

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

**강명구 *조장묵 *홍인기 *진용옥

**시립인천전문대학교 통신과, *경희대학교 전파공학과

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

*Myung-Gu Kang, **Jang-Muk Cho, **Een-Kee Hong, **Yong-Ock Chin

**Dep. of Communicatin, Inchun Colleague *Dep. of Radio Engineering, KyungHee University

요 약

본 논문에서는 차세대 멀티미디어 통신인 IMT-2000의 역세스방식으로 제안되고 있는 비동기 W-CDMA(3GPP) System을 적용, 기존의 IS-95와는 달리 Pilot symbol을 이용하여 페이딩채널을 추정하여, 이를 통한 다중사용자 간섭제거 방법으로 PIC(Parallel Interference Cancellation)을 적용하고 DPCCH(Control)과 DPDCH(Data)의 Power Ratio에 따른 성능을 분석하였다. 시뮬레이션 결과 Hard decision 인 경우 사용자5명의 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 나은 성능을 보였다.

I. 서론

차세대 이동 통신 시스템의 역세스방식으로 의견이 모아지고 있는 광대역 CDMA 방식은 무변조 파일럿 신호를 이용하는 북미방식과 파일럿 심벌을 사용하는 유럽 및 일본 방식으로 구분할 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 CDMA2000을 제안하고 있다. 현재 제안되고 있는 IMT-2000의 Physical Layer 기술로써 새롭게 제안되고 있는 특징에는 역방향 링크에 Pilot 채널을 추가하여 채널정보를 추정하는 Coherent Detection이 가능하게 한 것, 저전력 소모 변조방법으로 OCQPSK, 순방향으로 전달되는 역방향 전력제어비트를 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 전력비의 최적화 방안을 찾는 것을 중점으로 W-CDMA의 DPCCH를 이용한 Coherent Detection System에서 Multiuser detection기법 중 PIC(Parallel Interference Cancellation)를 통한 성능 향상을 검증하며, DPCCH(Control)과 DPDCH(Data)의 Power Ratio에 따른 성능을 분석하였다. 2장에서는 Multiuser detection에 대해 언급하고, 3장에서는 프레임구조 및 송·수신단의 구성, 채널모델링을 다루었으며, 4장에서는 W-CDMA 시스템 역방향 링크에서 DPCCH와 DPDCH의 Power ratio에 따른 다중사용자 간섭제거 기법의 시뮬레이션 결과를 비교하고, 마지막으로 5장에서는 결론을 맺는다.

II. Multiuser detection(PIC)

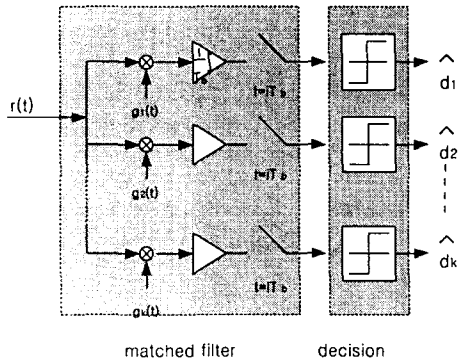
CDMA 방식은 FDMA나 TDMA과는 달리 많은 사용자가 같은 주파수 대역을 효과적으로 사용할 수 있는 대역제한 환경이 아닌 간섭제한 환경이다. 즉 대역내의 간섭을 제거하는 것이 용량 및 성능을 향상시키는 중요한 역할을 한다. 기존의 단일사용자 검출기는 다중사용자에 의한 간섭(MAI : Multiple Access Interference)을 무시함으로써 성능 감소를 가져왔다. 그러므로 이

러한 간섭을 제거하는 기법으로 Multiuser detection이 IMT-2000에 제안되고 있다.[1] Multi-user detection은 Optimal MLSE(Maximal Likelihood Sequence Estimator)와 Suboptimal로 분류된다.[3][6] MLSE는 최적의 신호를 예측 가능하지만 정보비트를 추정하는데 시간이 사용자수에 대하여 지수 함수적으로 증가하므로 현실적으로 구현에 문제점이 많으므로 이를 해결코자 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 Hybrid형이 제안되고 있다. 본 논문에서는 DPCCH와 DPDCH의 전력비에 따른 성능변화에 중점을 두어 Hybrid형이 아닌 PIC기법을 적용하였다.

