

2.3GHz대역 주파수 활용을 위한 표준 기술소개

• i-Burst

차용주 • KT 서비스개발연구소
 김정휘 • KT 서비스개발연구소
 이상호 • KT 서비스개발연구소
 이성춘 • KT 서비스개발연구소

정보통신부는 2002년 10월 31일 2.3GHz대역 주파수를 '언제 어디서나 고속으로 무선인터넷에 접속할 수 있는 휴대인터넷' 용으로 활용하고, 서비스 기술방식은 우리나라 실정에 맞게 단일표준 기술방식으로 하되 TTA(한국정보통신기술협회)를 중심으로 관련 사업자와 제조업체·학계·연구기관 전문가로 '2.3GHz대역표준화위원회'(가칭)를 구성·운영하여 2003년 내에 표준 기술방식을 확정한다는 내용의 '2.3GHz대역 주파수 활용방안'을 확정 발표했다. 이에 따라 본 칼럼은 2.3GHz대역의 효율적 활용을 위해 대두된 주요 적용기술들(•i-Burst, •OFDM, •PWLAN)을 살펴봄으로써 관련 기술들에 대한 독자들의 이해를 돕고자 기획하였다. - 편집자주 -

1. 서론

2.3GHz 주파수 대역은 Wireless Local Loop(WLL) 사업용도로 할당되었으나 활용이 저조하여 정부에서는 휴대 인터넷 서비스용도로의 재활용을 공표하였다. 이와 관련 KT에서는 2.3GHz 주파수를 이용하여 휴대 인터넷 서비스를 제공할 수 있는 고속의 무선접속망 기술을 검토하고 있으며, 후보 기술중 하나로 거론되는 i-Burst 기술에 대하여 간략히 논하고자 한다.

i-Burst는 미국 어레이콤(ArrayComm)사가 개발한 Internet Protocol(IP) 기반의 광대역 이동 무선인터넷 액세스 기술로서, 스마트 안테나(Smart Antenna) 기술 등 검증된 기술들을 사용하여 시스

템 용량과 효율, 커버리지 및 서비스 품질을 증대시킨 시스템이다. i-burst는 Time Division Multiple Access/Time Division Duplex/Space Division Multiple Access(TDMA/TDD/SDMA) 방식을 사용하여 채널당 625kHz 대역으로 하향/상향 3대1의 비대칭구조를 가지며, 사용자당 최대 하향 1.06Mbps 상향 345.6kbps의 전송속도를 제공하고, 중저속의 이동성(30km/h)을 제공한다. 또한 고효율 Quadrature Amplitude Modulation(QAM) 및 스마트 안테나 기술을 사용하여 주파수 효율이 4bps/Hz/cell이며 주파수 재사용율이 Code Division Multiple Access(CDMA)와 같이 1이므로 한정된 주파수 대역을 최대한 이용할 수 있다.

서론에 이어 2장에서는 시스템 개요 및 프로토콜

구조에 대해 살펴보고, 3장에서는 물리계층 구조에 대해 설명하고, 4장에서는 i-Burst의 핵심 기술중 하나인 스마트 안테나 기술을 설명하고 5장에서 i-Burst의 Link Budget을 보이고 6장에서 결론을 맺는다.

2. 시스템 개요 및 프로토콜 구조

i-Burst의 망 구성도는 그림 1과 같이 가입자 단말(EUD: End User Device) 및 가입자 장치(UT: User Terminal), 기지국(BS: Base Station), Transport Wide-Area Network(TWAN), Packet

Services Switch(PSS), Interconnection Wide-Area Network(IWAN), L2TP Network Server(LNS) 등으로 구성된다.

