

4세대 이동통신용 기술기준에 적합한 TDD 기반의 점유주파수 대역폭 도출

준회원 현 영 주*, 정회원 이 영 환**, 장 동 원**, 김 경 석*

Calculation of TDD-based Occupied Frequency Bandwidth in Technique Criteria for 4G Mobile Communication

Young-ju Hyun* *Associate Member*,
Young-hwan Lee**, Dong-won Jang**, Kyung-seok Kim* *Regular Members*

요 약

사용자 요구의 다양화와 그에 따른 트래픽 증가 등 현재의 IMT-2000 기반에서 수용할 수 없는 보다 복잡한 이동 멀티미디어 환경이 도래하고 있다. 이러한 이동 멀티미디어 서비스를 원활히 제공하기 위해 ITU-R을 중심으로 한 전 세계 이동통신 업계는 이미 4세대용 시스템 규격 및 개발에 상당한 진전을 보이고 있다. 본 논문에서는 4세대 이동통신용 기술기준을 기존의 3.5세대인 WiBro의 기술기준을 근간으로 하여, 주요 기술기준 파라미터를 분석하였다. 또한 주요 기술기준 중 송·수신측의 공통요소인, 점유주파수 대역폭을 WiBro의 기술기준을 참고하여 도출하였으며, 모의실험을 통해 검증하였다. 따라서 본 논문의 결과를 4세대 이동통신용 점유주파수 대역폭으로 제안한다.

Key Words : 4G, Beyond IMT-2000, 3G Evolution, 3G LTE, 802.16m

Abstract

The new wireless multimedia environment is coming because of the variety of an user requirement and a traffic increase which we can not accept in the IMT-2000 present systems. To offer the wireless multimedia service the world wireless communication company which included the ITU-R is developing the standard and technique of 4G systems. We analyzed the technique criteria of the 4G wireless communication system in this paper which is based on that of WiBro System. We referred to the technique criteria of the WiBro system and deduced an occupied frequency bandwidth which is the common element of the uplink and downlink system among main wireless communication technique criteria. And we verified this through the simulation. So we proposed the occupied frequency bandwidth for 4G wireless communication in this paper.

I. 서 론

3G Evolution 및 Beyond IMT-2000 시스템의 시장 규모는 현재의 3G 시스템보다 크게 확대될 것

으로 전망 된다. 따라서 이동통신 분야의 기술적인 우위와 시장선점을 위해 3G Evolution 및 Beyond IMT-2000의 적극적인 표준화가 필요하다. 지금까지의 활동을 살펴보면, 1987년 FPLMTS(Future

* 충북대학교 전자공학과 (bbang7101@naver.com, kseokkim@chungbuk.ac.kr)

** 한국전자통신연구원 ({yhwan, dwjang}@etri.re.kr)

논문번호 : KICS2007-03-130, 접수일자 : 2007년 3월 21일, 최종논문접수일자 : 2007년 6월 27일

Public Land Mobile Telecommunication System) 연구 활동으로 시작된 3세대 이동통신 (IMT-2000)은 1992년 IMT-2000용 세계 공용 주파수 확정, 1997년 무선전송 후보기술의 접수, 2000년 IMT-2000 기술 표준 확정 등 일련의 표준화 활동에 뒤따라 2001년 세계 첫 상용서비스를 제공하고 있다. 이에 따라 세계 이동통신업계의 화두는 IMT-2000에서 4세대 이동통신, 특히 표준화 활동으로 옮겨가고 있다. 표준화 활동이 산업전반에 끼치는 영향을 IMT-2000에서 충분히 경험한 바 있는 세계 이동통신업계로서는 4세대 이동통신 표준에 대한 관심 증폭은 당연하다고 할 수 있을 것이다. 표준화를 담당하고 있는 ITU-R에서는 IMT-2000 표준화 활동이 완료됨에 따라 그 동안 표준화 활동에 중심에 있었던 TG8/1을 해체하고 IMT-2000 성능향상과 차기 이동통신 시스템 (Beyond IMT-2000 system)을 다루기 위한 WP-8F (Working Party 8F)를 신설하여 표준화를 추진 중에 있다¹⁾.

