

빌딩내의 실내 환경을 고려한 WCDMA/TDD 시스템의 성능 분석

°강 도 옥* 우 병 훈** 강 희 조*
*동신대학교 전기전자·정보통신공학부
**전주공업대학 정보통신과
e-mail: douk78@lycos.co.kr

Performance Analysis of WCDMA/TDD with indoor Environment in Building

Do Wook Kang* Byung Hoon Woo** Heau Jo Kang*

* Dept. of Electrical & Electronics Eng. Dongshin Univ.

**Dept. of Information & Communication Eng. Jeonju Technical College.

요약

본 논문에서는 WCDMA/TDD시스템에서 실외 환경에 셀 간 간섭 모델과 빌딩내의 층 간 간섭 모델을 비교하여 성능을 분석하였다. 실내 빌딩 환경에서 층 간 간섭 분석 모델을 고려 시, 건축 자재에 의한 전파 투과손실로 인해 인접 셀로부터 오는 간섭의 영향이 작아짐으로 실외환경을 고려한 셀 간 간섭 모델에 비해 성능이 좋음을 알 수 있었다. 따라서 WCDMA/TDD시스템은 광범위한 교외지역이나 피코 셀로 설계된 도심지역보다 층 간 간섭 모델을 기반으로 둔 빌딩내 사무실 환경을 고려한 시스템 설계에 더 적합할 것이라 사료된다.

1. 서론

3GPP(3rd Generation Partnership Project)는 비대칭 서비스의 수요 증가 예측과 IMT-2000대역 내에서 효율적인 자원 활용과 서비스 제공을 위해 TDD(Time Division Duplex) 방식의 채택 및 운용이 필요하다고 인식되어 표준화작업이 진행되고 있다 [1][2].

TDD 모드에서는 FDD(Frequency Division Duplex) 모드와는 다르게 하나의 주파수 대역에 순방향 링크와 역방향 링크를 시분할 하여 할당하게 된다. 그러나, 빠른 시변 채널에서는 기존의 SIR 기반의 빠른 전력 제어를 적용할 수 없는 단점이 있고, 일반적인 CDMA 시스템에서처럼 다중 접속 간섭(Multiple Access Interference: MAI)에 의해 시스템 성능이 좌우된다^[3]. 특히, TDD 모드에서는 FDD에 비해 상대적으로 낮은 확산계수의 OVSF(Orthogonal

Variable Spreading Factor) 코드(최대 16 chip)와 스크램블링 코드(길이 16 chip)를 사용하기 때문에 다중 접속의 영향에 민감하다^[2].

또한, TDD 시스템에서 가장 중요하게 고려되어야 하는 요소는 가드타임에 대한 설정이다. 셀 내에서 이동국이 기지국으로부터 무작위한 거리에 위치함을 고려하면 기지국으로부터 이동국까지 시간지연은 각각 다를 수 있다. 이때 거리에 따른 전파전파 시간지연(300m/usec)에 의하여 특정위치의 단말기가 수신 모드에서 송신모드로 변화되는 시점에 아직 다른 단말기가 수신모드에 남아 있다면 송·수신 충돌현상이 발생하게 된다. 이러한 문제점을 보완하기 위하여 설계하고자 하는 셀 환경을 고려하여 송신모드와 수신모드 사이에 셀 환경에 의한 최대 전파전파 지연 시간 만큼의 가드 타임(Guard Time)이 필요하게 된다. 그러나, TDD 시스템이 피코 셀이나 인빌딩 목적으로 사용됨을 고려하면 가드 타임이 충분하다 할

수 있다. 따라서 본 논문에서는 피코 셀 환경을 고려하여 간섭분석을 하였다. 또한 기존의 TDD모드 방식을 실내 빌딩환경에서 고려함으로써 층 간 간섭 분석모델을 제안했다.

2장에서는 WCDMA/TDD시스템의 기본적인 내용을 기술하였고, 3장에서는 TDD 간섭분석모델을 실의 셀 간 간섭모델과 제안된 빌딩내의 층 간 간섭 모델로 구성하였다. 그리고 4장에서는 두 간섭분석모델을 분석·비교하고, 5장에서는 결론을 맺는다.