▶ Received signal Model

$$r(t) = \sum_{k=1}^K A_k d_k g_k(t) + n(t)$$

▶ Conventional detector(기존의 검출기)



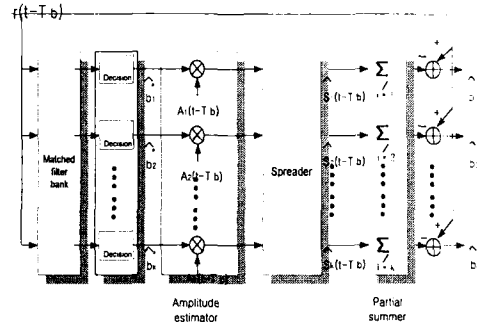
[그림2] Conventional detector(단일 사용자 검출기)

위의 출력신호는

$$\begin{aligned} y_k &= \frac{1}{T_b} \int_{T_b} r(t) g_k(t) dt \\ &= A_k d_k + \sum_{i=1, i \neq k}^K \rho_{i,k} A_i d_i \\ &\quad + \frac{1}{T_b} \int_{T_b} n(t) g_k(t) dt \\ &= A_k d_k + MAI_k + z_k \end{aligned}$$

과 같다. 다중 사용자 간섭이 포함되어 성능저하를 가져온다.[3]

▶ PIC(Parallel Interference Cancellation) detector



[그림2] K사용자에 대한 PIC Detector Block Diagram

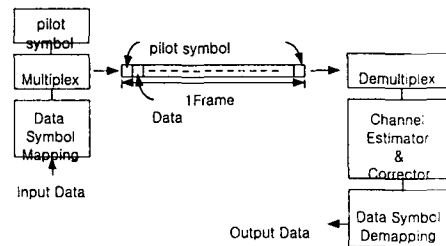
병렬 간섭 제거 (PIC : Parallel Interference Cancellation)는 SIC와는 대조적으로 병렬로 간섭 신호들을 재발생하여 원 신호로부터 빼서 간섭을 제거하는 방법이다. 그 과정은 [그림2]과 같이 같다. 초기 비트 추정값은 정합 필터 검출기의 출력이다. 이들 비트들은 진폭 추정값에 의해 조정되어 지고, 코드에 의해 확산되어진다. 부분적인 덧셈기는 한 입력 신호를 제외한 모든 각 결과에 더한다. 이 값이 바로 각 사용자에 대한 MAI 추정값을 의미한다.

진폭과 지연값을 완전하게 추정하였다고 가정하였을 경우에 k 번째 사용자에 대한 MAI 추정값을 빼준 후의 출력신호는 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$\begin{aligned} r(t-T_b) - \sum_{i \neq k}^K \hat{s}_i(t-T_b) \\ = b_k(t-\tau_k-T_b)A_k(t-\tau_k-T_b)g_k(t-\tau_k-T_b) \\ + n(t-T_b) + \sum_{i \neq k}^K (b_i(t-\tau_i-T_b) \\ - \hat{b}_i(t-\tau_i-T_b))A_i(t-\tau_i-T_b)g_i(t-\tau_i-T_b) \end{aligned}$$

1차원 간섭제거기에서는 위식의 결과(k=1, ..., K)에 의해 데이터 값을 결정하게 된다.