본 논문에서는 4세대 이동통신 (Beyond IMT-2000 system)에 대한 표준화 동향 및 기술기준의 점유주파수 대역폭을 도출하여 제시하고자 한다.

II. 4세대 표준화 동향

타 시스템과 비교할 경우 Beyond IMT-2000 시스템이 제공할 수 있는 서비스의 최대범위는 현재 IMT-2000이 제공하는 이동성을 모두 지원하면서 IMT-2000이 제공하는 것 이상의 고속 서비스를 제공하는 것이다. Beyond IMT-2000 시스템이 제공할 수 있는 최대 전송 속도 값은 추후 결정되어야 할 것이나, 현재의 논의로 보아 최소 10Mbps 이상이 될 것으로 예상된다.

현재 ITU-R에서는 이동통신 서비스 종류를 6개로 구분하여 2010년도 예상되는 이동통신 트래픽을 예측하였고(ITU-R M.2023), 예측결과를 이용하여 IMT-2000 서비스 제공을 위한 추가 주파수대역을 지역별로 권고하고 있다.

3G Evolution / Beyond IMT-2000의 기술에 관련해서는 현재까지 상용화 된 것은 없는 상태이다. 가까운 장래에 구현될 3G Evolution은 크게 Mid-term Evolution과 Long-term Evolution으로 나눌 수 있다. Mid-term Evolution은 현재 3GPP 및 3GPP2에서 규격화 작업 중인 MBMS (Mobile Broadcast and Multicast Service) 및 HSxPA (High Speed

Downlink/Uplink Packet Access) 방식들이 이에 속하고 Long-term Evolution은 고속 무선 접속 기술, MBMC (Multi Band Multi Carrier) 기술 등이 이에 속한다²⁾.

III - I. 4세대 이동통신용 기술기준에서 고려중인 예상 물리계층 파라미터

표 1은 WiBro 및 3G LTE와 Beyond IMT-2000의 주요 물리계층 파라미터를 나타내고 있다. 표준화 항목에서 제시한 다중접속방식, 셀 간 간섭

표 1. WiBro, 3G LTE와 4G의 예상 파라미터

	WiBro I/II	3G LTE	IMT-Advanced(4G)
주파수 대역	2.3 ~ 3.4GHz 미정	2G / 3G 대역	3.4 ~ 4.2GHz, 4.4 ~ 5.0GHz, 470 ~ 806/862MHz 등
대역폭(MHz)	I : 10 II: 10, 20, 40	1.25/2.5/5 10/15/20	5/10/20 40/80 (100)
Duplexing 방식	TDD	FDD & TDD	FDD & TDD, Hybrid
변조방식/ 다중접속	OFDMA	DL : OFDMA, OFDM-CDMA UL : SC-FDMA, OFDMA	DL : OFDMA, MC-CDMA 등 UL : SC-FDMA, OFDMA 등
최대 전송률	I : ~ 50Mbps II : ~ 100Mbps	DL : 100Mbps/20MHz UL : 50Mbps/20MHz	100Mbps - 1Gbps
이동성	I : 120Kmph II : 미정	250Kmph	>350Kmph
셀 커버리지	Micro/pico	Macro/micro	Macro/micro/pico /hot spot/relay link (다중모드 동작)

표 2. IEEE 802.16m의 주요 파라미터

Feature	802.16m
Duplexing Modes	TDD, FDD
Channel Bandwidths	5, 10, 20, 40MHz Minimum channel bandwidth : 5MHz support of larger bandwidths : e.g. 40MHz in the form of contiguous and non-contiguous in the BS side should also be considered.
Peak Data Rates (per sector @ 20MHz)	DL : >250Mbps UL : >150Mbps Up to 350Kmph
Mobility	Optimum performance for low mobility should be considered.
Latency	Link-Layer Access : <10ms Hand off : <20ms Idle (->Active time <100ms Sleep (-> Active time <10ms
MIMO Configuration	DL : 2x2, 2x4, 4x2, 4x4 MIMO UL : 1x2, 1x4, 2x2, 4x4 MIMO
Spectral efficiency (per sector)	Peak : DL >12.5bps/Hz, UL >7.5bps/Hz Sustained : DL >3bps/Hz, UL >1.5bps/Hz
Coverage	1/5/30Km Optimal performance at 5Km
Number of VoIP Active Users	>100 users/sector/FDD MHz >50 users/sector/TDD MHz

