
역방향 채널 전력비에 따른 IMT-2000용 비동기 W-CDMA 시스템의 성능 분석

강 명 구*, 조 장 목**, 진 용 옥***

A Study on Optimization of W-CDMA System Reverse Link Power Ratio using Multiple Access Interference Cancellation

Myung-Gu Kang, Jang-Muk Cho, Yong-Ock Chin

요 약

본 논문에서는 차세대 멀티미디어 통신인 IMT-2000의 액세스 방식으로 제안되고 있는 비동기 W-CDMA(3GPP) 시스템을 적용, 기존의 IS-95와 달리 Pilot symbol을 이용하여 페이딩 채널을 추정하여, 이를 통한 다중 사용자 간섭제거 방법으로 PIC(Parallel Interference Cancellation)을 적용하고 DPCCH(Control)과 DPDCH(Data)의 파워 비에 따른 성능을 분석하였다. 시뮬레이션 결과 Hand design 인 경우 사용자 5명의 설정에서 C:D = 3:7 과 4:6에서 가장 좋은 성능을 보였으며, 사용자를 10명으로 늘렸을 경우 C:D = 4:6 보다는 3:7의 비율에서 가장 좋은 성능을 보였다.

Abstract

This study applied asynchronous W-CDMA(3GPP) system that is suggested as an access method of IMT-2000, multimedia communication in next generation, and estimated fading channel by using pilot symbol different from traditional IS-95. And then, it applied PIC(Parallel Interference Cancellation) as multiple access interference cancellation and analyzed performance depending on the power rate between DPCCH(Control) and DPDCH(Data). As a result of simulation, it showed the best performance in C:D = 3:7 and 4:6, where set up

* 인천전문대학 통신과 교수

** (주)와이드텔레콤

*** 경희대학교 전자공학과 교수

접수일자 : 1999년 12월 18일

as five users in case of hand design, and showed the best performance in C:D = 3:7, where did as ten users.

I. 서론

차세대 이동 통신 시스템의 액세스 방식으로 의견이 모아지고 있는 광대역 CDMA 방식은 무변조 파일럿 신호를 이용하는 복미방식과 파일럿 심벌을 사용하는 유럽 및 일본 방식으로 구분 할 수 있다. ITU에서는 '99년 말까지 표준화 추진을 완료하는 것을 목표로 유럽/일본, 미국은 세부규격 작성을 위한 그룹으로 각각 (3GPP, 3GPP2)를 구성하고 각각 W-CDMA와 CDMA2000의 Physical layer 기술로써 새롭게 제안되고 있는 특징에는 역 방향 링크에 Pilot 채널을 추가하여 채널정보를 추정하는 Coherent detection이 가능하게 한 것, 저 전력 소모 변조방법으로 OCQPSK, 순방향으로 전달되는 역 방향 전력 제어 비트를 이용한 순방향 전력제어 예측, 그 밖에 스마트 안테나 등을 들 수 있다.^[1] 특히 기존의 CDMA 시스템에 비해 역방향 링크에서 파일럿 신호를 이용하여 데이터 전송시 페이딩에 의한 위상 및 진폭을 추정, 다중사용자 간섭을 제거하여 성능의 향상을 가진다 간섭제거 시 정확한 진폭성분을 정확히 추정하여 제거하는 것이 중요한 문제로 대두되고 있다. 이 때문에 본 논문에서는 PILOT과 DATA의 전력 비의 최적화 방안을 찾는 것을 중심으로 W-CDMA의 DPCCH를 이용한 Coherent detection 기법 중에서 Multiuser detection기법의 PIC(Parallel Interference Cancellation)를 통한 성능 향상을 검증하며, DPCCH(Data)의 Power ratio에 따른 성능을 분석하였다. 2장에서는 Multiuser detection에 대해 언급하고, 3장에서는 프레임구조 및 송·수신 단의 구성, 채널 모델링을 다루었으며, 4장에서는 W-CDMA 시스템 역 방향 링크에서 DPCCH와 DPDCH의 Power ratio에 따른 다중 사용자 간섭제거 기법의 시뮬레이션 결과를 비교하고, 마지막으로 5장에서는 결론을 맺는다.