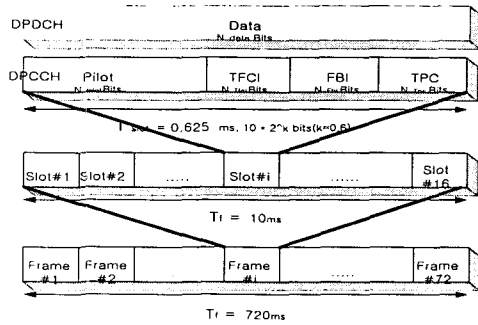
III. Channel 및 System Modelling



[그림3] 송수신기 전체 구조

▶ Frame Structure

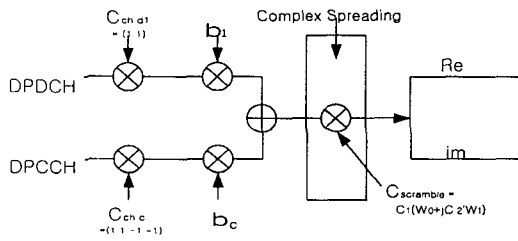
3GPP에서 제안된 W-CDMA의 Reverse link 구조는 Data symbol로 구성된 DPDCH(Dedicated Physical Data channels)과 Pilot symbol, TPC(Transmit Power Control), FBI(Feedback information), TFCI(Transport Format Combination indicator)로 구성된 DPCCCH(Dedicated Physical Control channels)이 한 슬롯으로 이뤄진다. [4]



[그림4] W-CDMA(3GPP) Reverse Link 구조

▶ RX Structure

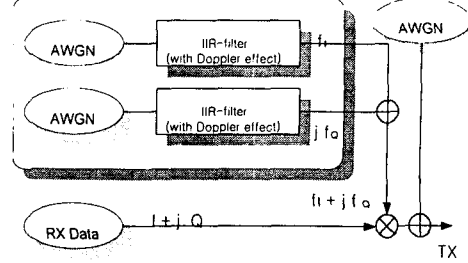
아래 [그림5]는 W-CDMA의 역방향링크 송신단 구조를 나타내었다. Pilot symbol에 의해 채널의 진폭 및 위상을 추정하는데 사용 DPCCCH와 Data symbol을 전송하는 DPDCCH의 구별을 위해 각각 Cch.c 과 Cch.d1을 곱하고, 각 채널에 맞는 이득으로 조정한 후 Scrambling code를 이용하여 Complex spreading 하여 I채널과 Q채널로 나누어져 전송된다.



[그림5] 송신단 모델

다중채널구조에서 전력불균형 문제를 해결하는 동시에 PAR(Peak power 세 Average power Ratio)을 감소시키는 Complex Spreading 방법으로 가능한 매 chip사이에 위상천이가 180도 이하 나지 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 위상의존도에서 발생하는 MAI(multiple access interference)문제를 해결한다.

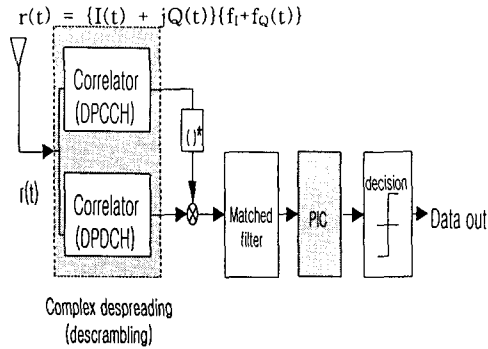
▶ 전송채널모델



[그림6] 채널모델

▶ TX Structure

아래[그림7]로 수신되는 신호는 송신단의 I채널과 Q채널 출력에 페이딩의 영향이 곱해져서 수신된다.[8]