2. WCDMA/TDD 시스템

TDD 시스템은 기본 FDD 방식의 채널 변·복조 방식 상에 큰 차이는 없으며 송신과 수신을 같은 주파수 채널 상에서 시간적으로 순차적으로 교차하여 사용하도록 하는 방식이다. 다음 <표 1>는 UTRA-TDD 시스템과 UTRA-FDD 시스템을 비교하여 정리한 것이다.

<표 1> UTRA-TDD 시스템과 UTRA-FDD 시스템

구분	UTRA TDD	UTRA FDD
다중접속 방법	TDMA, CDMA	CDMA
다중화 방법	TDD	FDD
채널간격	5 MHz	
반송파 chip 속도	3.84 Mcps	
타임슬롯 구조	15 슬롯/프레임	
프레임 길이	10ms	
FEC	컨볼루션 부호화 : R=1/2, 1/3, 구속장 K=9	
인터리빙	프레임간의 인터리빙(10, 20, 40, 80ms)	
변조	QPSK	
버스트 형태	가지 : 통화버스트, 랜덤접속 및 동기버스트	
검파	미드앰블에 기초한 동기	파일럿 심볼에 기초한 동기

UTRA-TDD 시스템은 송·수신 주파수가 분리되지 않은 한 개의 밴드로서 구성된다.

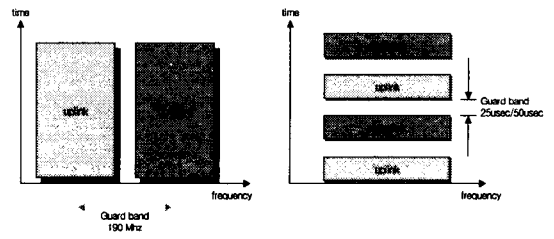


그림 1 FDD와 TDD의 주파수 할당

TDD 시스템에서는 한 프레임 내에서 15개 슬롯을 역방향과 순방향으로 분리하여 할당한다. 이와 같이 할당되는 슬롯의 비율은 변경이 가능하기 때문에 역방향 링크와 순방향 링크의 통화 용량 제어가 가능하다. 순방향 링크에서는 동기 채널을 위하여 15개 슬롯 중 최소 2개의 슬롯 할당이 되어야 하며, 역방향 링크에서는 액세스 채널을 위하여 최소한 1개의 슬롯이 할당되어야 한다.

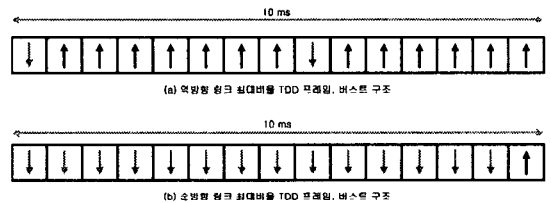


그림 2 역방향 링크 및 순방향 링크의 비대칭 할당 예

송·수신 슬롯이 비대칭으로 할당됨을 고려 시, 순방향과 역방향에 동일한 셀 반경을 위해서는 비대칭 비율만큼 더 큰 출력이 요구된다. 즉 1개의 역방향과 14개의 순방향 슬롯 할당 시 동일한 셀 반경을 확보하기 위해서는 이동국에서 $12\text{dB} (= 10 \times \log(1/15))$ 만큼의 최대 출력 증가가 요구된다. 이러한 면을 최대출력 마진으로 고려 시 TDD방식은 셀 반경이 작은 피코 셀이나 인빌딩 용도로 사용됨이 적절하다.

또한, 15개의 슬롯 중 1,2개만의 슬롯이 순방향 또는 역방향으로 할당 되더라도 FDD 방식에서의 데이터 전송속도가 보장되어야 하며, 이를 위해서는 FDD와는 다른 확산인자(Spreading Factor) 적용이 요구된다. 즉 FDD 방식에서의 확산인자 4~512는 TDD 방식에서는 1~16으로 변경되어 설정된다. TDD 시스템에서는 단말기의 송신출력이 불연속적이다. 이러한 불연속 특성은 가청주파수 대역으로서 음향기에 영향을 미칠 수 있을 수 있다.