4세대 시스템에서 여전히 핵심기술이 될 만한 기저/감소, MIMO 기술 등은 향후 2010년 이후의 솔루션으로서 3세대의 Long-term Evolution에서도 규격으로 채택될 가능성이 높다. 따라서 Long-term Evolution 기술들은 4세대로의 유연한 migration path를 제공하고 있다²⁾.

표 2의 자료는 2007년 1월에 개최된 WiMax Forum에서의 발표 자료이다. WiBro Evolution 또는 mobile WiMax의 발전 형태를 802.16m으로 임시 지칭하였으며, 예상되는 주요 파라미터를 발표하였다. 대역폭은 기존에 비해 증가할 것으로 예상하고 있으며, 전송 속도 역시 현재에 비해 많이 향상될 것으로 예측하고 있다. 또한 이동성 측면에서는 350Km/h까지를 예측하고 있다³⁾.

III- II. 4세대 이동통신용 기술기준을 위한 점유 주파수 대역폭 도출 방법

앞의 예상 파라미터를 고려하여 물리계층 파라미터를 선정하였다. 본 시스템은 TDD 접속기반의 20MHz의 대역폭과 40MHz의 전송 대역폭을 고려하였으며, 주파수 대역은 4세대용 후보 주파수 중 하나인 3.4~4.2GHz 대역을 고려하였다. 반송파 주파수는 주파수 대역 중 3.8GHz를 고려하였다. 또한, 지원 이동속도는 3~350Km/h를 고려하였다.

1) 다중화 방식(Duplex)

4세대용 이동통신에서는 앞의 표 1,2.에서 볼 수 있듯이 TDD (Time Division Duplex)방식 및 FDD (Frequency Division Duplex)방식을 둘 다 고려하고 있다. 그러나 본 논문에서는 TDD 방식만을 고려하여 기술기준 파라미터의 점유 주파수 대역폭을 선정하였다.

2) 변조방식/다중접속 OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)

현재 3.5세대 (WiBro) 시스템의 접속방식으로 사용 중에 있으며 유력한 4세대용 변조방식 중 하나이다. OFDM은 전체 대역폭을 작은 sub-carrier channel로 분할하며, 전송될 데이터는 각 sub channel에 분산되어 병렬 전송된다. 저속의 다수 sub-carrier를 병렬 전송함으로써 고속의 전송속도를 얻는 개념이다. OFDM 파라미터를 선정하기 위해서는 시스템이 적용될 대역과 대역폭, 채널 특성 등이 정의 되어야 한다^{4,5)}.

III- III. 4세대 이동통신용 기술기준에 적합한 점유 주파수 대역폭 설계

앞의 자료를 바탕으로 OFDM 기반의 4세대용 점유 주파수 대역폭을 분석 및 선정하였다.

다음의 수식들은 참고문헌⁴⁾를 참조하였다.

• 보호구간의 길이

채널지연 확산에 의한 인접 심볼간 간섭을 방지하기 위해 일반적으로 최대지연 확산보다 크게 설정한다. 시간 영역 윈도우를 사용할 경우, 유효 보호구간의 길이가 감소하므로 이를 고려한다.

$$T_G = \tau_{rms} \times K_M \tag{1}$$

τ_{rms} : ITU-R에서 제시한 모형 가운데 전형적으로 일어나거나 일어날 가능성이 있는 채널 모형 중 가장 큰 값 (4us)

KM : 변조요소(modulation factor), 변조방식 및 지연확산을 고려하여 설정한다. 전형적으로 KM은 2에서 4의 값을 갖는다.

