

Mobile WiMAX 기반의 전술이동통신체계 테스트베드 성능분석

유정훈 | 조정호 | 권오주 | 박귀순
국방과학연구소

요 약

전쟁양상이 네트워크 중심전으로 발전되기 위해서는 기동 중에도 멀티미디어 등 대용량의 정보를 실시간으로 소통할 수 있는 정보통신기반체계가 필수적으로 요구된다. 이러한 기반을 구축하기 위해 개발 중인 전술정보통신체계(TICN: Tactical Information and Communication Network)의 부체계 중 하나인 전술이동통신체계는 이동하는 전장가입자에게 음성서비스와 전장상황 공유를 위한 대용량의 데이터 서비스를 제공해야 하므로, 주파수 효율성이 좋은 Mobile WiMAX 기술을 기반으로 구현되었다. 구현된 장비는 전장 환경과 비슷한 산악지형의 테스트베드에 설치되어서 운용 가능성을 검증하였다. 본고에서는 Mobile WiMAX 기반의 전술이동통신체계의 가용성을 확인하기 위해 수행한 이론적인 분석과 테스트베드에서 확인한 성능에 대해 소개한다.

1. 서 론

미래 전장은 네트워크 중심전 (NCW : Network Centric Warfare)의 양상으로 발전할 것으로 예상된다. 네트워크 중심전이란 전장의 구성요소들인 감시체계와 지휘통제체계, 타격체계까지 네트워크로 연결하여 전장의 상황을 실시간으로 수집하고 수집된 정보를 바탕으로 지휘권자의 결심을 도와서 전장 상황에 대한 빠른 대응을 할 수 있도록 하는 것이다. 전술정보통신체계는 이러한 네트워크 중심전에서 정

보가 원활히 소통될 수 있도록 센서체계, 지휘통제체계 및 타격체계에게 고속 대용량의 정보통신로를 제공하는 것을 목적으로 한다. TICN 체계는 그 기능에 따라 부체계로 분류하면 기간망 전송체계, 기간망 교환접속체계, 망제어체계, 전투무선망체계, 전술이동통신체계로 구분된다. 5개의 부체계 중 하나인 전술이동통신체계는 지휘소 및 주변지역, 원격지역의 전술용다기능단말기 가입자에게 음성, 데이터 및 멀티미디어 서비스를 통해 이동통신 수단을 지원해주는 것을 목표로 한다. 위와 같은 목표를 만족시키기 위해서는 단말의 이동성을 보장하면서 높은 전송용량을 제공할 수 있는 통신 인프라가 요구된다.

상용 무선통신 기술 중 WiMAX 기술은 넓은 커버리지에서 사용자들에게 광대역 무선 접속을 제공할 수 있는 가장 촉망받는 기술 중 하나이다. WiMAX 기술은 최초 이동성이 없는 사용자들에게 광대역 무선통신 서비스를 제공하기 위한 fixed WiMAX 기술에서 사용자의 이동성을 보장하기 위한 기능이 추가된 mobile WiMAX 기술로 발전되었고 위 기술들은 각각 IEEE 802.16과 IEEE 802.16e로 표준화 되었다.[1],[2] mobile WiMAX 기술의 높은 전송용량과 이동성 지원 능력은 상용이동통신에서만뿐만 아니라 군용이동통신에서도 매력적인 특성이다. 이에 약 1년에 걸쳐 mobile WiMAX 기술을 기반으로 하는 전술이동통신체계를 개발하여, 적용 가능성을 확인하였고 전술환경에 적합한 최적화방안을 도출하였다.

