].

$$p(r) = \frac{r}{\sigma_r^2} \exp\left(-\frac{r^2}{2\sigma_r^2}\right) \quad (2-1)$$

2.3 다이버시티 기술

2.3.1 주파수 선택적 페이딩

시스템대역폭내의 서로 이격된 두 주파수가 다중경로 페이딩을 겪는 과정을생각해보면, 두 주파수의 간격이 충분히 작은 경우, 이 두 주파수는 거의 같은 전자기적 경로를 지나게 되어 진폭과 위상의 변화가 거의 같게 되지만, 두 주파수의 간격이 커질수록 이들의 변화양상은 상관도가 점점 작아진다. 그이유는 다중경로환경에서 각 경로마다 두 주파수 간의 위상변화가 서로 다르기 때문이다. 이와 같이 주파수에 따라 페이딩이 다르게 나타나는 현상을 주파수 선택적 페이딩이라고하고, 두 주파수 간의 페이딩 상관정도가 충분히 작다고 말할 수 있는 대역폭을 상관대역폭(Coherence Bandwidth)이라 한다[4]. 이 상관대역폭은 지연확산과 관계가 있다.지연 확산이 큰 지역에서는 두 주파수 간의 간격이 작은데도 불구하고 수신되는 신호의 위상이 크게 차이가 나므로 상관대역폭이 작아지고, 반대로 지연확산이 작은 지역에서는 상관대역폭이 커진다. 이와 같은 주파수 선택적 페이딩특성을 이용하여, 충분히 이격된 두 주파수에 동일 정보를 전송하여 주파수 다이버시티 효과를 얻을 수 있다.

2.3.2 WTDL

WTDL(Wide-band Tapped Delay Line)는 대역

확산 통신에서와 같이 전송 대역폭이 코히런스 대역폭보다 클 때 주파수 선택적 페이딩 채널에서 사용되는 수신기로 다이버시티 효과를 나타낸다. 갈고랑이로 낙엽을 굵어들이 듯 신호를 수신하는 것으로서 각각 다른 경로를 통한 수신 신호를 각 탭마다 일정한 시간지연과 도플러 스펙트럼, 그리고 시간지연에 따른 평균전력의 감쇄를 갖는 백색가우스잡음을 더하는 것으로서, 수신된 모든 신호를 합한 후 복조한다.

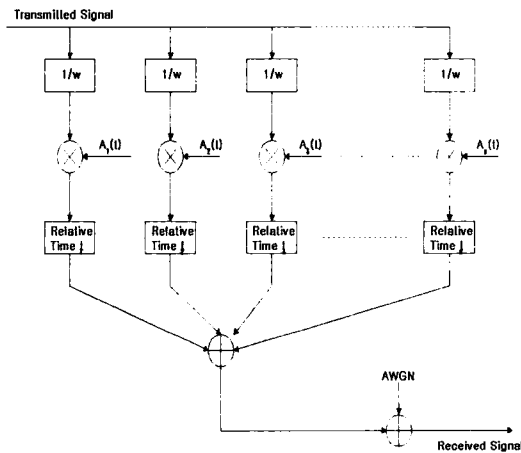


그림 2. WTDL 수신기
Fig.2. WTDL Receiver

III. 다이버시티 및 길쌈부호 시스템

3.1 수신기 출력에서의 신호

그림 3은 K명의 사용자가 존재하는 DS/CDMA 통신 시스템 모델이다[5].

사용자의 정보신호 $b_k(t)$ T초의 구간동안 +1,-1의 값을 취하는 구형파 펄스의 시퀀스로서 다음과 같이 표시된다.

$$b_k(t) = \sum_{l=-\infty}^{\infty} b_{k,l} P_T(t - lT) \quad (3-1)$$

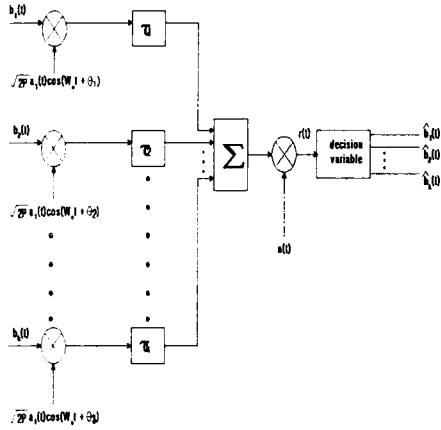


그림. 3. 수신기 모델
Fig. 3. Receiver model

여기서, $b_{j,k}$ 는 k 번째 사용자의 l 번째 데이터이다.
 $t=T$ 일때 상관수신기의 출력은 다음과 같이 표현된다.