본 논문에서 17.2us와 17.6us의 경우를 고려하였다.

• 데이터 심볼의 길이

OFDM 심볼에서 보호구간의 길이를 제외한 부분의 길이이며, Coherence 대역폭 및 SNR 손실과 coherence 시간에 의해 범위가 결정된다.

부채널간 간격(df)이 정해졌을 경우는 다음과 같다.

$$T_{data,1} = 1 / df \tag{2}$$

전력손실과 데이터 심볼의 길이간의 관계를 이용한 최소 데이터 심볼의 길이는 다음과 같다.

$$10 \log_{10} \left(\frac{T_{data,2} + T_G}{T_{data,2}} \right) \leq L_{loss} (dB) \tag{3}$$

$$T_{data,2} \geq T_G (1 / (10^{L_{loss}/10} - 1))$$

이때 시스템이 허용할 수 있는 최소 데이터 심볼의 길이는 (2), (3)중 큰 값을 설정한다.

보호구간의 길이가 길어질수록 큰 SNR 손실이 발생하므로 SNR 손실을 최소화하기 위해서는 보호구간의 길이에 비례하여 심볼의 길이도 길어진다. 따라서 데이터 심볼의 길이가 보호구간의 길이의 4배

이상이 되면 일반적으로 SNR 손실이 1dB이하가 된다.

4세대 이동통신 시스템은 부채널간의 간격(df)에 관한 특별한 조건이 설정되어 있지 않고 설계 조건에서 허용 가능한 SNR 손실을 1dB 이하로 규정하였다. 본 논문에서는 0.9dB를 고려하여 설계하였다. 보호구간의 길이가 TG 일 때 최소 데이터 심볼의 길이는 다음과 같다.

$$T_{data,min} = T_{data,2} \geq 17.2\mu s \times (1/(10^{0.9/10} - 1)) = 83.6169\mu s \quad (4)$$

데이터 심볼의 길이가 83.6169us 이상일 때 SNR 손실을 1dB 이하로 줄일 수 있음을 알 수 있다.

Coherence 시간을 이용하여 인접 채널간 간섭을 발생시키지 않는 최대 데이터 심볼 길이는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} T_{data,max} &= T_C - T_G \\ &= \frac{1}{2f_d} - T_G \end{aligned} \quad (5)$$

ITU에서 3Km/h, 60Km/h, 250Km/h의 이동속도에 서 고속의 데이터 통신을 요구, 이동속도에 따른 최대 도플러 확산과 coherence 시간은 다음과 같다.

fd,250 = 462.9630Hz
Tc,250 = 1.08ms 이다.

그러나 350Km/h의 이동속도를 고려하기 위해 Coherence 시간과 최대 도플러 이동을 구하면 다음과 같다.

Tc : Coherence time

$$T_c = \sqrt{\frac{9}{16 \times \pi \times f_m^2}} \quad (6)$$

fm : 최대 도플러 이동[Hz]

$$f_m = \frac{v \times f_c}{c} \quad (7)$$

fc : carrier frequency[Hz], 4세대용 주파수의 후보 대역 중 3.4~4.2GHz의 대역을 고려하여 3.8GHz를 선정하였다.

v : 이동 속도

따라서 350Km/h의 이동속도에서 최대 도플러 확산과 coherence 시간은 각각 다음과 같다.

fd,350=1231.2Hz

Tc,350=34.368ms이다.

4세대 시스템에서는 350Km/h의 이동속도를 예측하고 있으므로 최대 도플러 주파수는 1231.2Hz가 됨을 알 수 있다^{6,7)}.

