W-CDMA와 cdma2000 시스템간의 가드 밴드 및 전파간섭에 관한 분석

°박진아*, 박승근**, 조경록*
충북대학교*, 한국전자통신연구원**

Analysis of the Guard Band and the Radio Interference between W-CDMA and cdma2000 Systems

°Jin-A Park*, Seung-Keun Park**, and Kyoung-Rok Cho*
Chungbuk National University*, ETRI**

Abstract

본 논문은 IMT-2000용 동기(cdma2000) 및 비동기(W-CDMA) 통신시스템간의 가드 밴드와 전파간섭에 관한 것으로, ITU-R SM.337-4 권고(안)과 수신필터 특성을 반영한 ACIR(Adjacent Channel Interference Ratio) 표준규격을 IMT-2000의 특징인 다층 셀 구조에 적용하여 두 시스템간의 가드 밴드로 1.5625MHz를 제안했다.

1. 서 론

ITU-R의 WARC-92 회의에서는 IMT-2000의 지상 FDD(Frequency Division Duplex) 주파수 대역으로 1920~1980MHz(UL: Up Link)와 2110~2170MHz(DL: Down Link)를 지정하였고, TDD(Time Division Duplex) 주파수 대역으로 1885~1920MHz와 2010~2025MHz를 각각 분배하였다[1]. 그리고 IMT-2000의 지상 이동용 CDMA FDD 무선전송 표준규격은 3GPP의 비동기방식(W-CDMA)과 3GPP2의 동기방식(cdma2000)이 있다.

2000년 7월, 정보통신부는 국내 IMT-2000의 표준을 복수표준으로 정하고, 비동기 통신사업자로 KT와 SKT를 선정하였으며, LG-하나로통신 컨소시엄을 동기 통신사업자로 정하였다. 그리고 현재 정보통신부는 UL 대역기준으로 IMT-2000 통신사업자에게 각 20MHz를 할당할 계획인데, 각 통신사업자는 TDD 통신시스템과의 전파간섭을 우려하여 1885~1920MHz과 인접한 주파수 대역을 기피하고 있다. 이와 관련하여 ITU-R WP 8F 산하 Spectrum Working Group에서는 TDD 통신시스템과 FDD 통신시스템의 주파수 공유조건을 연구하고 있으며, 동기 및 비동기 통신시스템간의 채널간격을 5MHz로 권고하고 있지만, 구체적인 분석결과는 없는 실정이다[2].

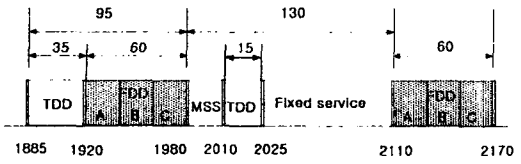
참고문헌 [3]은 동기와 비동기 통신시스템의 가드 밴드 및 전파간섭에 관한 연구결과로서, PCS 주파수 할당에 기초하여 W-CDMA와 cdma2000의 가드 밴드를 625kHz로 제시하고 있으며, 발사마스크에 의한 간섭전력을 기준으로 W-CDMA와 cdma2000의 이격 거리를 제안했다.

그러나 일반적으로 상이한 통신방식이 인접했을 경우에는 한 채널정도가 가드 밴드의 크기로 적절하므로, 참고문헌 [3]의 가드 밴드 625kHz는 ITU-R SM.337-4 권고(안)의 전파간섭 분석에 의해서 검토할 필요가 있다.

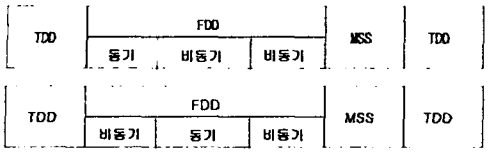
그러므로 본 논문에서는 SM.337-4 권고(안)에 의해서 IMT-2000의 다층 셀 구조를 고려한 전파간섭을 분석하여 1.5625MHz를 W-CDMA와 cdma2000간의 적절한 가드 밴드로 제안했다.

2. 국내 주파수 현황

현재 국내 IMT-2000용 주파수 분배는 (그림 1)과 같고, FDD 대역 안에서의 동기 및 비동기 통신시스템의 주파수 할당계획은 (그림 2)와 같은 두 가지 방식이 고려되고 있다.