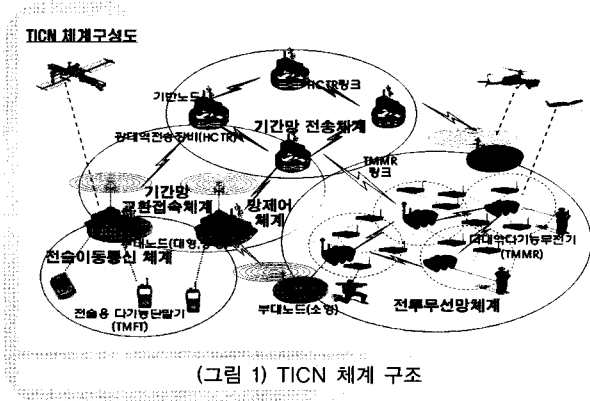
2장 1절에서는 TICN 체계의 전체적인 구조와 기능에 대해서 설명한다. 2절에서는 전술이동통신체계의 구조 및 테스트베드 구현현황을 설명하고 3절에서는 상용 mobile

WiMAX 기술을 전술통신망에 적용시키기 위해 고려한 부분에 대해서 언급한다. 4절에서는 전술이동통신체계 테스트베드에서 실시된 주요한 성능시험에 대한 시험 결과에 대해 기술한다. 3장은 본 논문을 정리하고 향후 전술이동통신체계의 발전 방향에 대해 제시하는 것으로 결론을 맺는다.

II. 본 론

1. TICN 체계 구조

TICN 체계는 네트워크 중심전을 수행하기 위한 멀티미디어 자료를 실시간으로 소통할 수 있는 고속 대용량의 통신 기반을 담당하게 된다. TICN 체계구성도는 (그림 1)과 같다.



(그림 1) TICN 체계 구조

기간망 전송체계는 TICN 체계의 고속데이터 전송을 위한 trunk를 제공하는 역할을 하며 차량에 탑재되어 계획된 장소로 이동하여 정지된 상태에서 point-to-point의 무선 데이터 전송을 지원한다. 기간망 교환접속체계는 TICN 체계의 인프라 서비스를 제공하는 체계로 체계 네트워크 내의 IP 데이터 전달을 위한 라우팅 기능과 단말간 통신을 위한 교환 기능을 제공하며 TICN 내부의 구성품 및 타체계와의 다양한 인터페이스를 제공한다. 전투무선망체계는 소대급 이상 전투부대와 여단급 이하 제대에서 전술네트워크 기반 체계로 운영되며 SDR 구조를 채택하여 웨이브폼의 변경만으로 하나의 무전기로 6개 이상의 무전기 기능이 가능하다. 망제어체계는 TICN을 구성하는 장비들의 관리 및 제어, 유무선

망계획, 무선장비의 주파수 계획, 사용자 요구사항 및 운용자의 업무를 처리한다.

전술이동통신체계(MSAP: Mobile Subscriber Access Point)는 지휘소 및 주변지역, 원격지역의 가입자가 TMFT(TMFT: Tactical Multi-Functional Terminal)단말을 이용하여 기동중에도 음성, 데이터 및 멀티미디어 서비스를 수행할 수 있는 이동통신능력을 제공한다.

2. 전술이동통신체계 구조

전술이동통신체계의 목표를 만족시키기 위해서는 단말의 이동성을 보장하면서 높은 전송용량을 제공할 수 있는 통신 인프라가 요구된다. (그림 1)의 구성도와 같이 전술이동통신체계는 TICN의 다른 부체계들과 연결되어 TMFT 가입자에게 유통되는 정보를 전송하는 역할을 담당한다. 전술이동통신체계는 TMFT와 무선으로 신호 및 트래픽을 송수신하며 스케줄링, 무선대역폭 할당, 핸드오버등을 수행하는 TRAS (TRAS: Tactical Radio Access Station), TRAS를 IP 네트워크에 정합하며 기간망 교환접속체계와 연결되어 외부망에 트래픽을 송수신하는 TACR(TACR: Tactical Access Control Router), 운용자가 TACR 및 TRAS를 운용 및 유지보수할 수 있도록 시스템 관리를 위한 인터페이스를 제공하는 운용컴퓨터로 구성된다. 이러한 장비들로 구축한 테스트베드 구성도는 (그림 2)와 같다.