• 전체 부채널의 수

Coherence대역폭 및 FFT의 하드웨어 복잡도 고려하여 부채널의 수를 결정한다. Coherence대역폭 및 최소 부채널 수는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} B_c &\cong 1/2\pi\tau_{ms} = 1/6 \times 4\mu s = 41.7kHz \\ N_{min} &= \left\lceil \frac{BW}{B_c} \right\rceil \end{aligned} \quad (8)$$

Bc : coherence대역폭

Nmin : 최소 부채널 수

팔호는 팔호 안의 수 보다 큰 정수

최소데이터 심볼 길이와 최대 데이터 심볼 길이를 기반으로 2의 n승이 되도록 FFT크기 결정한다.

$$\begin{aligned} T_{data,min} \times f_s &\leq N_{data} \leq T_{data,max} \times f_s \\ N &= \lceil \lceil N_{data} \rceil \rceil \end{aligned} \quad (9)$$

• 유효 부채널 및 대역 효율

일반적으로 유효 부채널의 수는 FFT 크기(모든 부채널의 수)의 83%정도만을 사용한다. 전송 신호의 유효 대역폭(effective bandwidth)은 부채널 간격 및 부채널 수와 깊은 관련이 있다.

샘플링 주파수를 계산하기 위해

$$BW_{eff} = \frac{f_s}{BW} \frac{N_{sc} + 1}{N} = \frac{df(N_{sc} + 1)}{BW} \quad (10)$$

Nsc : 파일럿 반송파와 데이터 반송파를 포함하는 실제 사용되는 반송파의 수

1 : DC 반송파를 의미

BWeff : 대역폭 효율을 의미

$$f_s = \frac{N}{N_{sc} + 1} \times BW \times BW_{eff} = \frac{df(N_{sc} + 1)}{BW} \quad (11)$$

최대 사용가능한 대역폭을 점유하기 위해서 대역폭

효율은 83~95%의 범위에서 설계가 가능하지만 적절한 RF필터링이 요구된다. 즉, 대역폭의 효율이 증가할수록 RF필터의 구현이 복잡하지만, 샘플링 주파수가 증가할수록 대역 효율 증가한다.

IV. 모의 실험 및 분석

앞의 물리계층 파라미터 설계에 의해 얻어진 결과를 표 3, 4에 나타내었다. 각 시스템은 TDD 접속기반의 20MHz의 대역폭과 40MHz의 전송 대역폭을 갖는다.

표 3. OFDM 물리계층_1

Parameter	값
반송파 주파수(fc)	3.8GHz
대역폭	20MHz
점유 대역폭	16.657MHz
대역 효율	83.325%
샘플링 주파수(fs)	20MHz
FFT 크기(N)	1750.4 <math>N < 68376</math> 중 선택 4096
유효 부반송파(Nsc)	3412(83.3%)
부채널간 간격(df)	4.882KHz
데이터 구간(Td)	87.52us~3418.8us 중 선택 204.8us
보호구간(Tg)	17.2us
심볼 구간(Tsym)	222us
보호구간에 의한 SNR 손실	0.9dB
Coverage	1~10Km
기준 RMS 지연확산	4us
최대 전송속도	122.95Mbps (256QAM & code rate = 1)

표 3에서 알 수 있듯이 반송파 주파수는 3.8GHz를 고려하였다. 데이터 구간은 350Km/h의 이동속도 및 FFT 크기를 고려하여 204.8us로 하였다. 보호구간은 17.2us이며, 전체 심볼 구간은 보호구간과 데이터 구간의 합인 222us이다.

인접신호와의 간섭을 고려하여 20MHz의 대역폭이 적절한가를 확인하기 위하여 시뮬레이션을 실행하였다.

앞의 표 3에서 얻어진 각각의 파라미터를 이용하여 기준신호를 발생하였다. 발생한 기준신호와 동일한 파라미터를 갖는 간섭신호를 반송파 주파수만 가변하며, 시뮬레이션을 수행하였다. 기준신호의 반송파 주파수는 3.8GHz이다. 각각의 발생된 신호를 합하여 간섭신호가 기준신호에 미치는 영향을 시뮬레이션을 통해 확인하였다.