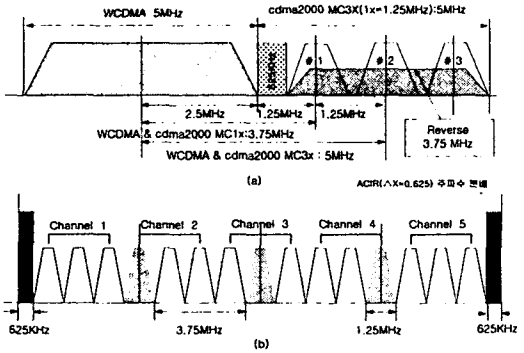


(그림 1) 국내 주파수 분배 현황



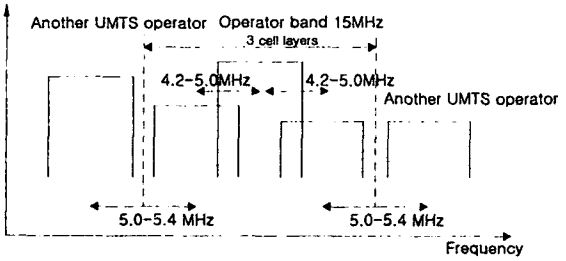
(그림 2) 주파수 할당(안)

국내 IMT-2000 주파수 현황을 살펴보면, 동기 및 비동기 통신사업자의 인접 주파수 사용은 필연적이므로, W-CDMA와 cdma2000 표준규격에 기초한 가드 밴드의 분석이 필요하다. 그리고 참고문헌 [3]은 (그림 3a)와 같이 동기 및 비동기의 가드 밴드로 625kHz를 제안하고 있으므로, 동기 통신시스템의 MC3X 채널 수는 (그림 3b)와 같이 5개이다.



(그림 3) W-CDMA와 cdma2000 가드 밴드

유럽의 UMTS 경우는 동기 통신시스템이 없고 비동기 통신시스템만 있는데, 참고문헌 [4]는 채널간격 5MHz를 기준으로 두 통신사업자간의 가드 밴드를 최대 400kHz 안에서 권고하고 있다(그림 4).



(그림 4) 유럽의 UMTS 주파수 할당

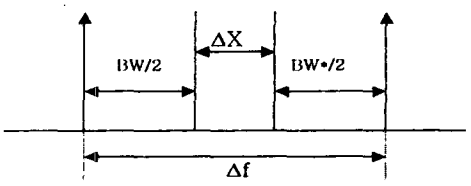
3. 가드 밴드 분석

일반적인 CDMA 통신시스템의 채널간격은 다음과 같은 식에 의해서 결정된다.

$$\text{채널간격}(\Delta f^*) = \text{Chip Rate} \times (1 + \alpha)$$

W-CDMA의 표준규격은 채널필터의 Roll-off 계수인 Alpha 및 칩 속도를 각각 0.22와 3.84Mcps로 정하고 있으므로, 채널간격은 적어도 4.685MHz이상이 되어야 한다. 만약에 W-CDMA의 채널간격이 5MHz라면, 두 채널사이의 가드 밴드는 0.315MHz가 되는데, 이러한 채널간의 가드 밴드는 Amp에 의해서 발생되는 인접채널간의 간섭을 완화해주는 역할을 한다.

본 논문에서는 (그림 5)와 같이 채널간격과 가드 밴드를 정의했다.



(그림 5) 가드 밴드의 정의

즉, 가드 밴드 ΔX는 서로 다른 두 시스템의 채널 중심주파수 거리 Δf에서 BW/2+BW*/2를 뺀 값으로 BW와 BW*는 두 시스템의 대역폭이다.

본 논문에서는 간섭전력을 구하기 위해 ITU-R SM.337-4의 다음 식을 이용한다.

$$I = P_t + G_t + G_r - L - FDR(\Delta f) \quad (1)$$

여기서, P_t는 간섭 송신기 전력(dBm)이고, G_t는 간섭기 안테나의 이득(dBi)이며, G_r는 수신기 안테나의 이득(dBi)이고, L은 간섭기와 수신기 사이의 경로손실이다. 그리고 FDR(Frequency dependent rejection)은 다음과 같이 표현된다.

$$FDR(\Delta f) = 10 \log \frac{\int_0^\infty P(f)\,df}{\int_0^\infty P(f)\,|H(f+\Delta f)|^2\,df} \quad \text{dB}$$

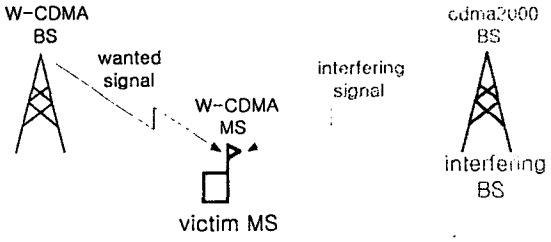
여기서, P(f)는 중심주파수에 상응하는 간섭신호의 전력 스펙트럼 밀도(IF)이고, H(f)는 수신기의 주파수 응답이다. 그리고 Δf는 간섭 송신기의 채널 중심 주

파수에서 수신기의 채널 중심주파수를 뺀 것이다. 즉, △f=BW/2+BW*/2+△X이다. 또한, FDR(△f)를 가드 밴드인 △X로 표현한 FDR(△f-(BW/2+BW*/2))를 간단히 ACIR(△X)로 정의하면, 식(1)을 식(2)와 같이 표현할 수 있다.

$$I_{max} = P_t + G_t + G_r - L - ACIR(\triangle X) \qquad (2)$$

여기서, 식(2)의 I_{max}는 최대허용 간섭전력 기준치이다.