TDD 시스템은 역방향 링크와 순방향 링크의 주파

수가 같아서, 기지국 및 이동국이 동일 주파수에서 송신과 수신을 하기 때문에 간섭 영향에 대한 고려가 특별히 요구된다. TDD 시스템 간의 간섭(TDD-TDD Interference)의 경우에는 이동국과 이동국 사이의 간섭, 즉 이동국이 기지국으로 송신한 신호를 인접 셀의 이동국이 수신하는 경우의 간섭이 있을 수 있다. 또한 기지국과 기지국 사이에서도 유사한 간섭이 일어날 수 있다.

또한, TDD 시스템을 비교적 용량이 충분한 FDD 시스템의 특정 대역에 위치시켜 사용할 수도 있는데, 이와 같이 TDD 시스템과 FDD 시스템이 공존하는 경우에는 다음과 같은 간섭들도 고려하여야 한다. 즉, TDD 이동국이 FDD 기지국에 주는 간섭 및 FDD 이동국이 TDD 기지국에 주는 간섭, FDD 이동국과 TDD 이동국 사이의 간섭 등의 영향을 고려하여야 한다.

따라서, UTRA-TDD 시스템은 TDD기지국 사이의 동기를 맞추는 것을 의무사항으로 하고 있다^[4].

3. TDD 시스템의 간섭분석

3.1 실외환경에서 셀 간 간섭분석

그림1은 이동국이 기준 셀에서 가장 멀리 떨어져 있고 인접 셀에서는 가장 가까운 위치에 있을 때 인접 셀에 의한 간섭을 모델화한 것이다.

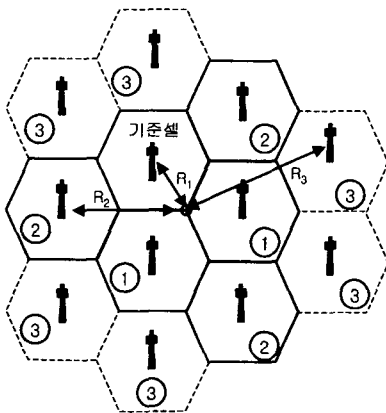


그림 3 실외환경에서 셀 간 간섭 분석 모델

WCDMA/TDD시스템에서 셀 간 간섭을 분석하기 위해 실외에서 피코 셀 환경을 기반으로 간섭분석을 하였다.

$$SNR = \frac{E_b \cdot A^2}{\frac{MUI}{3M} + N_c} \quad (1)$$

$$= \frac{E_b \cdot A^2}{\frac{2K}{3M} + \frac{2(K+1)}{3M} E_b \cdot A^2 \left(\frac{2}{R_1^2} + \frac{3}{R_2^2} + \frac{6}{R_3^2} \right) + N_c} \quad (2)$$

$$SNR = \frac{1}{\frac{2K + (2K+2) \cdot 3.615}{3M} + \frac{1}{\gamma}} \quad (3)$$

여기서, γ 는 신호 대 잡음비(signal to noise ratio)이다.

MUI는 동일 셀내에서 간섭 I_1 과 인접셀로부터의 간섭 I_2 의 합이 된다^[5]. 거리에 따른 인접 셀로부터의 간섭은 감쇠정수 α 에 의해 간섭의 영향을 받는다.

3.2 빌딩 내에서 층간 간섭분석

WCDMA/TDD시스템은 가드타임에 대한 문제점 때문에 피코 셀이나 인빌딩 목적으로 사용된다. 인빌딩 환경에서 적용할 경우, 각 층은 단일 셀로 형성된다. 따라서 셀 간 간섭을 고려한 시스템 분석 시 기존의 횡축 셀 간섭모델은 인빌딩 환경에서 적합하지 않게 된다. 본 논문에서는 인빌딩 환경에서 셀 간섭을 분석하는 모델로 종축으로 형성되는 셀 간 간섭 모델을 제안한다. 간섭분석 모델은 그림 4와 같은 종축 셀 형성 환경에서는 층간 간섭에 대한 영향을 고려해야 한다.