그림 1, 2는 각각 20MHz와 18MHz의 반송파 간격을 갖는 경우의 출력으로, 기준신호가 존재할 때

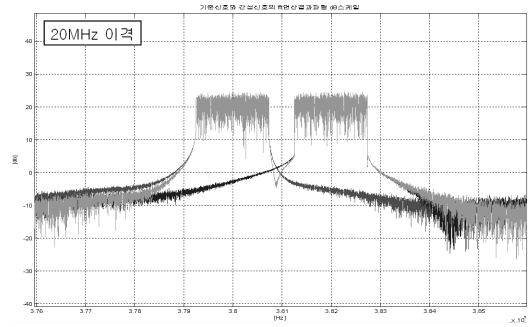


그림 1. 3.8GHz Vs. 3.820GHz에서의 기준신호에 대한 간섭신호의 영향

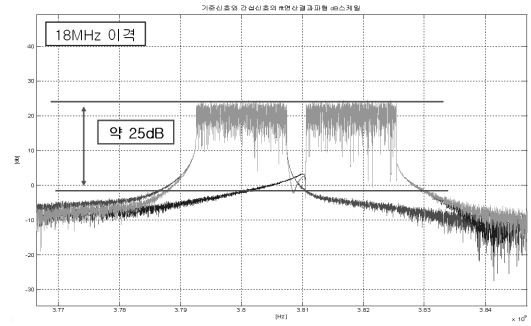


그림 2. 3.8GHz Vs. 3.8180GHz에서의 기준신호에 대한 간섭신호의 영향

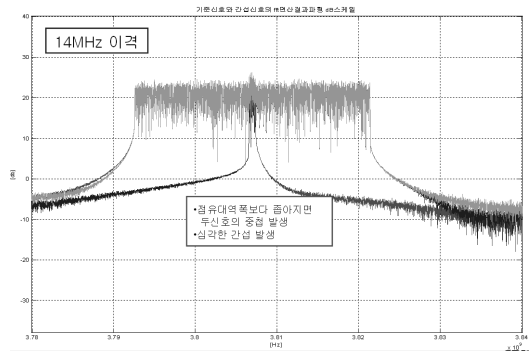


그림 3. 3.8GHz Vs. 3.8140GHz에서의 기준신호에 대한 간섭신호의 영향

간섭신호에 의해 어느 정도 영향을 받는가를 확인한 결과이다. 그림 1은 반송파의 간격이 20MHz인 경우이다. 즉 기준신호와 동일한 신호가 20MHz 떨어진 위치에 존재할 경우 기준신호가 받는 영향을 타나낸다. 그림 1에서 확인할 수 있듯이 약 28dB정도의 신호 대 간섭 비를 나타낸다.

그림 2는 반송파 간격이 18MHz인 경우이다. 발생한 신호의 유효 점유주파수 대역폭이 16.657MHz

표 4. OFDM 물리계층_2

Parameter	값
반송파 주파수(fc)	3.8GHz
대역폭	40MHz
점유 대역폭	33.31MHz
대역 효율	83.325%
샘플링 주파수(fs)	40MHz
FFT 크기(N)	3500.8 <math>N < 136752</math> 중 선택 4096
유효 반송파(Nsc)	3412(83.3%)
부채널간 간격(df)	9.765KHz
데이터 구간(Td)	87.52us~3418.8us 중 선택 102.4us
보호구간(Tg)	17.6us
심볼 구간(Tsym)	120us
보호구간에 의한 SNR 손실	0.9dB
Coverage	1~10Km
기준 RMS 지연확산	4us
최대 전송속도	227.46Mbps (256QAM & code rate = 1)

이므로 18MHz의 반송파 간격에서도 약 25dB의 신호 대 간섭 비를 나타내고 있다.

그림 3은 반송파 간격이 14MHz인 경우이다. 그림 3에서 볼 수 있듯이 유효 점유 주파수 대역폭보다 반송파 간격이 좁아지면 간섭신호와 기준 신호가 합쳐져서 심각한 간섭을 일으킨다.

전송 속도 측면을 고려하여 OFDM 물리계층 파라미터를 40MHz의 대역폭을 갖도록 수정하고, 앞과 동일한 절차로 시뮬레이션을 수행하였다.