본 논문에서는 (그림 6)과 같이 Down Link의 환경에서 W-CDMA 단말기에 미치는 cdma2000 기지국의 영향을 분석하는 전파간섭 모형을 중심으로 동기와 비동기 통신시스템의 가드 밴드를 분석하였다. 다시 말하면, W-CDMA 단말기의 Root Raised Cosine 필터(alpha=0.22)에 누설되는 cdma2000 기지국의 스펙트럼을 중심으로 구한 ACIR(△X) 값을 인용하여 식(2)의 경로손실 값을 계산한다[5].



(그림 6) DL의 전파간섭 구성도

본 논문에서는 상기와 같은 전파간섭 환경에서 IMT-2000의 다층 셀 구조를 고려하여 W-CDMA와 cdma2000을 macro cell, micro cell, pico cell로 나누고 각각의 경로손실 식으로 <표 1>과 같이 적용하였다.

<표 1> cell type에 따른 전파모델

구분		cdma2000 Base Station		
		macro	micro	pico
W-CDMA MS	macro	LOS	Vehicular	Outdoor to Indoor
	mciro	Vehicular	N-LOS	Outdoor to Indoor
	pico	Outdoor to Indoor	Outdoor to Indoor	Indoor

<표 1>에 사용된 전파환경은 두 시스템의 기지국 위치에 따라 결정이 되는데, macro는 지붕 위에 위치한 경우이고, micro는 지붕 아래 위치한 경우, 그리고 pico는 건물 내부에 위치한 경우이다.

<표 1>의 각 전파환경에 따라 적용되는 전파모형은 다음과 같이 다섯 개이고, 최대로 허용되는 간섭전력 기준치는 <표 2>와 같다.

○ LOS(Line-of-Sight) Propagation model (R=m)

$$L = 40.7 + 20\log(R) \qquad 1 \le R \le d_{break}$$
$$L = 40.7 - 20\log(d_{break}) + 40\log(R) \qquad R \ge d_{break}$$

$$d_{break} = \frac{4 \times h_{TX} \times h_{RX}}{\lambda}$$

○ Vehicular Propagation model (R=km)

$$L = 130.5 + 37.6\log(R)$$

○ Non-LOS Propagation model (R=m)

$$L = 28 + 40\log(R)$$

○ Outdoor to indoor Propagation model (R=km)

$$L = 151.4 + 40\log(R)$$

○ Indoor Propagation model (R=m)

$$L = 70.5 + 30\log(R)$$

<표 2> 최대허용 간섭전력 기준치(Imax)

Cell Type	Typical values of I_{max} (dBm)
Macro	-99
Outdoor Micro	-90
Indoor Pico	-84

최대허용 간섭전력 기준치를 기준으로 식(2)의 경로손실, L을 구하기 위한 RF 파라미터는 <표 3>과 같다.

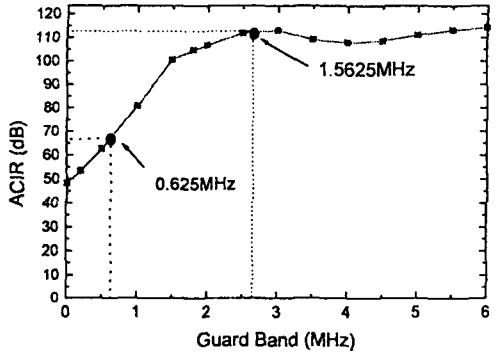
그리고 식(2)의 ACIR(△X) 값은 <표 4>와 (그림 7)과 같다.