(그림 2) 전술이동통신체계 테스트베드 구성도

테스트베드는 전술이동통신체계의 기술적 성능과 전술적

상황에서의 운용성을 확인하기 위해서 전술환경과 유사한 산악지형에 TACR 1대, TRAS 2대를 배치하였다. 1Carrier/3Sector로 구성하여, 근거리에서 셀 간섭 시험, 핸드오버 시험, 전송용량 측정 시험, QoS 시험 등을 수행하였고, 원거리에서 셀 커버리지 측정 시험, 이동시 전송용량 및 TMFT 서비스 시험 등을 수행하였다.

3. 상용 와이브로와 전술이동통신체계의 차이점

(그림 3)은 상용 와이브로 시스템과 전술이동통신체계 구성도를 비교한 것이다.[3]

운용개념 측면에서 볼 때, 상용 와이브로 시스템과 전술이동통신체계의 가장 큰 차이점중의 하나는 고정되어 운용되던 ACR과 RAS 등과 같은 장비들이 전술차량에 장착되어 기

동성을 지원해야 한다는 점이다. 즉, TACR, TRAS와 응용 서비스 제공을 위해 필요한 서버군들은 모두 차량에 탑재되어야 하므로 모든 장비는 소형화, 경량화, 견고화되어 개발되어야 한다.

이동성을 보장해야 하기 때문에 상용 와이브로 시스템에서의 ACR과 backbone 망간의 광기반 유선링크가 아닌 무선 대용량 링크로 대체되어야 하며 다수개의 RAS를 한 개의 ACR이 관리하는 1:N 구조의 tree 구조 또한 한 개의 TACR이 한 개의 TRAS와 연결된 1:1 구조를 갖게 된다.

또 다른 차이점으로, 지원해야 할 서비스 영역 즉, 커버리지를 들 수 있다. 2G/3G Cellular망의 Macro Cell과 WLAN의 Pico Cell의 중간 영역을 커버하는 WiBro의 서비스 영역(약 1~2km 이내)과는 달리 전술이동통신체계는 최대 10km의 셀 커버리지를 얻기 위한 단말 설계 및 증폭기 운용이라는 점에서 다르다고 할 수 있다. 그리고 주로 중저속 이동상황에서 휴대인터넷 서비스를 목표로 하는 상용 와이브로 시스템과 달리 전술이동통신체계는 전술상황에서 VoIP 음성서비스, 화상서비스, 파일전송 서비스등 전장에서의 지휘통제/통신 서비스를 주요 목표로 한다.

