

와이브로 시스템의 방해 신호 취약성 분석

정회원 백승민*, 박수원*, 최용훈**, 정영욱***

Evaluation of Vulnerability to Jamming Signal of WiBro System

Seungmin Baek*, Suwon Park*, Yong-Hoon Choi**, Young-uk Chung*** *Regular Members*

요 약

IMT-2000의 6번째 표준 규격인 와이브로의 파일럿 부반송파는 표준 규격에 명시된 위치에 존재한다. 이 때문에 군 전술 통신에 와이브로를 사용하면 파일럿 부반송파의 위치가 노출되어 방해 신호에 취약할 수 있다. 파일럿 부반송파에 대한 방해 신호는 데이터 부반송파에 대한 방해 신호보다 치명적인 오류를 발생시킨다. 이 때문에 군용에서 와이브로를 안정적으로 사용하기 위해서는 주파수 도약방식, 또는 파일럿 부반송파 위치의 암호화 방식 등이 필요하다.

Key Words : WiBro, Pilot Jamming Signal, Military Communication, Signal to Interference Ratio

ABSTRACT

Because the location of the pilot sub-carriers of WiBro system can be acquired from the specification, jamming signals can easily attack them. It causes more serious error than the attack to the data sub-carriers. Therefore, for military application of the WiBro system, frequency hopping or encryption of location of pilot sub-carriers is needed.

I. 서 론

21세기 정보통신기술의 급속한 발전은 군 전술 통신 환경에도 많은 변화를 가져오고 있다. 무기 체계의 다양화와 성능향상으로 전술 데이터 링크의 중요성이 갈수록 부가되고 있다. 전장 상황 인식과 지휘통제 체계가 음성 중심에서 데이터 중심으로 변화하고 있다. 이러한 변화는 걸프전과 아프가니스탄전, 그리고 최근의 이라크전을 통하여 확인한 바 있다. 미국을 비롯한 많은 군사 선진국들은 미래 전쟁 추세에 대비하여 첨단 정보기술을 전력화하기 위한 노력을 지속하고 있다¹⁾.

이에 따라, 군 통신 장비의 전송률 증가 및 데이터 전송이 요구된다. 그렇게 하여 더 빠르고 정확한 지휘,

통제, 통신 정보체계를 구현하고 컴퓨터와 유기적으로 연결, 주요 전장 상황을 실시간 공유하는 네트워크 중심 전(NCW: Network Centric Warfare) 개념을 구현하고자 하고 있다.

본 논문에서는 전술 정보 통신망(TICN: Tactical Information Communication Network)에 와이브로(WiBro: Wireless Broadband) 기술을 적용하는 경우에 대하여 분석한다.

와이브로는 국내의 무선 광대역(Wireless Broadband) 인터넷 서비스이며, 이동형 와이맥스(Mobile WiMAX)의 부분집합인 IEEE 802.16e 기술을 나타낸다. 그리고 3세대 이동통신 시스템인 IMT-2000의 6번째 국제 표준 규격으로 채택되었다. 2.3GHz 주파수 대역을 사용하는 초고속 휴대 인터넷 기술로 휴대형 무선단말

※ 본 논문은 2008년 (교육과학기술부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (KRF-2008-331-D00371)

* 광운대학교 전자통신공학과 통신기술연구실 (seungmin_baek@kw.ac.kr, spark@kw.ac.kr; spark@ieee.org),

** 광운대학교 정보제어공학과 유비쿼터스네트워크연구실 (yhchoi@kw.ac.kr),

*** 광운대학교 전자공학과 통신정보시스템연구실(yuchung@kw.ac.kr)

논문번호 : KICS2010-03-090, 접수일자 : 2010년 3월 3일, 최종논문접수일자 : 2010년 5월 26일

기를 이용해 정지 및 보행 또는 60km/h로 이동하는 상태에서도 고속으로 인터넷에 접속, 다양한 정보와 콘텐츠를 이용할 수 있게 한다. 즉, 퍼스널컴퓨터·노트북컴퓨터·PDA·차량용 수신기 등에 와이브로 송수신기를 설치하면 이동하는 차량이나 지하철에서도 휴대전화처럼 자유롭게 인터넷을 이용할 수 있다[2].

하지만, 아무리 빠른 전송 속도로 전송할 수 있더라도 오류가 자주 발생하면 통신할 수 없다. 페이딩과 열 잡음에 대한 영향을 최소화하기 위해 페이딩 채널 추정, 채널보상 및 채널보호화가 이루어진다. 그러나 채널추정 및 보상의 기준이 되는 파일럿 신호가 잘못 되었으면 추정된 값은 부정확해 진다.

본 논문에서는 규약으로 정해진 파일럿 부반송파 패턴에 의해 와이브로가 파일럿 부반송파의 방해 신호에 어떤 영향을 받는지에 대해 분석하고자 한다.