<표 3> W-CDMA/cdma2000 시스템의 RF 규격

Parameters	BS	MS
Power (dBm)	Macro : 43	21
	Micro : 30	
	pico : 24	
Antenna GAin (dBi)	Macro : 15	0
	Micro : 6	
	pico : 0	
Antenna Height (m)	Macro : 30	1.5
	Micro : 6	
	Pico : 6	

<표 4> ACIR(△X)

Guard Band (MHz)	ACIR (dB)	Guard Band (MHz)	ACIR (dB)
0.0	48.4	3.0	113.1
0.2	53.6	3.5	109.1
0.5	62.7	4.0	107.9
1.5	81.0	4.5	108.6
1.8	100.6	5.0	111.1
2.0	106.7	5.5	113.2
2.5	111.9	6.0	114.2



(그림 7) ACIR(△X)

참고문헌 [3]에서 제안한 가드 밴드 625kHz를 기준으로 W-CDMA MS와 cdma2000 BS의 전파 무간섭을 보장하는 두 무선국의 공간거리는 <표 5>와 같은데, 실제 IMT-2000 서비스의 운용에서 전파간섭이 우려되는 전파환경은 macro-macro와 macro-micro이다.

<표 5> ACIR(△X=0.625)의 MCL 계산 결과

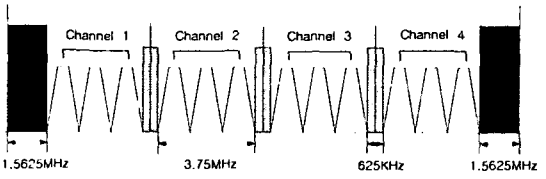
구분		cdma2000 BS		
		macro	micro	pico
W-CDMA MS	macro	L= 87 dB R= 206.5m	L= 60 dB R= 13.33m	L= 43 dB R= 1.95m
	micro	L= 87 dB R= 69.6m	L= 60 dB R= 6.31m	L= 43 dB R= 1.95m
	pico	L= 87 dB R= 24.55m	L= 60 dB R= 5.19m	L= 43 dB R= 0.121m

일반적으로 동일 시스템 안에서 채널간의 가드 밴드로는 채널간격의 1/2정도면 충분하므로, 본 논문에서는 동기 통신시스템의 DL 20MHz 대역 안에서 cdma2000 MC3X 채널간의 가드 밴드를 채널간격의 1/2인 625kHz로 정하면, W-CDMA와 cdma2000과의 가드 밴드는 1.5625MHz로 되어, ACIR(△X=1.5625)는 113dB이다. <표 6>은 ACIR 113dB를 기준으로 W-CDMA MS와 cdma2000 BS의 전파 무 간섭거리를 식(2)에 의해서 계산한 것으로, 모든 전파환경에 대하여 W-CDMA MS와 cdma2000 BS와의 전파간섭 현상은 발생되지 않는다.

<표 6> ACIR(△X=1.5625)의 MCL 계산 결과

구분		cdma2000 BS		
		macro	micro	pico
W-CDMA MS	macro	L= 40 dB R= 9.22m	L= 13 dB R= 0.75 m	L= 2 dB R= 0.18m
	micro	L= 40 dB R= 3.9m	L= 13 dB R= 0.42 m	L= 23 dB R= 0.18m
	pico	L= 40 dB R= 1.6m	L= 13 dB R= 0.36m	L= 23dB R= 0.005m

그러나 가드 밴드 1.5625MHz는 20MHz 대역 안에서 MC3X의 채널 수를 4개로 제한하게 되므로, 시스템의 용량을 감소시키는 단점이 있다.



(그림 8) 제안한 주파수 분배

5. 토 의

본 논문에서는 ITU-R SM.337-4 권고(안)과 ACIR(△X)을 이용하여 동기 및 비동기 통신시스템간의 가드 밴드를 1.5625MHz로 제안하고, 동기 통신시스템의 MC3X 채널간의 가드 밴드로는 625kHz를 제안하였다.

이와 같은 가드 밴드는 MC3X의 채널 수를 1개 줄이는 단점이 있으나, IMT-2000의 다층 셀 구조 환경에서 동기와 비동기 통신시스템과의 전파간섭은 발생되지 않는 장점이 있다. 그리고 이와 관련하여 향후에 더 연구를 해야 할 분야는 Monte-carlo 방법을 이용한 UL의 전파간섭 분석이다.

[참고문헌]

[1]IMT-2000 주파수 및 기술기준 연구, 한국전파진흥협회

[2]Chairman Report working-Party 8F, "Report of the fifth of WP8F," stockholn, 27 Jun. - 3 Jul. 2001

[3]Republic of korea, "Carrier channel spacing for co-eistence between INT-DS(W-CDMA) and IMT-MC(cdma2000) in adjacent Bands," 7 Aug. 2000.

[4]Ramjee Prasad and Tero Ojapera, "An overview of CDMA evolution toward wide-band CDMA," *IEEE Communication Surveys*, Vol. 1, pp. 2-29, 1998.

[5]Siemens AG, "Co-existence of FDD and TDD LCR (TD-CDMA) operating in adjacent bands," Delayed contribution, 4 Oct. 2001.