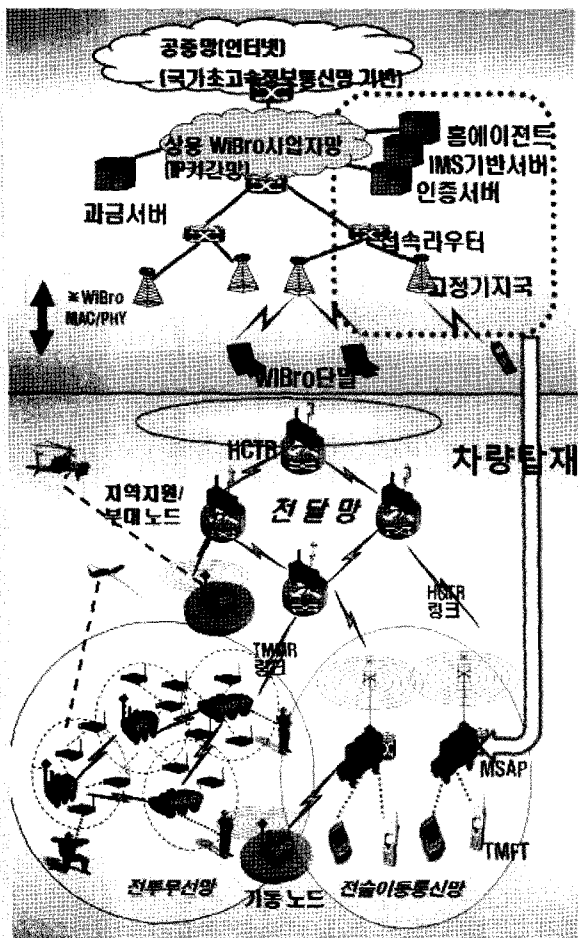
4. 테스트베드 시험 결과

(1) 커버리지

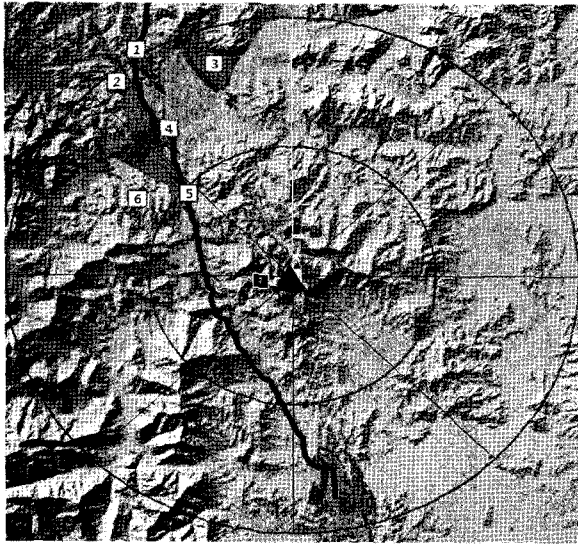
전술이동통신체계는 하나의 주파수 대역을 다수의 셀에서 동시에 사용하는 셀룰라 시스템이므로 운용환경에 적합한 네트워크를 디자인하기 위해서는 셀 플래닝 과정이 요구된다. 셀플래닝 결과는 장비가 설치되는 지형과 장비의 주파수대역, 출력, 안테나 패턴등 장비의 스펙 등의 다양한 입력 변수에 의해 결정되므로 일반적으로 전문적인 셀플래닝 툴을 사용하여 셀플래닝을 수행한다. 본 논문에서도 전술이동통신체계의 셀플래닝을 위하여 ATDI사의 HTZwarfare 툴을 사용하여 테스트베드의 환경을 분석하였다.

(그림 4)는 삼각형으로 표시된 지역에 장비를 설치하였을 때 주변 지역에 대해(대한) RSSI 예측값을 나타낸다.

지도에서 색깔이 있는 부분이 통화가 가능한 영역이고 회색부분은 통화가 불가능한 영역이다. 통화가 가능 영역에서 붉은색 계열의 지역은 RSSI값이 높으므로 높은 모듈레이션 방식을 사용할 수 있는 지역이며 파란색 계열의 지역은 RSSI값이 낮은 것을 의미한다. (그림 4)에서 1~6으로 표시된 포인



(그림 3) 상용와이브로, 전술이동통신체계 시스템 구성도



(그림 4) 셀플랜트 시뮬레이션 결과 (RSSI 값)

트에서는 전파측정 장비로 실측을 수행하였으며 결과는 아래 <표 1>과 같다.

<표 1> 포인트 별 RSSI 값

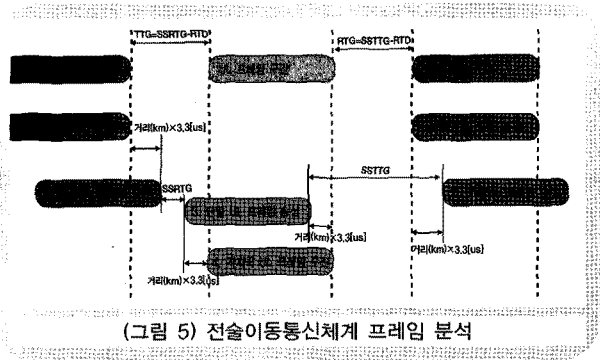
포인트	셀플랜트 예측값	실측값
1	-79,3	-81
2	-79,3	-79
3	-78,3	-63
4	-76,3	-72
5	-74	-73
6	-101	-82