II. Multiuser detection(PIC)

CDMA 방식은 FDMA나 TDMA과는 달리 많은 사용자가 같은 주파수 대역을 효과적으로 사용할

수 있는 대역제한 환경이 아닌 간섭제한 환경이다. 즉 대역내의 간섭을 제거하는 것이 용량 및 성능을 향상시키는 중요한 역할을 한다. 기존의 단일사용자 검출기는 다중사용자에 의한 간섭(MAI : Multiple Access Interference)을 무시함으로써 성능 감소를 가져왔다. 그러므로 이러한 간섭을 제거하는 기법으로 Multiuser detection이 IMT-2000에 제안되고 있다.^[1] Multi-user detection 은 Optimal MLSE(Maximal Likelihood Sequence Estimation)와 Suboptimal로 분류된다.^{[3][6]} MLSE는 최적의 신호를 예측 가능하지만 정보 비트를 추정하는데 시간이 사용자수에 대하여 지수 함수적으로 증가하므로 현실적으로 구현에 문제점이 많으므로 이를 해결하고자 Suboptimal으로 decorrelation detector, MMSE, PIC, SIC가 제안되었다. Decorrelation detector나 MMSE도 실제적으로 구현하는데 상당한 복잡도를 가진다.^[3] 그리고 PIC나 SIC 역시 시스템 규모나 Delay time면에서 서로 장단점이 있고 이를 보완하기 위해 DPCCH와 DPDCH의 전력 비에 따른 성능변화에 중점을 두어 Hybrid형이 아닌 PIC기법을 적용하였다.

►Received signal model

$$r(t) = \sum_{k=0}^K A k_{(s)} g k_{(s)} d_k(t) + n(t) \dots\dots\dots (1)$$

►Conventional detector(기존의 검출기)

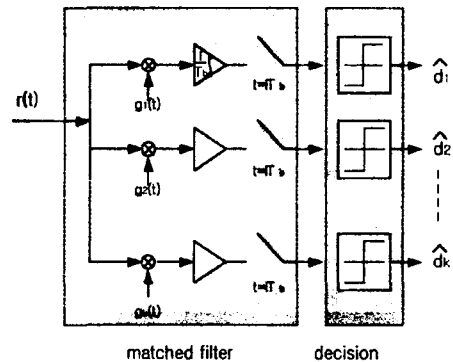


그림 1. Conventional detector (단일 사용자 검출기)
Fig 1. Conventional detector(Single user detector)

위의 출력신호는

$$\begin{aligned}
 y_k &= \frac{1}{T_b} \int^{T_b} r(t) g_k(t) dt \\
 &= A_k d_k + \sum_{i=1, i \neq k}^K \hat{p}_{i,k} A_i d_i \dots\dots\dots (2) \\
 &\quad + \frac{1}{T_b} \int^{T_b} n(t) g_k(t) dt \\
 &= A_k d_k + MAI_K z_k
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &+ n(t - T_b) + \sum_{i \neq k}^K (b_i(t - \tau_i - T_b) \\
 &\quad - \hat{b}_i(t - \tau_i - T_b)) A_i(t - \tau_i - T_b) g_i(t - \tau_i - T_b) \\
 &\quad \dots\dots\dots (3)
 \end{aligned}$$

1차원 간섭 제거기에서는 방정식(3)의 결과(k=1, ...,K)에 의해 데이터 값을 결정하게 된다.

Ⅲ. Channel 및 System Modelling

과 같다. 다중 사용자 간섭이 포함되어 성능저하를 가져온다.^[3]

▶PIC(Parallel Interference Cancellation) detector

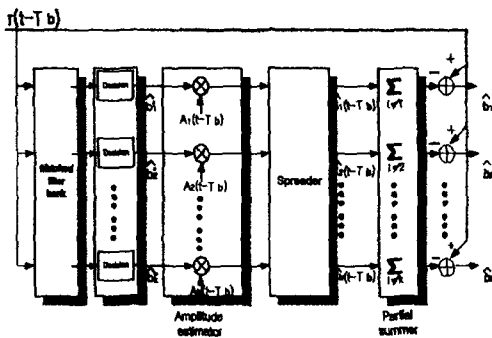


그림 2. K사용자에 대한 PIC Detector block diagram
Fig 2. PIC detector block diagram on K user

병렬 간섭 제거 (PIC : Parallel Interference Cancellation)는 SIC와는 대조적으로 병렬로 간섭 신호들을 재 발생하여 원 신호로부터 빼서 간섭을 제거하는 방법이다. 그 과정은 그림2와 같다. 초기 비트 추정 값은 정합 필터 검출기의 출력이다. 이들 비트들은 진폭 추정 값에 의해 조정되어 지고, 코드에 의해 확산되어진다. 부분적인 덧셈 기는 한 입력 신호를 제외한 모든 각 결과에 더한다. 이 값이 바로 각 사용자에게 대한 MAI 추정 값을 의미한다.