$$Z_i = \sqrt{P/2} \left\{ b_{i,0}T + \sum_{k=1}^K [b_{k,-1}R_{k,i}(\tau_k) + b_{k,0} \hat{R}_{k,i}(\tau_k)] \cos \varphi_k \right\} + \int_0^T n(t) a_i(t) \cos \omega_c(t) dt \tag{3-2}$$

Z_i 분산은 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$\text{Var}\{Z_i\} = \frac{PT^2}{12N^3} \left(\sum_{k=1}^K r_{k,i} \right) + 1/4N_oT \tag{3-3}$$

수신기에 입력되는 평균 신호대 잡음비를 구하면 다음과 같다.

$$\gamma_c = \left\{ (6N^3)^{-1} \sum_{k=1}^K [2\mu_{k,i}(0) + \mu_{k,i}(1)] + \frac{N_o}{2E_b} \right\}^{-1} \tag{3-4}$$

식(3-4)에서 K 의 값이 큰 경우에 대하여

$$(6N^3)^{-1} \sum_{k=1}^K r_{k,i} \approx \frac{(k-1)}{3N} \tag{3-5}$$

으로 근사화되며, 결과적으로 수신기에 입력되는 평균 신호대 잡음비는 다음과 같이 표현된다.

$$\gamma_c = \left\{ \frac{K-1}{3N} + \frac{N_o}{2E_b} \right\}^{-1} \tag{3-6}$$

여기서 K 는 사용자수이고, N 은 코드 시퀀스이다.

3.2 다이버시티를 사용한 시스템 성능분석

백색가우스잡음상(AWGN)에서의 QPSK의 에러확률식 p_e 는 다음과 같이 나타낼수 있다[3].

$$p_e(\gamma) = \frac{1}{2} \text{erfc}(\sqrt{\gamma}) \tag{3-7}$$

다중경로 페이딩 채널에서 다이버시티기법을 도입하였을 경우의 신호대 잡음비는 다음과 같이 나타낼수 있다[6].

$$\gamma = M \cdot \gamma_c \tag{3-8}$$

여기서, γ 는 비트당 신호대 잡음비 이다. 그리고, γ_c 는 채널당 신호대 잡음비이다. 안테나갯수 An 개 있는 시스템이 있다고 한다면, 이때 수신기는 최적화된 WTDL수신기를 사용한다고 하고, 합성방법으로는 최대비 합성법을 사용한다. 최대비 합성법을 사용할때 신호가 들어오는 경로수가 L 개 있다면, 이 시스템의 전체 다이버시티 가지수는 다음과 같이 나타낼 수 있다[7].

$$M = L \cdot An \tag{3-9}$$

주파수 선택적 느린 페이딩채널이라면, 비트당 신호대 잡음비는 다음과같이 나타낼 수 있다.

$$\gamma = M \cdot \left(\frac{k-1}{3N} + \frac{N_o}{2E_b} \right)^{-1} \tag{3-10}$$

백색가우스잡음상(AWGN)에서의 QPSK 신호가 레일리 페이딩을 받을때의 에러 확률 P_2 은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$P_2 = \int_0^\infty p_e(\gamma) p(\gamma) d\gamma \tag{3-11}$$

3.3 길쌈부호 및 다이버시티를 사용한 시스템 성능 분석

길쌈부호는(Convolutional Code)일반적으로 전달 함수를 사용하여 비트오율을 용이하게 구하며, 평균 비트 오율이 최소가 되는 부호를 채택한다. 길쌈부호는 채

널 부호화율을 가변하여 구현 하는데에는 용이하거나 연접 오류(Burst error)가 발생하는 경우에 RS부호에 비하여 오류제어 성능은 감소된다.