각 층에 대한 간섭의 영향은 층간을 구성하는 건축자재에 따라 감쇠정수 α 에 의해 신호전력이 감소된다. 또한, 투과 층수가 많을수록 감쇠정수 α 가 커지므로 간섭의 영향이 작아짐을 알 수 있다.

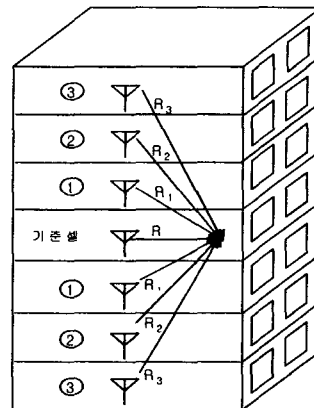


그림 4 빌딩 내에서 층간 간섭 분석 모델

WCDMA/TDD시스템을 빌딩 내에서 고려할 때, 각 건물마다 층간을 구성하는 건축자재의 구성과 종류가 다르지만 약 15~35dB 정도의 전력의 감쇠가 있다^[6]. 본 논문은 층 간을 구성하는 건축자재로 콘크리트와 석고보드를 고려하여 신호감쇠 dB를 일정치로 두고 감쇠정수 α 를 책정하고 이러한 간략화된 층간 간섭분석모델을 기반으로 SNR을 산출하였다.

$$SNR = \frac{E_b \cdot A^2}{\frac{2K}{3M} + \frac{2(K+1)}{3M} E_c \cdot A^2 \left(\frac{2}{R_1^{\alpha}} + \frac{2}{R_2^{\alpha}} + \frac{2}{R_3^{\alpha}} \right) + N_0} \quad (4)$$

$$= \frac{1}{\frac{2K + (2K+2) \cdot 2.434}{3M} + \frac{1}{r}} \quad (5)$$

<표 2> 건축자재 종류별 전파의 투과손실[7].

시료(두께)		단위 (dB)			
		457	920	1450	2200
칸막이	본판(15mm)	0.7	2.6	2.7	3.5
	석재보드(7mm)	0.0	0.3	0.2	3.5
외벽재	벽돌(60mm, 방수용)	6.0	1.9	3.1	5.8
	슬레이트(11mm)	0.2	2.7	3.4	4.5
	기와(15mm)	1.5	1.1	3.3	8.1
	콘크리트 (100mm)	4.6	4.9	7.6	10.9
단열재	열차단 필름	25.9	22.6	22.3	25.2
	단열용 유리벽	19.2	36.1	38.6	37.1

4. 시스템 성능해석 및 검토

<표 3>의 파라미터를 기반으로 빌딩내의 셀 환경을 고려하였으며 실외의 셀 환경에서 간섭과 비교 분석하였다.

<표 3> performance Analysis Parameter

Length of PN Code(M)	64
Number of User	5,8
콘크리트 15cm 투과손실	16.35dB
석고보드 투과손실	3.5dB
건물규모	20m×20m
층간높이	3.5m
Modulation	QPSK
Convolution Coding	R=1/3, K=9

그림 5.6은 동시 접속 user에 따라 실외환경에서 셀 간 간섭 BER과 빌딩내의 환경에서 층간 간섭에 의한 BER을 비교한 것이다.

동시 접속 user가 5명일 때, BER^{10⁻⁴}을 기준으로 1.3dB의 이득이 있음을 알 수 있었고, 동시 접속 user가 10명일 때, 3.8dB의 이득이 있음을 알 수 있었다. User수가 3명 증가함에 따라 실외환경에서는 약 10⁻²이상의 성능이 열화하는 것을 알 수 있었으며 빌딩내의 환경에서는 10⁻³정도의 성능이 열화하는 것을 볼으로써 user수의 증가에 따라 BER이 감소함을 알 수 있었다. 따라서 CDMA/TDD시스템은 user수의 증가에 매우 민감하고 제안된 층간 간섭분석모델을 기반으로 빌딩내의 환경에서 적용할 경우 실외 환경에서 셀 설계보다 BER이 더 좋아짐을 알 수 있었다.