진폭과 지연 값을 완전하게 추정하였다고 가정하였을 경우에 k 번째 사용자에게 대한 MAI 추정 값을 빼준 후의 출력신호는 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$\begin{aligned}
 r(t - T_b) - \sum_{i \neq k}^K \hat{s}_i(t - T_b) \\
 = b_k(t - \tau_k - T_b) A_k(t - \tau_k - T_b) g_k(t - \tau_k - T_b)
 \end{aligned}$$

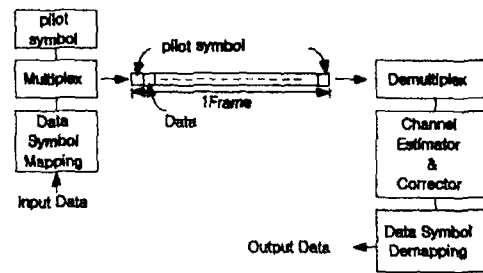


그림 3. 송수신기 전체 구조
Fig 3. Whole structure of transmitter and receiver

▶Frame Structure

3GPP에서 제안된 W-CDMA의 Reverse link 구조는 Data symbol로 구성된 DPDCH(Dedicated Physical Data channels)과 Pilot symbol, TPC(Transmit Power Control), FBI(Feedback information), TFCI(Transport Format Combination indicator)로 구성된 DPCCCH(Dedicated Physical Control channels)이 한 슬롯으로 이뤄진다.^[4]

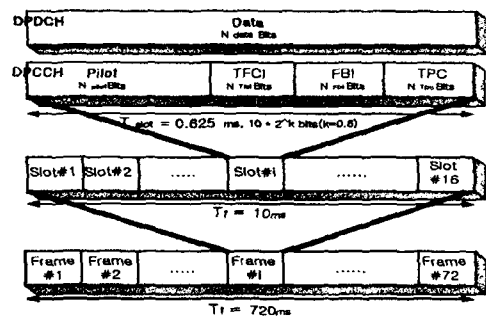


그림 4. W-CDMA(3GPP) Reverse Link 구조
Fig 4. Structure of receiving connection for 4W-CDMA

▶RX Structure

아래 [그림5]는 W-CDMA의 역 방향 링크 송신 단 구조를 나타내었다. Pilot symbol을 전송하는 DPDCH의 구별을 위해 각각 Cch.c 과 Cch.d를 곱하고, 각 채널에 맞는 이득으로 조정한 후 Scrambling code를 이용하여 Complex spreading 하여 I채널과 Q채널로 나누어져 전송된다.

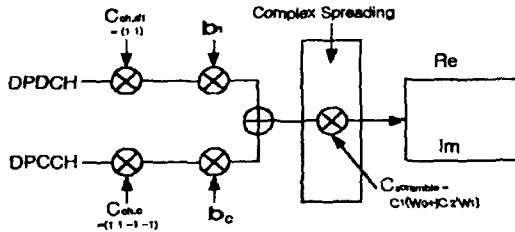


그림 5. 송신단 모델
Fig 5. Model of transmitting-end

다중 채널 구조에서 전력 불균형 문제를 해결하는 동시에 PAR(Peak power 세 Average power Ratio)을 감소시키는 Complex spreading 방법으로 가능한 매 chip사이에 위상천이가 180도 일어나지 않도록 하며 모든 칩들에 위상천이에 제한을 둘 경우 확산 시퀀스의 자기 상관 관계 특성에 문제가 생겨 한 칩 건너서 위상천이에 제한을 둔다. 세컨더리 확산코드 C2의 데시메이션된 형태인 P는 위상 의존도에서 발생하는 MAI(multipleaccess interference)문제를 해결한다.