여기에서, EUD는 노트북 PC나 Personal Digital Assistant(PDA) 등과 같은 사용자 기기이고, UT는 EUD에 장착 또는 연결하는 i-Burst 모듈이며, BS는 i-Burst 무선 인터페이스를 통해 하나 또는 여러 UT들과 통신하는 기지국 시스템이다. 그리고 TWAN은 하나 또는 여러 BS들을 유선 전달 망에 연결시키는 망이고, PSS는 지리적으로 특정한 PSS 영역에 있는 사용자 세션들을 적절한 서비스 영역으로 전달해주는 교환기 시스템으로, UT들이 한 BS에서 다른 BS로 무선 수준의 핸드 오버를 시도할 때

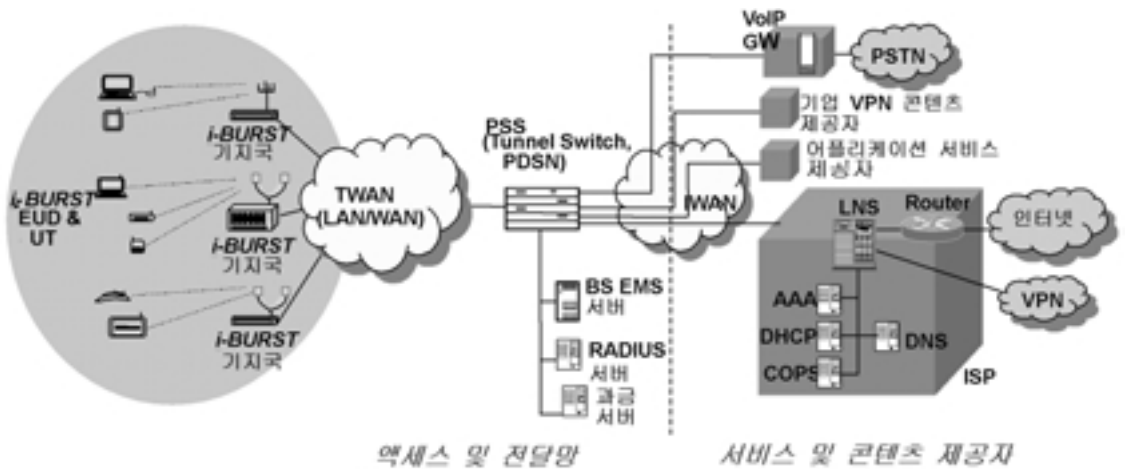


그림 1. i-Burst 망 구성도

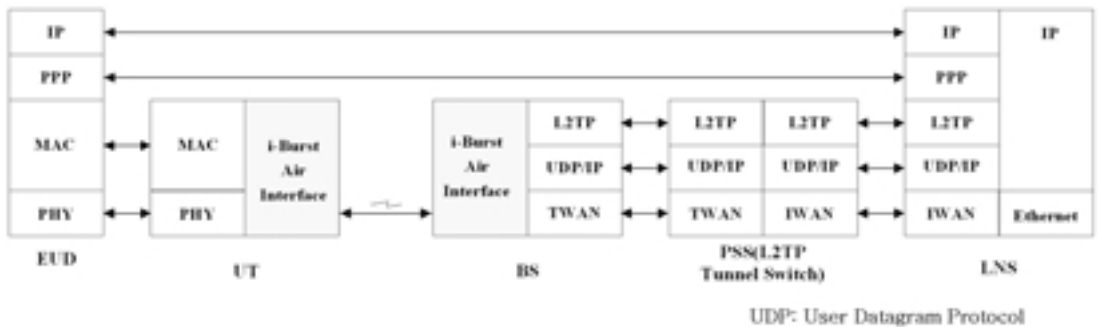


그림 2. 종단간 i-Burst 프로토콜 스택

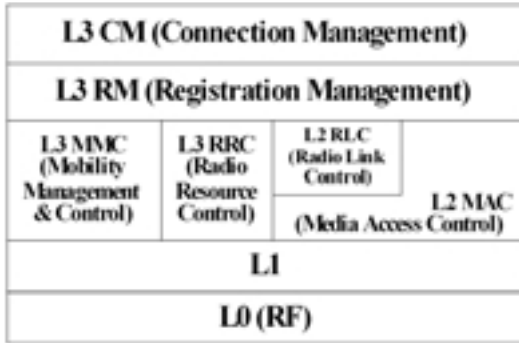


그림 3. i-Burst 프로토콜 참조 모델

에 망 수준의 단절없는 핸드오버를 제공하는 역할을 하는데, 일반적인 Layer 2 Tunneling Protocol (L2TP) 터널 스위치 또는 3rd Generation Partnership Project 2(3GPP2)의 Packet Data Serving Node(PDSN)가 될 수 있으며, IWAN은 사용자 서비스 제공자의 장비와 하나 또는 그 이상의 PSS들을 연결시켜주는 망이고, LNS는 EUD들로부터 시작하는 사용자 Point-to-Point Protocol (PPP) 세션들을 종단하는 장비로서 Authentication, Authorization, and Accounting

(AAA) 등을 수행한다.