[그림7] 수신단 모델

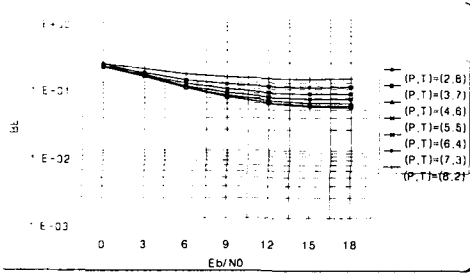
IV. 시뮬레이션 및 결과

▶ 시뮬레이션 환경

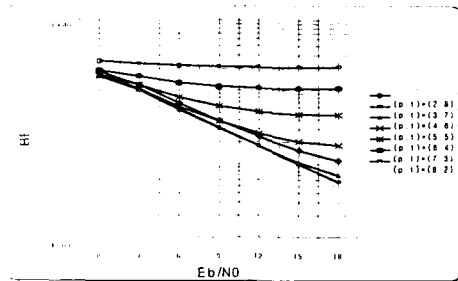
비트율	64kbps	
칩율	4.096Mchps	
차라이득	64	
PN 코드 레지스터수	C_1	41개(주기 $2^{31}-1$)
	C_2	8개(주기 2^8-1)
	$C_{ch,d1}$	S · F 64
	$C_{ch,c}$	S · F 64
OVSF (Orthogonal Variable Spreading Factor)	W_0	(+ +) S · F 2
	W_1	(+ -) S · F 2
SCRAMBLING CODE	$C_1(W_0 + jC_2 \cdot W_1)$	
POWER RATIO	DPCCCH : DPDCCH (Pilot etc : Traffic)	2:8 3:7 4:6 5:5 6:4 7:3 8:2
	변조방식	OCQPSK
다중사용과 채널 간섭치	1	
채널	다중경로 페이딩	
다중경로 페이딩	채널경로수	1 Path

[표1] 시뮬레이션 파라미터

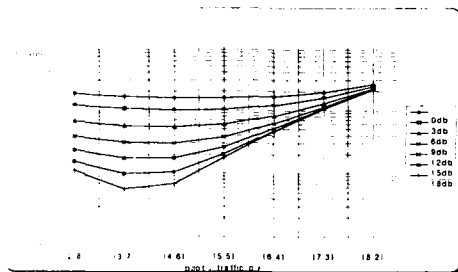
▶ 시뮬레이션 결과



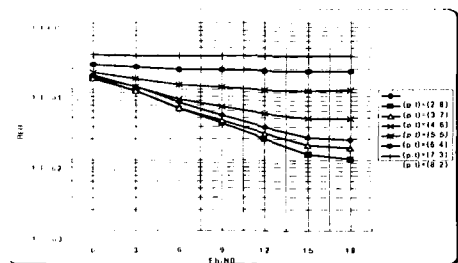
[그림8]DPCCH/DPDCH Power ratio에 따른 BER 성능곡선(convention/ user 5 / Doppler freq 30Hz)



[그림9]DPCCH/DPDCH Power ratio에 따른 BER 성능곡선(PIC / user 5 / Doppler freq 30Hz)



[그림10] 각 dB별 성능곡선 (user 5 / Doppler freq 30Hz)



[그림11]DPCCH/DPDCH Power ratio에 따른 BER 성능곡선(PIC / user 10 / Doppler freq 30Hz)

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 할수있으나 상대적으로 줄어들게되는 DPDCH(Data symbol)의 Power에 의해 Initial Decision의 신뢰도가 떨어져 성능이 저하될 수 있다. 그러므로 성능 향상을 위한 DPCCH와 DPDCH의 Power Ratio의 최적값을 구하기 위해 Fading 환경에서 5명의 사용자로 시뮬레이션한 결과 3 : 7 (DPCCH:DPDCH) 또는 4 : 6 정도에서 가장 좋은 성능을 보였다. 사용자를 10명으로 늘렸을 경우에는 간섭량이 증가함으로 전체적인 성능 저하를 고찰 할 수 있었고 Power Ratio의 최적값으로는 4 : 6인 경우 보다 3 : 7인 경우가 더 좋게 나타났다. (Hard deision)

soft decision을 적용하였을 경우에는 전체적인 성능 향상이 예상되며 Power ratio가 2 : 8 정도로 DPCCH의 적은 전력비에 의해서 최적 값을 얻을 수 있을 것을 예상한다. 향후 연구계획으로 single path 이상의 Multipath fading에서 soft decision의 고려와 Data를 이용한 위상 추정 고찰을 통해 위의 결과를 고찰 해볼 계획이다.

참고문헌

- [1]한기철 "국제표준에 제안된 OCQPSK 및 AiSMA기술," 한국통신학회지 VOL.16. NO.4
- [2]이우용,우행석,"IMT-2000의 핵심기술과 표준화동향", 주간기술동향 899호, 1999. 6. 9
- [3]Shimon 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, WG1
- [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," Cambridge
- [8]Andoh H, Sawahashi M, Adachi F, "Channel Estimation Filter Using Time-Multiplexed Pilot Channel for Coherent RAKE Combinig in DS-CDMA Mobile Radio," IEICE Trans, Commun, Vol.E81B. No.7 July 1998