▶전송채널모델

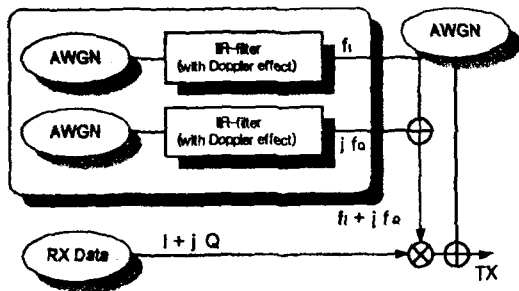


그림 6. 채널모델
Fig 6. Model of Channel

▶TX Structure

아래 그림7로 수신되는 신호는 송신 단의 I채널과 Q채널 출력에 페이딩의 영향이 곱해져서 수신된다.¹⁸⁾

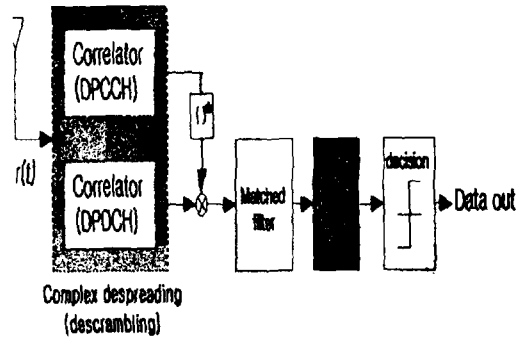


그림 7. 수신단 모델
Fig 7. Model of receiving-end

IV. 시뮬레이션 및 결과

▶시뮬레이션 환경

표 1. 시뮬레이션 파라미터

Table 1. Parameter and result of simulation

비트율	64ksps	
칩율	4.095Mcps	
처리어폭	64	
PN 코드 레지스터수	C ₁	41개(주기 2 ⁴¹ -1)
	C ₂	8개(주기 2 ⁸ -1)
OVSP (Orthogonal Variable Spreading Factor)	C _{ch,d}	S·F = 64
	C _{ch,c}	S·F = 64
	W ₀	(· · ·) S·F = 2
	W ₁	(· · ·) S·F = 2
SCRAMBLING CODE	C ₁ (W ₀ + jC ₂ W ₁)	
DPCCH : DPDCH (Pilot etc : Traffic)	28 : 37 : 46	
POWER RATIO	55 : 64 : 73 : 82	
변조방식	OCQPSK	
다중사용자 채널 가중치	1	
채널	다중경로 레이팅	
다중경로레이팅	채널경로수	1 Path

▶시뮬레이션 결과

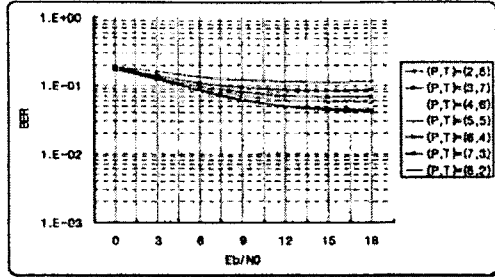


그림 8. DPCCH/DPDCH Power ratio에 따른 BER 성능곡선(convention/ user 5/ Doppler freq 30Hz)

Fig 8. BER performance curve depending on DPCCH /DPDCH power rate

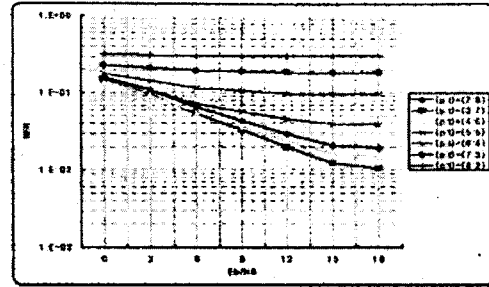


그림 11. DPCCH/DPDCH Power ratio에 따른 BER 성능곡선(PIC/user 10/doppler freq 30 Hz)