중단간 i-Burst 프로토콜 스택구조는 그림 2와 같이 무선(RF: Radio Frequency) 계층, 물리(PHY: Physical) 계층, 매체접근 제어(MAC: Media Access Control), 그리고 3 계층(L3: Layer3) 등의 프로토콜로 이루어져 있으며 규격 등을 정의하고 있다. 사용자 IP 데이터는 일련의 캡슐화/역 캡슐화 단계를 따라 i-Burst 망을 통해 전달된다.

그림 3은 i-Burst 프로토콜의 참조 모델로서 그림 2의 i-Burst Air Interface에 해당된다.

표 1은 각 계층에 대해 인접계층에게 서비스하거나 응답으로 취해져야 할 동작들을 나타내었다.

3. 물리계층 구조

3.1 RF 채널 및 프레임 구조

i-Burst는 625KHz의 RF 채널들을 갖는 TDD 시스템이다. 그림 4는 8개의 RF 채널들로 나뉜 5MHz

표 1. i-Burst 참조 모델의 프로토콜 계층들

계층		기능
L3	네트워크 계층	등록관리, 세션관리, 자원제어, 이동성 제어, 패킷 분할, 슬롯 통합, 인-밴드 메시징 등을 포함하는 논리 세션 생성과 유지에 관한 규격들
L2	데이터링크 계층	신뢰성 있는 전송(RLC), 주파수 호핑, 액세스 제어, 논리채널 구조(BCH, PCH, TCH)에 대한 규격들
L1	물리계층	채널화, 버스트 구조, 트레이닝 데이터, 변조, FEC, 그리고 타이밍에 대한 규격들
L0	RF 계층	출력 파워 레벨, 전송 주파수, 타이밍 에러, 펄스 생성, 인-밴드와 아웃-밴드 스푸리어스 방사, 수신감도, 선택도, 그리고 Dynamic range 등과 같은 에어 링크에 대한 RF 규격들

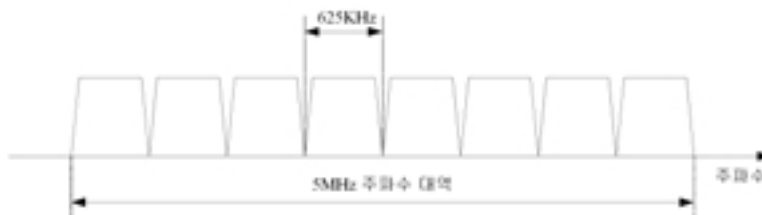


그림 4. 5MHz 주파수 대역에 대한 i-Burst RF 채널



그림 5. i-Burst 프레임 구조

의 주파수 할당을 나타낸다. 각 채널은 3개의 상향/하향 링크 타임슬롯 쌍들로 구성되며, 이 3개의 타임슬롯 쌍들은 5ms의 주기를 갖는 하나의 프레임을 이룬다. 한 채널에 대한 심볼 전송속도는 500ksps이며, 따라서 심볼주기는 $2\mu\text{s}$ 이다. 한편, 10MHz의 대역폭이 주어지면 총 16개의 RF 채널들을 사용할 수 있으며, 각 채널은 독립적으로 통신을 수행한다.

각 RF 채널들은 그림 5와 같은 구조를 갖는 5ms 프레임들로 나뉜다. 하나의 5ms 프레임은 UT로부터 BS로의 통신을 위한 $545\mu\text{s}$ 상향링크 슬롯들 3개, 상향링크와 하향링크 사이의 Transition Guard Time($10\mu\text{s}$), BS로부터 UT로의 통신을 위한 $1,090\mu\text{s}$ 하향 링크 슬롯들 3개, 그리고 하향링크와 상향링크 사이에 Range Extension Guard Time ($85\mu\text{s}$)으로 구성된다.