<표 1>에서 알 수 있듯이 1, 2, 4, 5 포인트에서는 셀플랜트 예측값과 실측값이 비슷하나 3, 6 포인트에서는 그 차이가 크게 뒀을 알 수 있다. 셀플랜트의 RSSI값 예측은 장비설치 지점에서 목표지점까지의 loss값을 계산한 후 장비의 송신 power에서 예측된 loss값을 빼주어서 계산을 하게 된다. 여기서, loss값은 거리에 따른 손실값, 장애물에 의한 손실값, 회절에 의한 손실값, 지형지물에 의한 손실값을 모두 포함한다. 그러므로 셀 플랜트에서 정확한 예측값을 얻기 위해서는 정확한 지형정보 데이터와 지형에 맞는 전파모델정보, 지형지물에 의한 손실값등에 대한 정확한 정보가 필요하다. 위와 같이 3, 6 포인트에서 값의 차이는 분해능이 낮은 지도 정보와 지형지물 손실값의 부정확성, 한국 산악지형에 맞지

않는 전파 모델등에서 기인한다. 그러므로 좀 더 정확한 결과를 얻기 위해서는 실측을 통한 전파모델 및 지형지물에 대한 손실값 확보와 항공사진등을 통한 정확한 지도 데이터의 확보가 요구된다.

(2) 통달거리 시험결과

전술이동통신체계에서 목표로 하는 셀 커버리지인 반경 10km를 만족하기 위해서는 우선 물리적으로 프레임 내에서 신호가 송수신 가능한지 알아보아야 한다. 전술이동통신체계는(그림 5)와 같이 mobile WiMAX OFDMA-TDD 시스템과 동일한 프레임 구조를 가지고 있으며, 최대 허용가능한 통달거리는 TTG(Transition Time Gap) 내에서 최대 허용 가능한 RTD(Round Trip Delay)를 계산하여 거리로 환산하여 얻을 수 있다. 이때 단말에서 RF 스위칭 타임에 해당하는 SSRTG(Subscriber Station Receive/transmit Time Gap)를 고려하여 계산하여야 한다.



(그림 5) 전술이동통신체계 프레임 분석

위의 내용과 (그림 5)의 내용을 수식으로 정리하면 아래 식 1, 2와 같다.

$$TTG \geq SSRTG + RTD = SSRTG + 3.3\mu s \times 2 \times R_{cell}$$

수식 1. TTG 계산식

$$R_{cell} \leq \frac{TTG - SSRTG}{3.3 \alpha s \times 2}$$

수식 2. 최대허용반경 계산식

전술이동통신체계의 TTG 값인 87.2us와 SSRTG 값인 10us를 식 2에 대입하면 최대 허용 반경 R_{cell} 은 약 11.7km가 나온다. 따라서 전술이동통신체계의 프레임 구조는 이론적으로 목표로 하는 셀 반경 10km까지 신호를 전송할 수 있다.

통달거리를 이론적으로 예측하기 위해서는 프레임 구조 내 TTG 분석 외에도 링크버짓 분석이 반드시 필요하다.

〈표 2〉는 전술이동통신체계의 하향링크 링크버짓으로서, 적용한 채널모델은 상용 와이브로 모델에 주로 사용되는 Cost231-Hata를 사용하였으며 단말과 기지국간 고도차는 100m를 적용하였다.

링크버짓 테이블에 의하면 QPSK 1/2의 전송상황에서 10km 이상의 통달거리를 확보할 수 있는 것으로 예측할 수 있고 고도차가 더 증가하게 되면 높은 MCS(Modulation and Coding Scheme) 레벨에서도 10km를 만족할 수 있게 된다.