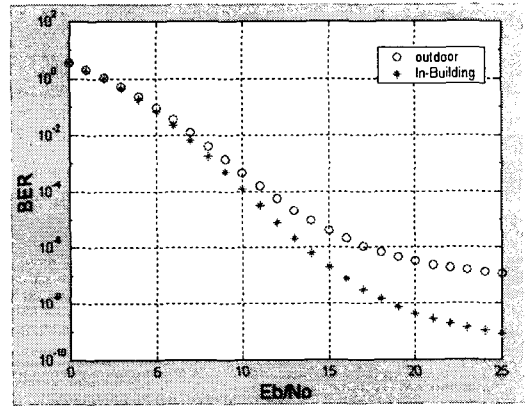


그림 5 User Number=5일 때 간섭 분석

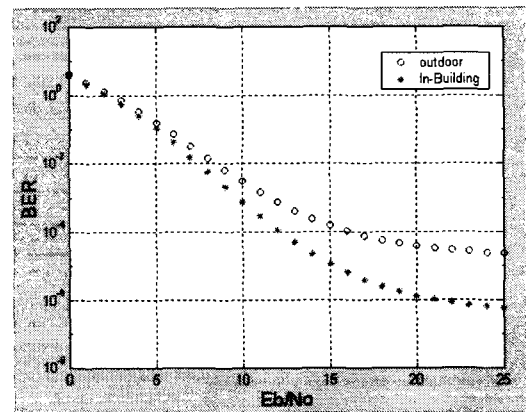


그림 6 User Number=8일 때 간섭 분석

5. 결론

WCDMA/TDD시스템에서 설 설계를 건물 내에 고려하여 층간 간섭모델을 제안하였다. 해석된 전파환경의 구조는 다수개의 층으로 이루어지는 고층건물 이었고, 이 건물의 층간 간섭분석을 하였다. 층간 간섭모델을 통해 분석한 결과 실외환경을 고려한 WCDMA/TDD시스템보다 더 낮은 성능을 보이는 것을 알 수 있었다. 따라서 WCDMA/TDD시스템은 광범위한 교외지역이나 피코 셀로 설계된 도심지역보다 층간 간섭 모델을 기반으로 둔 빌딩내 사무실 환경을 고려한 시스템 설계에 더 적합할 것이라 사료된다.

6. 참고문헌

- [1] M. Haardt, A. Klein, R. Koehn, S. Oestreich, M. Purat, V. Sommer, and T. Ulrich, "The TD-CDMA Based UTRA TDD Mode," IEEE Journal of Selected Areas in Comm., vol. 18, pp. 1375~1385, Aug.2000.
- [2] Harri Holma and Antti Toskala, WCDMA for UMTS-Radio Access For Third Generation Mobile Communication. 2000.
- [3] G. J. R Povey, M. Nakagawa, "A review of Time division duplex-CDMA techniques," Spread Spectrum Techniques and Applications, 1998.
- [4] 이상근, 방효창, IMT-2000 CDMA 기술, pp.438~449.
- [5] 우병훈, "DS-CDMA/DPSK 셀룰라 이동통신시스템의 성능 분석," 한국항공대학교 석사학위논문, 1994.
- [6] K. M. Ju, C. C. Chiang, H. S. Liaw, and S. L. Her, " Radio propagation in office buildings at 1.8GHz," in 7th IEEE Int. Symp. PIMRC '96, vol. 3, pp. 766~770, Oct. 1996.
- [7] 문용규, "실내환경에서 BPSK DS/CDMA 근거리 통신망의 전파손실에 관한 연구," 숭실대학교 석사학위논문, 1993.