본 논문은 II장에서 전술 정보 통신 체계에 대하여, III장에서 와이브로 시스템에 대하여, IV장에서 와이브로 시스템의 파일럿 부반송파와 방해신호를 받았을 때에 대하여 기술하고, V장에서 시뮬레이션을 통한 와이브로 파일럿 부반송파의 방해 신호에 대한 취약성 분석을 하고, 마지막으로 VI장에서 결론을 제시한다.

II. 전술 정보 통신 체계

네트워크 중심 전(NCW: Network Centric Warfare)의 핵심 전장 체계인 전술 정보 통신 체계는 최첨단 네트워크를 통해 지휘통제 및 무기체계 등 관련 체계들을 유·무선으로 연결하는 전술 통신 체계 구축 사업이다. 전술 정보 통신망은 대용량 전송 장치(HCTR: High Capacity Trunk Radio), 다 대역 다기능무전기(TMMR: Tactical Multi-band Multi-role Radio), 망 관리 시스템(NMS: Network Management System), 전송용 이동통신 가입자 처리부(M-SAP: Mobile-Service Access Point), 연동 장치 등 5개 시스템으로 구성되어 있다[3].

대용량 전송 장치란 전술 정보 통신 체계 전달망의 고속 데이터를 전송하는 주 전송로를 제공하는 전송 장비이다. 다 대역 다기능무전기는 주파수별 별도의 운용 무전기를 한 개의 소프트웨어 무선(SDR: Software Defined Radio) 무전기로 통합운용이 가능한 무전기이다. 망 관리 시스템은 시스템관리자나 시습(Sys op: System Operator)이 네트워크를 통제하는데 사용되는 소프트웨어를 말한다.

그리고 망 관리 시스템은 하나의 프로그램 또는 일련의 프로그램들로 구성될 수 있는데, 예전에는 필요

한 세팅에 접근할 수 있도록 해주는 네트워크 계층 또는 규약을 지칭하기도 하였다. 전송용 이동통신 가입자 처리부는 상용 셀룰러 기술을 활용하여 10km 반경에서 사단급 통신 네트워크를 형성한다.

전술 정보 통신 체계는 다원화된 군 통신망을 일원화하고 다양한 전장 정보를 실시간으로 전달, 전장에서 신속하고 정확한 지휘통제 및 의사결정을 가능하게 하는 미래형 군 통신 체계이다.

그림 1은 전술 정보 통신망을 여러 개의 망으로 구별하여 나타낸 개념도이다.

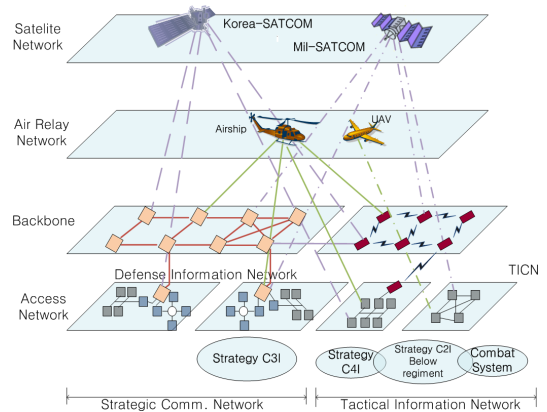


그림 1. 전술 정보 통신망 (TICN) 개념도^[4]
Fig. 1. Key map of TICN^[4]

III. 와이브로

현재 범세계적으로 통신 기술은 크게 IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)와 3GPP(3rd Generation Partnership Project)에서 표준화하고 있다.

IEEE에서는 근거리 무선 통신(WLAN: Wireless Local Area Networks)용으로 IEEE 802.11 계열(Wi-Fi)과, 센서 네트워크용으로 IEEE 802.15 계열 등이 표준화되고 있다. 그리고 우리나라에서는 와이브로라는 서비스로 알려진 광대역 무선 인터넷 접속 표준기술인 IEEE 802.16e(mobile WiMAX: Worldwide Interoperability for Microwave Access)이 있다.

3GPP에서는 휴대단말 표준 기술로 WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access), HSPA(High Speed Packet Access), LTE(Long Term Evolution) 등이 존재한다. 3GPP Rel.9 LTE Advanced는 IEEE 802.16m과 함께 4세대 이동통신 후보 기술 중 하나로 생각되고 있다.

와이브로는 한국정보통신협회(TTA)를 중심으로 2003년 6월부터 표준화를 추진, IEEE에 반영한 한국이 주도적으로 참여한 국제 표준기반 통신 서비스이다. 와이브로는 휴대 단말기를 이용하여 정지 및 이동 중에 고속의 전송속도(수 Mbps)로 무선으로 인터넷에 접속하여 다양한 정보 및 콘텐츠 사용이 가능한 초고속 인터넷 서비스 이다²¹⁾.

흔히 와이브로와 HSDPA를 비교하게 되는데, 이들의 차이는 크게, 이동성과 데이터 송수신 속도로 나눌 수 있다. HSDPA는 기존의 휴대전화에서 사용되던 CDMA 2000 EVDO 망처럼 이동성과 도달범위가 우수하며, 음성 통화를 지원하여 휴대전화 적용에 이점을 가진다. 반면, 와이브로는 대용량의 데이터를 송수신할 수 있을 만큼 높은 데이터 전송률을 가진다. 또한, 데이터 통신 위주의 서비스이므로 정보단말 적용에 이점을 가진다.