〈표 2〉 링크 버짓 테이블

		QPSK 1/2	16QAM 1/2	64QAM 3/4
Parameters	Unit	Value	Value	Value
BW	MHz	8,75	8,75	8,75
	Hz-	dB69,42	69,42	69,42
Tx Power	W	20,00	20,00	20,00
	dB	43,01	43,01	43,01
Tx Antenna Gain	dBi	12,50	12,50	12,50
Cable Loss	dB	3,00	3,00	3,00
MAX EIRP	dBm	52,51	52,51	52,51
Rx Antenna Gain	dBi	2,00	2,00	2,00
MS Body Loss	dB	0,00	0,00	0,00
Thermal Noise	dBm/Hz	-174,0	-174,0	-174,0
Noise Figure	dB	5,00	5,00	5,00
Required SNR	dB	4,20	9,80	22,20
Rx Sensitivity	dBm	-95,38	-89,78	-77,38
Fading Margin	dB	10,30	10,30	10,30
Acceptable MAX Path Loss	dBm	139,59	133,99	121,59
Acceptable Coverage	km	13,06	8,71	3,55

이러한 분석을 바탕으로 설계된 전술이동통신체계의 실제 통달거리 시험결과는 다음 〈표 3〉과 같다.

실제 테스트베드에서 통달거리를 시험한 결과, 측정거리 10.4km에서 TMFT의 호접속 및 VoIP통화, 파일송수신 등의 서비스가 가능함을 확인할 수 있었다. 이는 TTG 분석을 통한 예측과 링크버짓 테이블을 통한 예측을 뒷받침하는 결과라고 볼 수 있다. 그러나 통달거리를 결정하는 항목은 측정 CINR값과 밀접한 연관이 있기 때문에 고도차나 송수신전력 등의 변수가 통달거리 10km를 만족하더라도 실제 결과는

〈표 3〉 통달거리 실제 시험 결과 비교표

고도차(m)	예측거리(km)		측정거리(km)	측정 CINR(dB)
	Omni	Sector		
55,0	Urban	0,29	2,70	15 / 22(음니 / 섹터)
	Country	2,47		
	Country	4,44		
99,0	Urban	0,35	2,82	18 / 16
	Country	3,34		
276,4	Urban	0,51	5,52	16,5 / 21,5
	Country	6,08		
271,5	Urban	0,50	10,40	7,3 / 17,0
	Country	6,01		

그렇지 않을 수 있다. 여기서 중요한 결론은 CINR 값이 호접속 및 각종 서비스를 위한 기준값 이상으로 확보만 된다면 물리적으로 10km 떨어진 곳에서도 전술이동통신체계는 통신이 가능하다는 것이다.

(3) CINR 별 전송용량 시험결과

앞서 통달거리에서 언급된 내용과 유사하게 전술이동통신체계의 전송용량은 CINR 값에 따라 사용가능한 MCS 레벨이 결정되고 그에 따라 전송용량은 자연스럽게 결정되게 된다. 이에 따라 전술이동통신체계에서 이론적으로 얻을 수 있는 전송용량은 〈표 4〉와 같다.

〈표 4〉 이론적인 전송용량(Sector당)

MCS Level	MPR(bits)	Ped-B 3km/h			
		DL		UL	
		CINR(dB)	전송용량 (Mbps)	CINR(dB)	전송용량 (Mbps)
QPSK 1/12	0,17	-3,6	0,54	-1,8	-
QPSK 1/8	0,25	-2	0,79	-0,4	-
QPSK 1/4	0,5	1,2	1,58	2,4	-
QPSK 1/2	1,0	4,2	3,17	5,8	1,344
QPSK 3/4	1,5	8,8	4,75	10,7	2,016
16QAM 1/2	2,0	9,8	6,34	10,9	2,688
16QAM 3/4	3,0	15,5	9,50	16,2	4,032
64QAM 1/2	3,0	15,7	9,50	-	-
64QAM 2/3	4,0	19,8	12,67		
64QAM 3/4	4,5	22,2	14,26		
64QAM 5/6	5,0	28,2	15,84		