부호화율 1/2, 구속길이 E=3인 길쌈부호기를 사용한다. 경판정(Hard-decision decoding) 을 사용하는 이진 길쌈 부호에 대한 비트 오류 확률 P_B 는 다음과 같은 상한을 갖는다[6].

$$P_B \leq \frac{dT(D, N)}{dN} \Big|_{N=1, D=2\sqrt{P_2(1-P_2)}}$$

(3-12) 여기서, P_2 는 채널 부호 오류 확률이다. 부호화율이 1/2, 구속 길이가 3인 길쌈 부호화기에 대한 전달 함수 $T(D, N)$ 은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} T(D, N) &= \frac{D^5 N}{1 - 2DN} \quad \cdot(3-13) \\ &= D^5 N + 2D^6 N^2 \\ &= \dots + 2^k D^{k+5} N^{k+1} + \dots \end{aligned}$$

이고,

$$\begin{aligned} \frac{dT(D, N)}{dN} \Big|_{N=1} &= \frac{D^5 N}{(1-2D)^2} \\ &= D^5 + 2 \cdot 2D^6 + 3 \cdot 4D^7 \\ &+ \dots + \\ &(K+1)2^k D^{k+5} + \dots \\ &= \frac{D^5}{(1-2D)^2} \quad (3-14) \end{aligned}$$

식(3-13)과 식(3-14)을 사용하여 다음 같은 비트 오류율을 구할 수 있다.

$$P_B < \frac{\{2[P_2(1 - P_2^{1/2})]\}^5}{\{1 - 4[P_2(1 - P_2)]^{1/2}\}^2} \quad (3-15)$$

IV. 시뮬레이션 및 결과 고찰

무선채널에서 레일리 페이딩이 시스템 성능에 미치는 영향에 대해서 다이버시티에 대해 시스템 성능 변화를 비교, 분석하였다. 또한, 부호화율이 1/2, 구속길이가 3인 길쌈부호의 비트 오류율을 사용하여 시스템 성능향상에 미치는 효과를 고찰하였다.

표 1. WTDL을 사용한 시스템 분석
Table. 2. analysis of system using WTDL

대역폭	안테나 갯수	P_2
1.25MHz	2	$10^{-1.5}$
	3	$10^{-1.9}$

E_b/N_o 은 10dB이다. 안테나 갯수를 증가시키면서 비트 오류율이 향상 되었다.

표 2. 다이버시티를 이용한 시스템 분석
Table. 2. analysis of system using diversity

대역폭	안테나 갯수	P_2
1.25MHz	2	$10^{-2.4}$
	3	$10^{-2.8}$

다이버시티기법을 사용함으로써, 안테나갯수 2개 일 때 표1과 비교해보면, 비트오류율이 $10^{-1.5}$ 에서 $10^{-2.4}$ 로 향상되었다.

표 3. 다이버시티 및 길쌈부호를 이용한 시스템 분석
Table. 3. analysis of system using diversity and convolution

대역폭	안테나 갯수	P_2
1.25MHz	2	$10^{-4.6}$
	3	$10^{-5.8}$

다이버시티 및 길쌈부호를 이용함으로써 비트오류율이

더 우수함을 볼 수 있다.

V. 결론

이동통신 시스템에서의 CDMA 방식의 성능을 비교 분석하였다. 안테나 개수가 3개일 때 단일 상관 수신 기만을 사용하여, $10^{-1.9}$ 비트 에러 확률을 보였고, 다이버시티 수신기를 사용하였을 경우에는 $10^{-2.8}$ 을 보였다. 뿐만 아니라, 길쌈 부호와 다이버시티 기법을 적용하였을 경우에 $10^{-5.8}$ 의 비트 에러 확률을 보였다. 즉, 다이버시티 수신기를 사용한 CDMA방식이 다이버시티 수신기를 사용하지않은 CDMA방식보다 더 우수한 성능을 보였다.

본 논문에서는 두 방식의 성능을 비교하기 위해 단일셀에서의 한 방향 채널만을 고려하였다. 앞으로 화상 통신을 하기위해서는 데이터의 압축기술과 대역폭등을 고려한 시스템의 연구가 계속 진행되어야 할 것으로 생각된다.