표 4는 반송파 주파수를 동일하게 3.8GHz로 고려하였으며, 대역폭을 40MHz로 증가시킨 후 얻어진 결과이다. 데이터 구간은 350Km/h의 이동속도 및 FFT 크기를 고려하여 102.4us로 하였다. 보호구간은 17.6us이며, 전체 심볼구간은 보호구간과 데이터 구간의 합인 120us이다.

20MHz와 동일한 방법으로, 기준신호가 주변의 간섭신호로부터 받는 영향을 고려하여 40MHz의 대역폭이 적정함을 확인하기 위하여 시뮬레이션을 실행하였다. 기준신호를 3.8GHz로 하였고, 간섭신호를 기준신호와 동일하게 발생하고, 반송파 주파수만 변경하며 시뮬레이션을 진행하였다.

그림 4, 5는 각각 40MHz와 36MHz의 반송파 간격인 경우의 출력 결과이다. 유효 점유주파수 대역폭이 33.31MHz이므로 36MHz의 반송파 간격에서도 약 25dB의 신호 대 간섭 비를 나타내고 있다. 그림 6은 기준신호 대 간섭신호의 반송파 간격이 28MHz인 경우이다. 그림 6에서 알 수 있듯이 유효

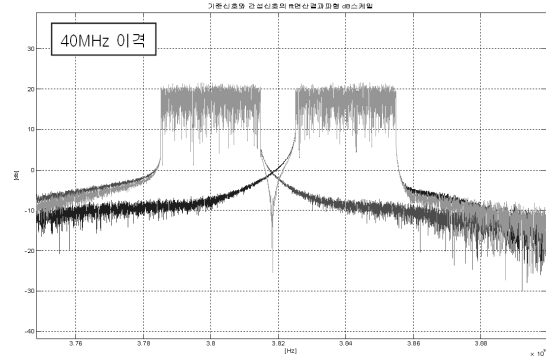


그림 4. 3.8GHz Vs. 3.840GHz에서의 기준신호에 대한 간섭 신호의 영향

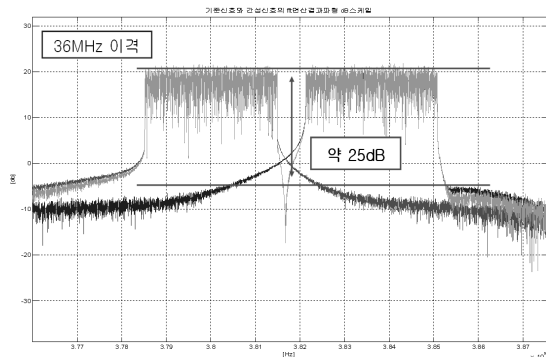


그림 5. 3.8GHz Vs. 3.836GHz에서의 기준신호에 대한 간섭 신호의 영향

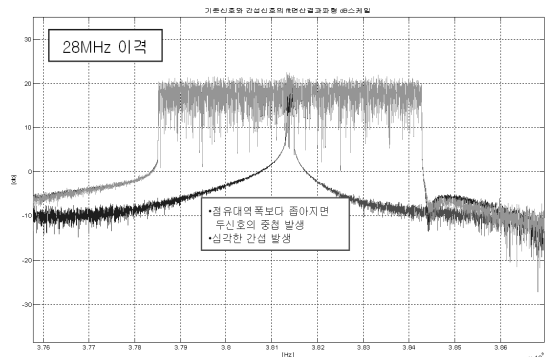


그림 6. 3.8GHz Vs. 3.828GHz에서의 기준신호에 대한 간섭 신호의 영향

점유주파수 대역폭보다 반송파 간격이 좁아지면 간섭신호와 기준신호가 합쳐져서 심각한 간섭을 일으킨다.