〈표 4〉를 보면 CINR 기준값이 증가함에 따라 전송 가능한 MCS 레벨이 올라가게 되고 이에 따라 전송용량이 증가함을 확인할 수 있다. 여기서 '섹터당'이라는 의미는 통상 한 개

의 기지국 내에 3개의 섹터가 존재한다고 하면 3개의 섹터 중에 한 개의 섹터가 전송 가능한 전송용량을 의미한다.

〈표 5〉 테스트베드 전송용량 시험결과

	TMFT 1	TMFT 2	TMFT 3	TMFT 4	평균
1차	4.4Mbps	4.5Mbps	4.1Mbps	1.0Mbps	14.0Mbps
2차	2.7Mbps	6.8Mbps	5.2Mbps	-	14.7Mbps

실제 테스트베드에서 전송용량을 측정한 결과는 〈표 5〉와 같다. 최대 전송용량을 측정하기 위해서 CINR값을 평균 30dB로 유지하면서 한 개의 섹터에서 단말로 송신하는 전송용량을 수차례에 걸쳐 수행하였다. 단말 자체에 최대 허용 가능한 전송용량에 제한이 있기 때문에 여러 개의 단말을 동시에 FTP 접속하여서 측정한 결과값으로 MSAP 기지국 섹터 한 개가 평균 14~15Mbps를 얻을 수 있음을 알 수 있다. 여기서 〈표 3〉과 비교해 보면 CINR값이 평균 30dB이므로 MCS 레벨은 64QAM에 3/4과 5/6 code rate 사이에서 이루어졌을 것으로 예상되며 이론적인 수치와 실제 결과값 간에 거의 차이가 없음을 알 수 있다.

(4) QoS 시험결과

서로 다른 QoS 요구사항을 가지는 다양한 트래픽을 효율적으로 전송하기 위해 mobile WiMAX에서는 세분화된 QoS를 제공하고 있으며 다음과 같은 5가지 service flow로 구분된다.

- Unsolicited grant service (UGS)
- Real-time variable rate service (rtPS)
- Non-real-time variable rate service (nrtPS)
- Best effort service (BE)
- Extended real-time variable rate service (ertPS)

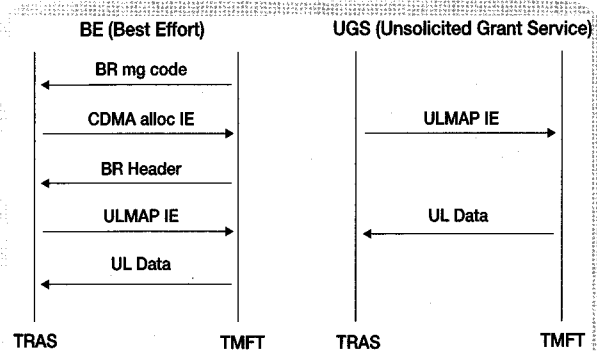
전술이동통신체계 역시 다양한 application 계층 트래픽의 전송이 예상되므로 mobile WiMAX가 지원하는 QoS를 모두 지원한다. 테스트베드에서는 QoS 서비스 플로우의 성능을 정량화 시켜서 비교해 보기 위하여 UGS와 BE 서비스 플로우에 대하여 ping delay를 성능지표로 시험을 수행하였다. 시험 과정은 단말에 UGS와 BE 서비스 플로우를 각각 할당하고, 테스트베드 망 내부에서 3홉을 통해 연결되어있는 동

일한 서버에 ping을 100회 전송한 후 평균 delay를 측정하였다. 그 결과 UGS 서비스 플로우를 할당한 후 평균 왕복 지연시간이 BE를 할당한 경우보다 47msec 덜 소비되었다.