표 1은 와이브로와 HSDPA를 간략히 비교한 것이다.

그림 2는 무선 통신 시스템 사이의 이동성과 전송률을 상대 비교한 것이다.

표 1. 와이브로(WiBro)와 HSDPA의 비교
Table 1. Comparison of WiBro and HSDPA

구 분		WiBro	HSDPA
지원서비스		데이터	음성/데이터
속 도 (Mbps)	다운로드	24.8	1.8~14.4
	업로드	5.2	2
서비스권역		수도권일부	전국 91%
이동성 (km/h)		60 이하	250 이상

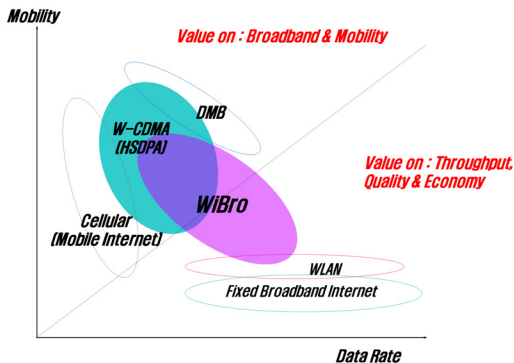


그림 2. 상용 통신 시스템들의 이동성과 전송률 비교
Fig. 2. Comparison of mobility and throughput of commercial communication system

IV. 와이브로 시스템에서의 파일럿 신호 와 방해 신호

표준 규격에는 송신방식만 기술되어 있다. 송신은 표준규격에 기술되어 있는 대로만 전송할 수 있기 때문에 송신 측과 수신 측을 만든 곳이 서로 다르더라도 둘 사이의 통신이 가능하다.

와이브로 시스템은 주파수 축에서 파일럿 부반송파와 시간 축에서 프리앰블 심벌의 위치가 표준 규격에 기술되어 있다. 이러한 파일럿 부반송파와 프리앰블 심벌을 이용하여 수신 측에서 동기 검파를 할 수 있다.

와이브로에서의 부반송파 할당 방식은 데이터 부반송파의 전체를 사용하는 FUSC(Full Usage of Sub-Channels) 방식과 3분의 1만을 사용하는 PUSC(Partial Usage of Sub-Channels) 방식으로 나눌 수 있다. 여기에서 부 채널(Sub-Channel)은 여러 개의 부 반송파를 모아놓은 단위이다. PUSC는 셀 가장자리에 있는 사용자의 데이터 전송률을 유지하려는 방법의 하나로, 주변 셀로부터 들어오는 간섭을 감소시키기 위한 방식이다.

그림 3(a)은 FUSC를 도시한 것으로 모든 부 채널을 각 기지국이 모든 방향으로 사용하고 있기 때문에 가운데 셀 가장자리에 있는 사용자는 주변 셀들로부터 많은 간섭을 받는다. 그림 3(b)은 PUSC를 도시한 것으로 기지국에서 일부 부 채널만을 할당하여 셀 가장자리에 있는 사용자의 간섭이 상대적으로 적다.

그림 4는 와이브로 시스템의 주파수 영역에서의 부 반송파의 할당을 나타낸다.

상용 와이브로 시스템에서는 전파법에 따라 해당 주파수 대역에서 의도적인 방해 신호 발생은 금지된다. 그러나 와이브로 시스템 규격을 그대로 적용하여 군의 전송 정보 통신망을 구축하게 되면, 적군이 특별

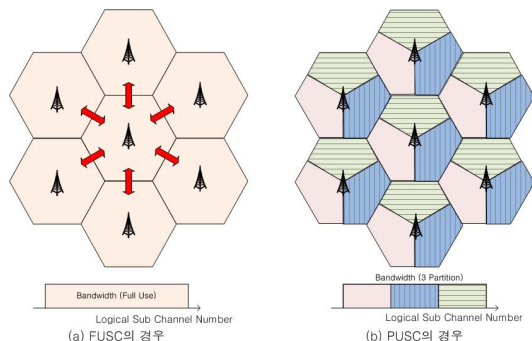


그림 3. 부반송파 할당 방식
Fig. 3. Sub-carrier allocation schemes

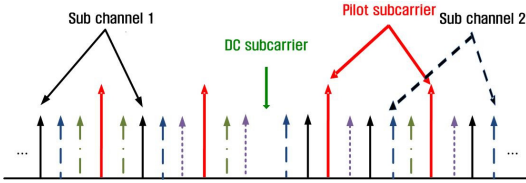


그림 4. 주파수 영역에서의 OFDM 심벌
Fig. 4. OFDM symbol in frequency domain

한 목적을 위하여 파일럿 부반송파 위치에 방해 신호를 강하게 전송할 때 채널 추정에서 오류가 발생하여 통신할 수 없어질 수 있다.