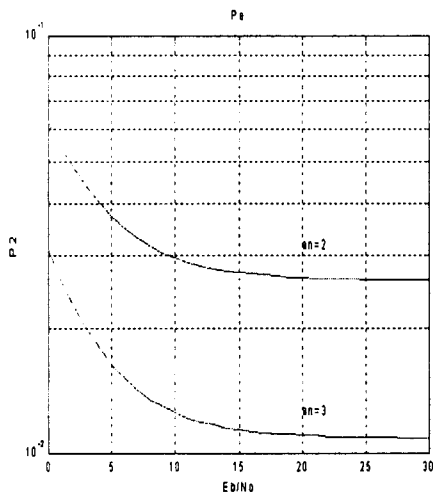


그림 4. 단일상관수신기 평균에러 확률
Fig. 4. single coherent receiver average error probability

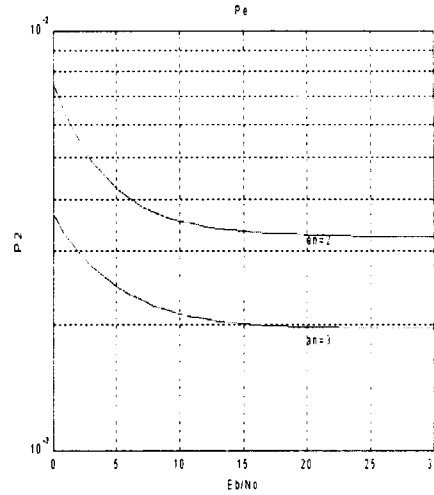


그림 5. WTDL 수신기의 평균에러확률
Fig. 5. Average error probability of WTDL receiver

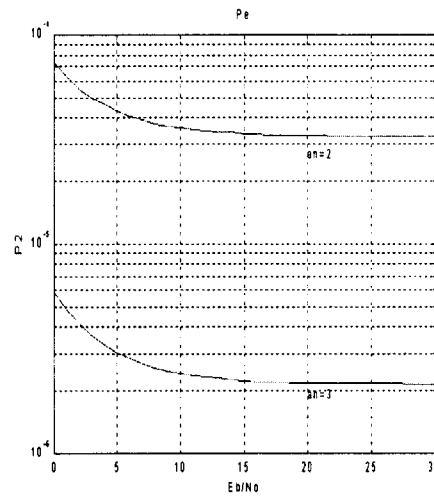


그림 6. 다이버시티 및 길쌈부호의 평균에러 확률
Fig. 6. Average error probability of diversity and convolution code

참고 문헌

- [1] W.C.Y.Lee. "Overview of Cellur CDMA." IEEE Trans. Vehic. Tech, vol.40, pp.291-302, May 1991.
- [2] Asha Mehrotra. Cellular Radio Analog and Digital Systems. Artech House 1994, pp.127-143
- [3] William C. Y. Lee. Mobile Communications Design Fundamentals. johnwiley & sons, Inc. 1993
- [4] By Theodore S. Rappaport, Cellular Radio & Personal Communication
- [5] Michaelb.pursley, "Performance evaluation for phase coded spread-spectrum multipleaccess commication - part I : Analysis." IEE Tran. Commun, Vol COM-26, No.8 August 1977.
- [6] JohnG. Proakis. Digital Communications, McGrawHill pp.702-792.1989.
- [7] P.Seite, J.Tardivel, "Performance of Space Diversity DS-CDMA System" IEEE Commun Society ICUPC94, pp.42-45. september 27 - october, 1994.

저자 소개

李 寬 炯

1969年 2月 13日生

1994년 2월 : 청주대학교 전자공학과
졸업(공학사)

1996년 8월 : 청주대학교 대학원 전
자공학과 졸업(공학석사)

1997년 3월 ~ 현재 : 청주대학교 전
자공학과 대학원 박사과정

1998년 3월 ~ 현재 : 영동전문대학
정보통신과 전임강사

※ 주관심분야 : 정보통신, 이동통신,
마이크로파 통신

宋 宇 永

1954年 6月 3日生

1977년 2월 : 연세대학교 전자공학과
졸업(공학사)

1981년 3월 : 연세대학교 대학원 전
자공학과 졸업(공학석사)

1988년 2월 : 연세대학교 대학원 전자
공학과 졸업(공학박사)

1982년 3월 ~ 현재 : 청주대학교 전
자공학과 교수

※주관심분야 : 배열안테나 및 정보통
신, 마이크로파 통신