V. 결론

20MHz 및 40MHz의 대역폭인 경우, 기준신호와 간섭신호간의 채널 간격을 좁히면서 기준신호에 미치는 신호 대 간섭 비를 확인한 결과 약 25dB 정도로 점유 주파수 대역까지 일정하게 유지되었다. 보통 신호 대 간섭 비가 20dB이상 차이가날 때의 전계강도 값을 수신기의 감도라고 한다. 신호 대 간섭 비가 20dB이상 차이이면 충분히 수신이 가능하므로 일반적으로 이 값을 선정한다. 그러나, 절대적인 수치는 아니며, 제조회사나 수신기에 따라 다소 차이가 있다. 본 논문에서는 25dB를 선정하였으며, 구현상 25dB정도의 차이는 간섭신호의 영향이 심각하지 않음을 의미한다. 그러나 점유 주파수 대역폭보다 채널의 간격이 좁아지면 신호간의 간섭이 크게 증가하는 것을 알 수 있다.

본 논문에서는 많이 고려되고 있는 4세대 이동통신용 물리계층의 대략적 기술기준 근거자료를 토대로 점유 주파수 대역폭을 산정하였다. 앞의 표 3, 4에서 알 수 있듯이 전송 속도 면에서 약 100Mbps와 200Mbps의 성능은 나타내었다. 4세대용 이동통신에서 추구하는 1Gbps와는 많은 차이를 보이지만, MIMO 기술과 접목이 되면 실현 가능할 것으로 사료된다. 따라서 4세대용 시스템에서 OFDM 기반의 TDD 방식을 적용할 경우 앞의 결론처럼 20MHz나 40MHz를 고려하면 4세대 시스템에서 원하는 전송 속도 및 이동속도를 구현할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Working Document Towards Draft Report ; Vision and Objectives for the Ongoing Enhancement of IMT-2000 and Future Systems Beyond IMT-2000, ITU-R WP8F/TEMP/25-E 23 Aug. 2000
- [2] Standardization Roadmap for IT839 Strategy Ver. 2007
- [3] Views on IEEE 802.16m High-Level System Requirements, IEEE C802.16m-07-xxx, January 10, 2007
- [4] OFDM 변복조 기술에 관한 최종 연구 보고서, 한국 전자 통신 연구원
- [5] 전기통신사업용 무선설비의 기술기준, 전파연구소
- [6] Working document IEEE 802.16-2004/

Cor1-D2, 2005-04-04.

- [7] "Scalable OFDMA Physical Layer in IEEE 802.16 WirelessMAN", Intel Technology Journal, Volume 8, Issue 3, August 2004.

현 영 주 (Young-ju Hyun)

준회원



2006년 2월 충북대학교 전자공학
학과 졸업
2006년 3월~현재 충북대학교 전
파공학과 석사과정
<관심분야> CR, Sensing, 4G

이 영 환 (Young-hwan Lee)

정회원



1984년 2월 숭실대학교 전자공
학과 졸업(학사)
1986년 2월 광운대학교 전자공
학과 졸업(석사)
2007년 2월 한국정보통신대학교
전자공학부 졸업(공학박사)
1989년 7월~현재 한국전자통신
연구원 표준연구센터 책임연구원

<관심분야> 전자장해석, 이동통신안테나, 무선설비 기
술기준

장 동 원 (Dong-won Jang)

정회원



1983년 한국항공대학교 통신공학과(학사)
2002년 충남대학교 전파공학과(석사)
2005년~현재 충남대학교 전파공학과(박사)
1989년~현재 한국전자통신연구

원표준연구센터책임연구원

<관심분야> 통신시스템, 신호처리, 통신프로토콜 시험 기술, 무선설비 기술기준, 전파전파 측정

김 경 석 (Kyung-seok Kim)

정회원



1989년 1월~1998년 12월 한국 전자통신연구원 무선통신연구 단 선임연구원
1999년 1월~2002년 3월 University of Surrey(영국) 전기전자공학과 대학원(공학박사)
2002년 2월~2004년 8월 한국전

자통신연구원 이동통신연구단 책임연구원

2004년 9월~2005년 2월 전북대학교 생체정보공학부 전임강사

2006년 3월~현재 충북대학교 정보통신공학과 조교수
<관심분야> 전파감시, SDR, CR, MIMO-OFDM, DSA, UWB