파일럿 부반송파에 의도적으로 방해 신호를 전송하는 송신기를 파일럿 재머(Pilot Jammer) 또는 파일럿 부반송파 방해 기기라고 한다. 이러한 방해 신호는 [5]의 여러 가지 방해 신호 중에서 톤 재밍 신호의 특별한 경우이다.

그림 5와 같이 단말기와 기지국은 주변으로부터 오는 방해 신호를 모두 전송받게 된다. 군 통신 상황에서는 재머에 둘러싸이는 경우는 별로 없지만, 한곳에서 오는 방해 신호에 의해서도 크게 영향을 받는다.

이처럼 파일럿 부반송파의 패턴이 정해져 있어 방해 신호에 취약할 것으로 예상하며, 본 논문에서는 방해 신호에 따른 그 성능을 분석하고자 한다.

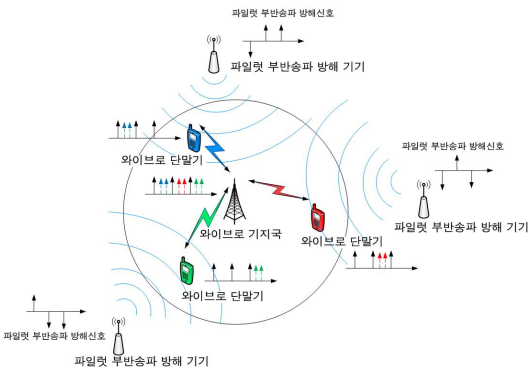


그림 5. 파일럿 부반송파에 대한 방해 신호
Fig. 5. Jamming signals to pilot sub-carriers

V. 파일럿 부반송파에 대한 방해 신호의 영향 분석

본 논문에서는 와이브로 단말기가 와이브로 기지국에서 전송하는 신호와 파일럿 재머에서 전송하는 방해 신호가 함께 수신되는 경우를 가정한다.

표 2는 시뮬레이션 환경을 정리해 놓은 표이다. 기

표 2. 시뮬레이션 환경
Table 2. Simulation Conditions

FFT 크기	1024
채널 부호화 방식	1/2 길쌈 부호
채널 복호기	비터비 복호기
채널 추정	선형 채널 추정
부반송파 할당 방식	FUSC
사용 데이터 부반송파 개수	768(1/1): FUSC 384(1/2): 단순 비교용 256(1/3): PUSC
재머의 신호	+1, -1값 임의로 전송
채널	단일 경로 시간 선택적 페이딩 +AWGN
단말 속도	0 km/h (정지)
데이터 부반송파의 변조 방식	QPSK 16QAM 64QAM

본적인 FFT 크기는 1024를 사용하며, 부반송파의 위치는 [6][7]을 통해 알 수 있다⁸⁾.

파일럿 부반송파를 공격하는 방해 신호는 채널 추정에 오류를 발생시키기 위해 전송한다. 따라서 페이딩[9]에 의한 채널 추정 오류를 고려하지 않기 위해 가산성 백색 가우스 잡음과 단말기의 이동 속도 0km/h를 가정한다.

그리고 시뮬레이션에서는 방해 신호가 있는 경우 신호대비 방해 신호의 상대적 크기를 신호 대 간섭 비(SIR: Signal to Interference Ratio)의 역수로 표현하게 된다.

$$\text{방해 신호의 송신 전력비} = P_j / P_s = 1/SIR \quad (1)$$

식 (1)에서 P_j 는 재머로부터 오는 신호의 수신 전력이고, P_s 는 기지국으로부터 오는 신호의 수신 전력이다. 기지국과 재머는 같은 전력을 이용하여 송신한다고 가정한다. 같은 거리에서 전송하는 경우 전력비가 1이다. 이는 같은 전력 P 를 이용하여 송신하는 경우, 거리의 제곱에 반비례하여 수신 전력이 줄어드는 자유공간을 가정한다. 그러면 같은 거리 R 일 때 재머와 기지국의 수신 전력은 P/R^2 이다.

$$\begin{aligned} \text{방해 신호의 수신 전력비} &= (P/R_j^2)/(P/R_s^2) \quad (2) \\ &= R_s^2/R_j^2 = (R_s/R_j)^2 \end{aligned}$$

R_s 는 기지국과 단말기의 거리이고, R_j 는 재머와 단

말기의 거리이다. 그리고 재머의 거리가 멀어질수록 전력의 비는 1보다 작아진다.

사용하는 데이터 부반송파(UDSC: Used Data Sub-Carriers)의 개수를 변경해 가면서 재머가 주는 영향을 분석하였다. 데이터 부반송파를 전부 사용하는 경우, 반만을 사용하는 경우, 그리고 1/3만을 사용하는 경우에 대하여 시뮬레이션하였다. 그리고 같은 전력으로 송신하였을 때 사용하는 부반송파의 개수에 따라 부반송파당 송신 전력은 변한다.

$$P_{subcarrier} = P_{total} / N_{us} \quad (3)$$

단, $P_{subcarrier}$ 는 부반송파당 송신 전력, P_{total} 는 총 송신 전력, N_{us} 는 사용하는 부반송파의 개수이다. N_{us} 는 데이터 부반송파와 파일럿 부반송파 개수의 합이다.