3.2 변조 방식

i-Burst는 Signal to Interference Noise Ratio (SINR) 값에 따라 모두 9개의 변조등급으로 구분되며, 각 등급에 따라 변조방식과 오류정정 부호화율이 결정된다. 이때 변조등급은 상향과 하향링크에 대해 독립적으로 결정되며, SINR의 dynamic range는 약 16dB이다. 변조방식으로는 BPSK, QPSK, 8PSK, 12QAM, 16QAM, 그리고 24QAM이 사용되며, 채널 부호화율은 1/2, 2/3, 3/4 등이 적용된다. 3개의 타임슬롯을 갖는 경우 SINR 값 및 변조방식에 따른 전송속도는 표 2와 같이 주어진다.

4. 스마트 안테나 기술

표 2. SINR 및 변조방식에 따른 전송속도

변조등급	변조방식	하향		상향	
		전송속도(kbps)	SINR [dB]	전송속도(kbps)	SINR [dB]
0	BPSK	105.6	-0.5	19.2	-0.8
1	BPSK	148.8	1.3	38.4	0.8
2	QPSK	244.8	2.8	76.8	2.5
3	QPSK	379.2	5.7	129.6	5.4
4	8PSK	484.8	7.9	172.8	7.6
5	8PSK	595.2	10.1	216.0	9.9
6	12-QAM	787.2	12.2	292.8	11.9
7	16-QAM	921.6	13.5	345.6	13.2
8	24-QAM	1060.8	15.4	-	-

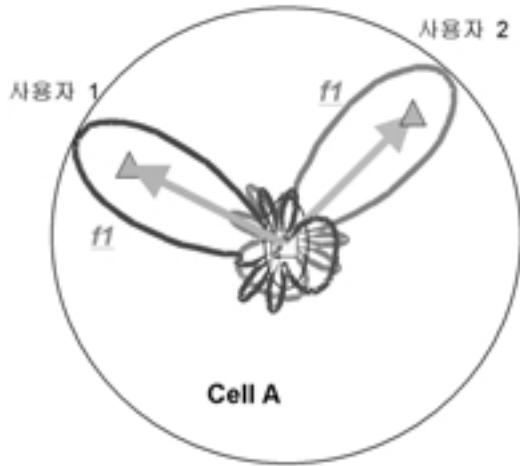


그림 6. 공간분할 처리에 따른 주파수 재사용 효율성 증대 개념

i-Burst 무선 인터페이스는 스마트 안테나의 공간처리 이득을 통해 각 사용자의 분포를 고려한 다중 빔 형성을 통해 동일한 주파수를 사용하는 채널 간의 간섭을 회피 또는 완화하여 주파수 재사용 효율을 향상시켰다. 이와 같은 주파수 재사용 효율성 관점을 고려한 공간분할 채널의 개념을 그림 6에 도시하였다. 동일 셀내에서 2개의 사용자가 동일한 주파수를 사용하지만 공간분할 처리에 의해 독립적인 채널을 구성할 수 있다. 즉, 사용자 1에 f_1 의 주파수로 공간분할 채널을 할당하면, 이로 인해 발생하는 동일 셀 내의 간섭은 기지국에서의 공간분할 처리 알고리즘에 의해 Nulling될 수 있기 때문에 동일한 주파수를 사용하는 사용자 2에 미치는 간섭을 극소화하게 된다.

625kHz 대역폭의 각 채널에 대해서는 3개의 빔

을 형성할 수 있는데, 각 빔에 의해 각각의 공간분할 채널이 할당된다(프로토콜은 총 4개의 공간분할 채널을 지원할 수 있음). 단일 셀에서 빔의 형태는 사용자의 분포에 따라 독립적으로 형성할 수 있는데, 실제의 경우에는 2개 또는 3개의 공간분할 채널을 할당할 수 있다. 따라서, i-Burst 시스템의 경우에는 평균 2.5개의 공간분할 채널을 갖는 것으로 추정된다. i-Burst 시스템이 총 5MHz의 대역을 사용할 때 총 8개의 물리적인 채널이 존재하게 되는데, 각 물리적 채널별로 평균 2.5개의 공간분할 채널이 구성될 수 있다. 따라서, 20개의 채널이 제공될 수 있으며, 각각의 물리채널은 3개의 시분할 슬롯으로 구성되므로 총 60개의 할당가능한 자원이 제공되는 것으로 볼 수 있다.