〈표 6〉 ping 왕복 delay 소요시간

	평균 소요 시간
UGS 클래스	46msec
BE 클래스	93msec

그 이유는 아래 (그림 6)과 같이 상향링크 데이터 전송 시, UGS 클래스는 주기적으로 기지국에서 대역폭을 할당 받아서 데이터를 전달하게 되며 이때 할당받은 대역폭을 이용해 bandwidth request를 수행함으로써 데이터 전송이 빠르게 진행될 수 있다. 반면 BE클래스의 경우는 매 프레임 전송시 대역폭을 기지국에 요청하는 과정을 추가적으로 수행하여야 함으로 UGS에 비해 약 45~55msec의 추가적인 지연시간이 발생하게 된다. Bandwidth request 지연시간은 단말간 경쟁을 통해 전송이 되므로 장비에 단말이 많이 접속해 있을 경우 전송지연이 크게 발생할 수 있으므로 단순한 수치로 예측할 수 없고 범위값을 가지게 된다.



(그림 6) BE와 UGS 데이터 전송 방법

위의 시험결과에서 알 수 있듯이 UGS 서비스 클래스의 경우는 음성통화 등 실시간 서비스에 적합하고 BE 서비스는 메시지 전송 등의 서비스에 적합할 것으로 판단된다. 시험 결과를 바탕으로 전술이동통신체계에서 제공하고자 하는 응용서비스와 QoS 클래스와의 매핑, 기간망교환접속체계에서 제공하는 QoS와 전술이동통신체계 QoS 정책의 연동,

사용자의 등급에 따른 QoS제공 방법과 dynamic QoS 제공 방안 등은 추후 연구되어야 할 것이다.

III. 결 론

본고에서는 TICN 테스트베드에서 수행한 전술이동통신체계 주요 성능 확인 결과에 대해서 기술하였다.

전술이동통신체계는 상용 mobile WiMAX를 기반으로 전술적 운용개념 및 특성을 고려, 보완한 군 이동통신체계로서 기동하면서 VoIP 음성통화 및 각종 멀티미디어 서비스를 제공하는 역할을 담당한다. 전술이동통신체계 테스트베드를 통해서 셀 커버리지 예측, 통달거리, 전송용량, QoS 등의 기본적인 성능을 확인할 수 있었으며 현재 군에서 고려하고 있는 서비스가 전술적 상황에서도 전술이동통신체계를 통해 원활히 제공가능함을 가늠해볼 수 있었다. 앞으로 테스트베드 구축 결과를 통해 얻어진 문제점 및 교훈 등을 고려하여 군에 최적화된 전술이동통신체계 개발방향을 설정하고 추진해나가야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] IEEE standard 802.16-2004
- [2] IEEE Standard 802.16e-2005
- [3] 권오주, 유정훈, 조정호, 박귀순, "WiBro 기술의 전술이동통신체계 적용에 관한 고찰", 16회 지상무기학술대회, 국방과학연구소, 2008년

약 력



2004년 경북대학교 전자공학사
2006년 포항공과대학교 전자공학석사
2006년 ~ 현재 국방과학연구소 연구원
관심분야: 전술이동통신체계, 무선이동통신

유 정 훈



2004년 고려대학교 전자공학사
2006년 고려대학교 전자공학석사
2006년 ~ 현재 국방과학연구소 연구원
관심분야: 전술이동통신체계, 무선이동통신 송수신 기술

조 정 호



1989년 경북대학교 전자공학사
1993년 경북대학교 전자공학석사
2002년 경북대학교 전자공학박사
1993년 ~ 현재 국방과학연구소 선임연구원
관심분야: 전술이동통신, 무선이동통신, 전술네트워크통신

권 오 주



1986년 부산대학교 이학사
1988년 부산대학교 이학석사
1991년 ~ 현재 국방과학연구소 책임연구원
관심분야: 전술통신망 QoS, 전술라우팅, 전술이동통신망, 전투무선네트워크

박 귀 순