파일럿 부반송파의 개수가 82일 때, 데이터 부반송파를 그림 6과 같이 모두(768), 절반(384), 1/3(256)을 사용하였을 때 부반송파당 송신 전력은 식 (4), (5), (6)과 같다.

$$P_{subcarrier, 768} = P_{total} / (768+82) = P_{total} / 850 \quad (4)$$

$$P_{subcarrier, 384} = P_{total} / (384+82) = P_{total} / 466 \quad (5)$$

$$P_{subcarrier, 256} = P_{total} / (256+82) = P_{total} / 338 \quad (6)$$

식 (4), (5), (6)을 통해 알 수 있듯이 사용하는 데이터 부반송파의 개수가 적어질수록 부반송파 당 송신 전력이 증가하기 때문에 동일 비트 오류율을 만족하는 시간 영역에서의 신호 대 잡음비(SNR: Signal to Noise Ratio)가 작아진다.

그림 7은 그림 6의 방해 신호의 수신 전력비가 1이고, QPSK 변조를 사용하는 경우에 대하여 사용하는 데이터 부반송파의 개수에 따른 시뮬레이션 결과이다.

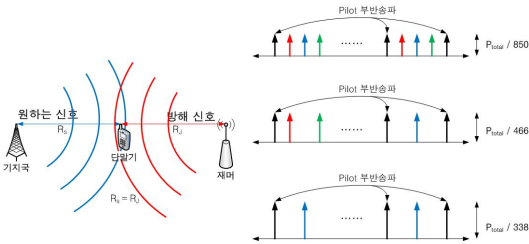
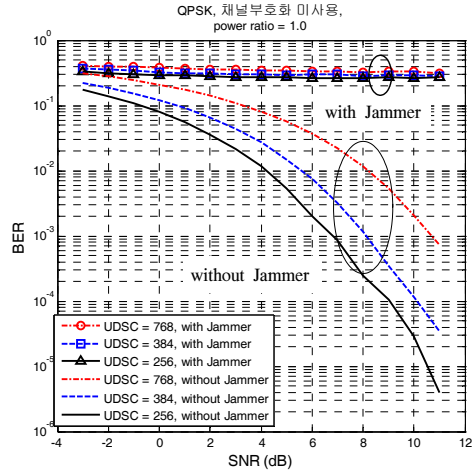
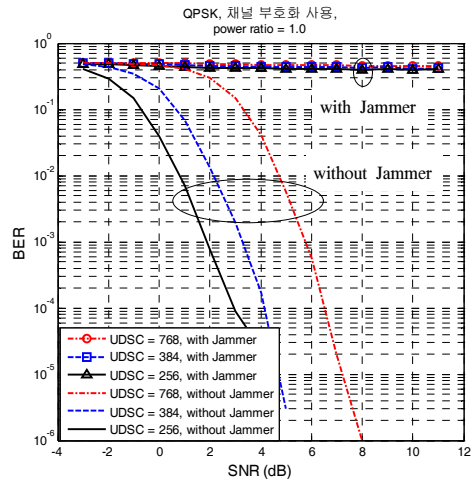


그림 6. 방해 신호 수신 전력비가 1이고, QPSK 변조인 경우
Fig. 6. Received signal power ratio of jamming signal = 1 and QPSK modulation



(a) 채널 부호화 미사용



(b) 채널부호화 사용

그림 7. UDSC 개수에 따른 BER과 SNR의 관계
Fig. 7. BER vs SNR for different number of UDSC

그림 7(a)은 채널부호화를 사용하지 않을 때 사용 데이터 부반송파의 개수에 따른 비트 오류율과 신호 대 잡음비의 관계이다. 방해 신호가 없는 상황에는 신호 대 잡음비가 증가함에 따라 신호 대 잡음비가 7(256개 부반송파 사용), 8(384개 부반송파 사용), 11dB(768개 부반송파 사용)에서 비트 오류율이 10^{-3} 이하로 낮아진다. 그러나 재머에 의해서 방해 신호가 있는 경우, 그림 7(a)에서 볼 수 있듯이 심벌이 있는 3개의 선은 신호 대 잡음비가 증가해도 비트 오류율이 감소하지 않고 최악의 비트 오류율인 0.5 근처에 있어 통신할 수 없는 것을 알 수 있다. 이러한 결과는 데이터 전송률을 낮추어 전송하더라도 비트 오류율을 낮출 수 없다는 것이다.

그림 7(b)은 채널 부호화를 사용하는 경우 사용 데이터 부반송파의 개수에 따른 비트 오류율과 신호 대 잡음비의 관계이다. 재머가 없으면 채널부호화를 사용하지 않을 때에 비하여 비트 오류율이 10^{-3} 을 만족하기 위해 필요한 신호 대 잡음비가 2(256개 부반송파 사용), 3(384개 부반송파 사용), 6dB(768개 부반송파 사용)로 약 5dB가 적게 필요하다. 그러나 재머에 의한 방해 신호가 같이 수신되는 경우는 채널 부호화를 사용하지 않는 경우와 비슷하다.