스마트 안테나의 어레이 개수를 M 이라 할 때 단일 안테나보다 수신시 $10\log_{10}M$ dB의 Signal to Noise Ratio(SNR) 이득을 얻고 송신시 $20\log_{10}M$ dB의 Effective Isotropic Radiation Power(EIRP) 이득을 얻으며, 또한 어레이 안테나의 사용으로 단일 안테나보다 8~16dB의 페이딩 마진(Fading Margin)을 개선시킨다.

5. Link Budget

BS로부터 UT까지의 허용가능한 전파손실을 구하기 위한 i-Burst 시스템의 link budget은 표 3과 같다.

표 3의 link budget으로 노트북 PC 또는 PDA를

표 3. i-Burst 시스템 Link Budget

	하향	상향
BS 안테나 수	12	12
스마트 안테나 송신이득(dB)	21	0
송신 안테나 이득(dBi)	10	0
송신전력/사용자/안테나(dBm)	26	26
송신손실(dB)	2	0

	하향	상향
송신 EIRP(dBm)	55	26
스마트 안테나 수신이득(dB)	0	11
수신 안테나 이득(dBi)	0	10
수신 열잡음(dBm/500kHz)	-117	-117
수신 NF(dB)	7	5
수신 손실(dB)	0	2
수신시 SNR(dB, 단일 안테나)	X	Y
Link Budget(dB)	165-X	157-Y

가지고 건물 내 벽 하나 뒤에서 서비스를 받고 있으며 Rayleigh 페이딩과 섀도우(shadow) 환경이 적용되는 것을 가정했을 때 link budget에 따른 상향/하향 속도를 표 4에 나타내었다. 또한, 표 4에 BS의 안테나 높이가 70 ~ 100m이고, UT의 안테나 높이가 놓여준 1.5m 도심지 7.5m로 가정하였을 때, link budget에 따른 전송가능 거리도 나타내었다.

625KHz 채널대역에 TDMA/TDD방식을 사용하고 사용자당 최고 하향 1Mbps, 상향 345kbps의 전송 속도를 제공하며, 하향/상향 3:1의 비대칭구조를 들 수 있다. 그리고 i-Burst 시스템은 4bps/Hz/cell의 대역 효율성으로 10MHz 대역폭을 사용하는 기지국의 경우 최대 40Mbps의 하향 전송용량을 제공할 수 있으며, 링크 품질수용을 위해 계층화된 변조 및

표 4. Link Budget에 따른 전송속도와 서비스 범위

Link Budget(dB)	158	154	149	142
상향속도(kbps)	19	77	173	346
하향속도(kbps)	380	595	1061	1061
교외 실내범위(km)	2.9	2.2	1.6	1.1
도시 실내범위(km)	1.4	1.0	0.7	0.5
밀집도심 실내범위(km)	1.2	0.9	0.7	0.4

여기에서 서비스 범위는 80% 셀 경계내의 실내 서비스 등급을 만족하는 것을 나타낸다.

6. 결론

본 고에서는 2.3GHz 휴대 인터넷 서비스를 위한 무선액세스 적용가능 기술중 하나인 i-Burst 기술을 살펴보았다. i-Burst의 주요 특징으로는

채널코딩을 사용하고 Forward Error Correction (FEC) 및 Automatic Repeat request (ARQ), 요구에 따른 대역폭 제공과 동적 자원할당 프로세싱, 핸드오버 등을 지원한다.

이상에서 살펴본 바와 같이 i-Burst는 현재의 유선 액세스 구조를 이동무선 액세스로 자연스럽게 확장한 것으로 향후 유무선 통합 네트워크를 효율적으로 구축할 수 있는 시스템이다. 