Fig 11. BER performance curve depending on DPCCH/DPDCH power rate

V. 결론

W-CDMA system에서 Coherent 검파를 적용한 다중사용자 간섭제거 기술을 이용하여 채널에 의한 왜곡을 정확히 추정, 성능을 향상시키기 위해서는 진폭과 위상 정보를 전송하는 DPCCH(Pilot symbol)의 신뢰도가 중요하다. 이를 위해 DPCCH의 Power를 증가시켜 줌으로써 Channel estimation을 좋게 할 수 있으나 상대적으로 줄어들게 되는 DPDCH(Data symbol)의 Power에 의해 Initial decision의 신뢰도가 떨어져 성능이 저하 될 수 있다. 그러므로 성능 향상을 위한 DPCCH와 DPDCH의 Power ratio의 최적 값을 구하기 위해 Fading 환경에서 5명의 사용자로 시뮬레이션 한 결과 3 : 7 (DPCCH:DPDCH) 또는 4 : 6 정도에서 가장 좋은 성능을 보였다. 사용자를 10명의로 늘렸을 경우에는 간섭량이 증가함으로 전체적인 성능 저하를 고찰 할 수 있었고 전력비의 최적 값으로는 4 : 6인 경우 보다 3 : 7인 경우가 더 좋게 나타났다. soft decision을 적용하였을 경우에는 전체적인 성능 향상이 예상되며 전력 비가 2 : 8 정도로 DPCCH의 적은 전력 비에 의해서 최적 값을 얻을 수 있을 것을 예상한다. 향후 연구계획으로 single path 이상의 Multipath fading에서 soft decision의 고려와 data를 이용한 위상 추정 고려를 통해 위의 결과를 고찰 할 계획이다.

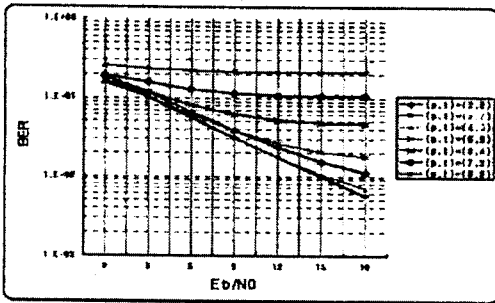


그림 9. DPCCH/DPDCH Power ratio에 따른 BER 성능곡선(PIC/ user 5/ Doppler freq 30Hz)

Fig 9. BER performance curve depending on DPCCH/DPDCH power rate

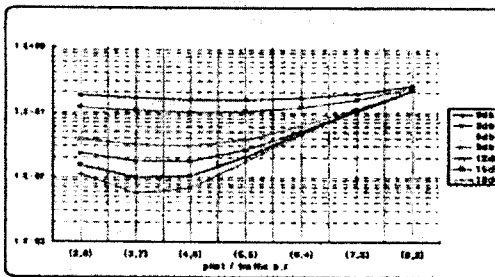


그림 10. 각 db별 성능곡선(user 5/ Doppler freq 30Hz)

Fig 10. Comparison curve of performance each by gain

참고문헌

- [1] 한기철 “국제표준에 제안된 OCQPSK 및 AiSMA기술,” 한국통신학회지 VOL.16 NO.4
- [2] 이우용, 우행석, “IMT-2000의 핵심기술과 표준화 동향”, 주간기술동향 899호, 1999. 6. 9
- [3] Simon Moshavi, Bellcore “Multi-User Detection for DS-CDMA Communications,” IEEE Communications Magazine oct.1996
- [4] TS 25.201 V2.0.0(1999-04) 3GPP(3rd Generation Partnership Project), TSG, RAN, WGI
- [5] TR 45 (Physical Layer Standard for cdma2000 Spread Spectrum Systems)
- [6] Ojanpera Prasad “Wideband CDMA For Third Generation Mobile Communications,” Artech House Publishers
- [7] verdu “Multiuser Detection,” Cambrige
- [8] Andoh H, Sawahashi M, Adachi F, “Channel Estimation Filter Using Time-Multiplexed Pilot Channel for Coherent RAKE Combinig in DS-CDMA Mobile Radip.” IEICE Trans, Commun, Vol.e81b. NO.7 July 1998



강 명 구(Myung-Gu Kang)

1970년 광운대학교 무선통신학과 졸업(공학사)

1981년 건국대학교 대학원 전자공학과졸업(공학석사)

2000년 현재 인천전문대학 통신과 교수

*주관심분야: 방송시스템, 이동통신

조 장 목(Jang-Muk Cho)

1995년 경희대학교 전파공학과 졸업(공학사)

1999년 경희대학교 대학원 전파공학과 졸업(공학석사)

2000년 현재: (주)와이드텔레콤

*주관심분야: 이동통신

진 옹 옥(Yong-Ock Chin)

1975년 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

1980년 통신기술사

2000년 현재 경희대학교 전파공학과 교수, 경희대학교 정보통신대학원 원장, 국어정보학회 회장

*주관심분야: 통신시스템, 감성통신