그림 8은 방해 신호의 수신 전력비가 1이고, 파일럿 부반송파와 방해 신호의 영향이 가장 적은 경우인 768개의 데이터 부반송파 중 1/3인 256개의 데이터 부반송파를 사용하는 경우인 PUSC에 대하여 변조방식이 QPSK, 16QAM, 64QAM인 경우를 도시한 것이다.

그림 9(a)는 채널부호화를 사용하지 않았을 때 사용 변조방식에 따른 비트 오류율과 신호 대 잡음비의 관계이다. 방해 신호가 없는 상황에는 신호 대 잡음비가 증가함에 따라 신호 대 잡음비가 7dB(QPSK)에서 비트 오류율이 10^{-3} 이하로 낮아진다. 그러나 재머에 의해서 방해 신호가 같이 수신되는 경우 심벌이 있는 3개의 선은 신호 대 잡음비가 증가해도 비트 오류율이 감소하지 않고 최악의 비트 오류율인 0.5 근처에 있어 통신할 수 없는 것을 알 수 있다.

그림 9(b)는 채널 부호화를 사용할 때 사용 변조방식에 따른 비트 오류율과 신호 대 잡음비의 관계이다. 재머가 없는 경우는 채널부호화를 사용하지 않을 때에 비하여 비트 오류율이 10^{-3} 을 만족하기 위해 필요한 신호 대 잡음비가 2dB(QPSK)로 약 5dB가 적게 필요하다. 그러나 재머에 의한 방해 신호가 같이 수신될 때에는 채널 부호화를 사용하지 않는 때와 비슷했다.

그림 9(a)와 그림 9(b)의 심벌이 있는 3개의 선은 약간의 차이가 있을 뿐 신호 대 잡음비가 증가하더라도

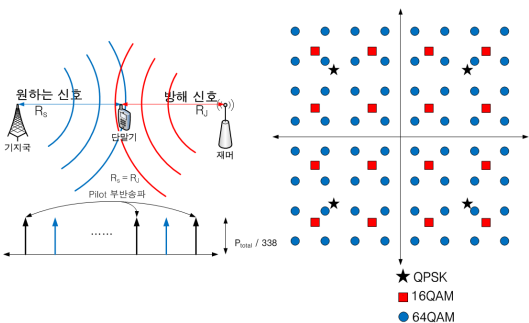
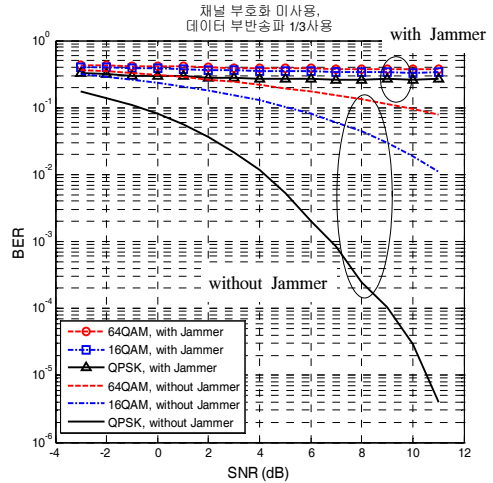
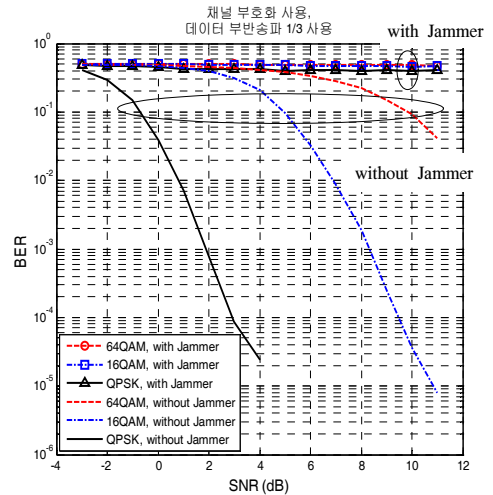


그림 8. 방해 신호 수신 전력비가 1이고, PUSC인 경우
Fig. 8. Received signal power ratio of jamming signal = 1 and PUSC



(a) 채널 부호화 미사용



(b) 채널 부호화 사용

그림 9. 변조방식에 따른 BER과 SNR의 관계
Fig. 9. BER vs SNR for different modulation schemes

도 비트 오류율은 별로 변하지 않는다. 즉 채널 부호화와 관계없이, 재머의 방해 신호가 있다면 신호 대 잡음비가 증가하더라도 비트 오류율을 낮출 수 없어서 통신할 수 없다.

그림 10은 파일럿 부반송파와 방해 신호의 영향이 가장 적은 경우인 768개의 데이터 부반송파 중 1/3인 256개의 데이터 부반송파를 사용하는 경우인 PUSC에 대하여 변조방법을 QPSK로 고정하고 방해 신호의 평균 수신 전력비를 변경함을 도시한 것이다. 단말기가 재머에서 멀어지면 평균 수신 전력비 거리의 제곱에 비례하여 감소하고, 그러한 수신 전력의 차이에 따른 성능분석을 한다.

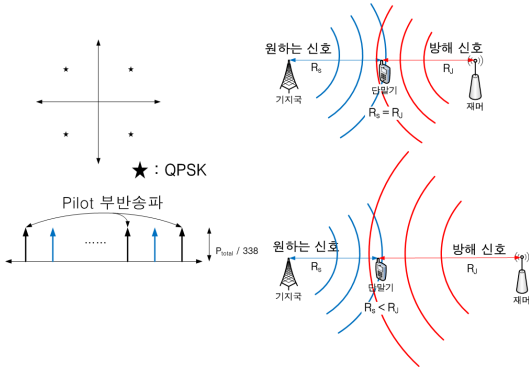


그림 10. PUSC이고 QPSK변조인 경우 (방해 신호 수신 전력비는 가변)
Fig. 10. PUSC and QPSK (different received signal power ratio of jamming signal)

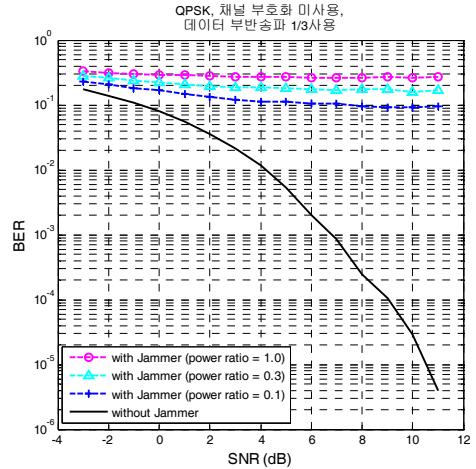
그림 11(a)은 채널 부호화를 사용하지 않았을 때 방해 신호의 평균 수신 전력비 변화에 따른 비트 오류율과 신호 대 잡음비의 관계이다. 방해 신호가 없을 때는 신호 대 잡음비가 증가함에 따라 신호 대 잡음비가 7dB에서 비트 오류율이 10^{-3} 이하로 낮아진다. 그러나 그림 11(a)의 심벌이 있는 3개의 선은 방해 신호의 평균 수신 전력을 기지국 신호의 평균 수신 전력에 대한 상대적인 전력비를 변화시키면서 측정한 값이다. 이 값은 신호 대 잡음비가 11dB인 경우에도 0.3(전력비 1.0), 0.2(전력비 0.3), 0.1(전력비 0.1)로 매우 높은 오류율을 나타낸다.

그림 11(b)은 채널 부호화를 사용하는 경우 방해 신호의 평균 수신 전력비 변화에 따른 비트 오류율과 신호 대 잡음비의 관계를 나타낸 그래프이다. 그림 11(a)과 비교하였을 때 비트 오류율 10^{-3} 을 만족하기 위해 필요한 신호 대 잡음비가 2dB로 약 5dB가 적게 필요하다. 그러나 재머에 의한 방해 신호가 같이 수신될 때에는 채널 부호화를 사용하지 않을 때와 비슷했다.

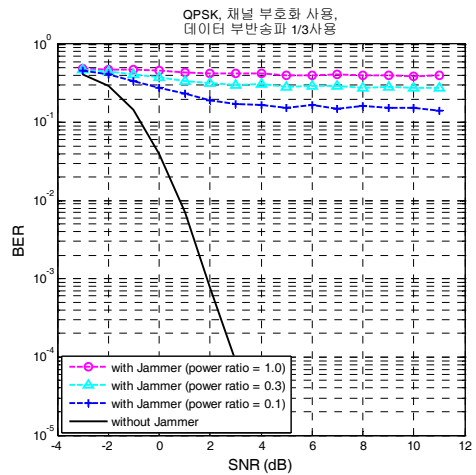
그림 11(a), 그림 11(b)과 같이 방해 신호의 평균 수신 전력비를 변화시키더라도 비트 오류율의 변화추세는 비슷하다. 기지국 신호의 평균 수신 전력 대비 방해 신호의 평균 수신 전력 비가 0.1과 1.0까지 변화함에 따라 성능차이가 크지 않다. 특히 방해 신호의 평균 수신 전력비가 0.3 이상부터는 거의 같은 값을 갖는다.

VI. 결 론

현대전에서는 정보전의 중요성이 두드러지고 있다. 많은 선진국이 정보기술의 전략화에 앞장서고 있으며,



(a) 채널 부호화 미사용



(b) 채널 부호화 사용

그림 11. 방해 신호의 수신 전력비에 따른 BER과 SNR의 관계
Fig. 11. BER vs SNR for different received signal power ratio of jamming signal

네트워크 중심 전의 개념을 구현하고자 한다. 와이브로 시스템은 고속의 데이터 통신이 가능하며, 이동성이 보장된다는 장점이 있다. 그럼에도, 파일럿 위치가 정해져 있기 때문에 적군의 통신 방해에 대한 취약점을 갖는다. 파일럿 부반송파 위치에 방해 신호가 존재하면 신호 대 잡음비가 증가하더라도 재머의 영향을 받은 신호는 비트 오류율이 개선되지 않는 것을 볼 수 있었다. 그리고 방해 신호의 평균 수신 신호 전력비가 작아도 오류에 의해 통신할 수 없어 질 수 있다. 방해 신호의 평균 수신 전력이 원하는 신호의 수신 전력의 1/10이어도 수신 단에서 AWGN을 포함한 신호 대 잡음비가 11dB일 때 비트 오류율은 0.1보다 컸다. 따라

서 아무리 전송 전력을 증가하더라도, 파일럿 부반송파 위치에 방해 신호가 전송된다면 정상적인 통신이 불가능해 진다.

이처럼 와이브로 시스템의 파일럿 부반송파 위치의 변화나 주파수 도약 없이 표준 규격에서 정해진 패턴으로 전송할 때 방해 신호에 매우 취약하다. 따라서 와이브로 시스템을 운용에서 사용하고자 할 때에는 현재 규격에서 정해놓은 파일럿 부반송파 위치가 적군의 방해 신호 송신이 쉽지 않게 암호화 방식에 따라 변경되거나 주파수 도약할 필요가 있다.

참 고 문 헌

- [1] 김종성, 김상중, 임만엽, “전술데이터링크 기술 소개 및 개발 동향”, *정보과학 학회지*, pp. 18-28, Sep. 2007
- [2] “<http://en.wikipedia.org/wiki/WiBro>”, wikipedia, WiBro
- [3] “<http://terms.naver.com/>”, 용어사전, IT, 통신망, TICN
- [4] “<http://www.huneeed.com/>”, 사업 분야, Communication System, TICN
- [5] 이두호, 고병훈, 김광순, “Anti-Jamming 기반 전술통신 기술”, *한국통신학회지 (정보와 통신)*, 제 10호, pp.24-33, Oct. 2007
- [6] IEEE Standard for Local and metropolitan area networks, Part 16: Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems, *IEEE 802.16e-2005*, Feb. 2006
- [7] IEEE Standard for Local and metropolitan area networks, Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access System, *IEEE 802.16-2004*, Oct. 2004
- [8] 조봉열, “WiBro/Mobile WiMAX Performance Evaluation”, *WiBro 표준기술 교육*, June 2007
- [9] P.Dent, G.E.Bottomley and T.Croft, “Jakes Fading Model Revisited”, *Electronics Letters*, Vol.29, No.13, 24th June 1993

백 승 민 (Seungmin Baek)

정회원



2008년 2월 광운대학교 전자통신공학과 학사
2008년 3월~현재 광운대학교 전자통신공학과 석사과정
<관심분야> 전자공학, 통신공학, 이동통신시스템

박 수 원 (Suwon Park)

정회원



1994년 2월 : KAIST 전기및전자공학과 공학사 수학과 (복수전공)
1996년 2월 KAIST 전기 및 전자공학과 공학석사
2003년 2월 KAIST 전자전산학과 공학박사

1994년 3월~1998년 9월 삼성전자 전임연구원
1998년 9월~1999년 2월 한국과학기술원 전일제 위촉연구원
1999년 3월~2002년 5월 한국전자통신연구원 시간제 위촉연구원
2002년 6월~2006년 2월 삼성전자 통신연구소 책임연구원
2006년 3월~2007년 2월 광운대학교 전자통신공학과 전임강사
2007년 3월~현재 광운대학교 전자통신공학과 조교수
<관심분야> CDMA/OFDM/OCHM/ORHM 무선접속기술, 전력제어, SDR/CR 기술, 군통신, 간섭/공존문제, PAPR완화기술, 부호이론

최 용 훈 (Yong-Hoon Choi)

정회원



1995년 2월 연세대학교 전자공
학과 공학사
1997년 2월 연세대학교 전자공
학과 공학석사
2001년 2월 연세대학교 전기전
자공학과 공학박사
2001년 3월~2002년 4월 (미)

매릴랜드 주립대 Postdoctoral Research Associate

2002년 6월~2005년 8월 LG전자 정보통신사업부
네트워크 연구소 책임연구원

2005년 9월~현재 광운대학교 정보제어공학과 부교수
<관심분야> 차량 통신 시스템, 트래픽 엔지니어링,
Ad hoc 네트워크, 네트워크 관리

정 영 옥 (Young-uk Chung)

정회원



1997년 2월 KAIST 전기 및
전자공학과 공학사
1999년 2월 KAIST 전기및전
자공학과 공학석사
2003년 2월 KAIST 전자전산
학과 공학박사
2005년 9월~현재 광운대학교
전자공학과 조교수

<관심분야> 이동통신/무선인터넷 시스템 무선자원관
리, 이동성 관리, 차세대 네트워크, ITS, 군통신
시스템