

# 다중 대역용 차세대 이동통신 기지국 시스템의 전력 및 탄소배출량 절감효과 분석

정회원 오 승 곤\*, 안 준 오\*\*, 종신회원 김 부 균\*\*\*

## The Analysis of Reducing Power Consumption and CO<sub>2</sub> Emission in the Advanced Mobile Communication Base Station

Sung-Kon Oh\*, Juno An\*\* *Regular Members*, Boo-Gyoun Kim\*\*\* *Lifelong Member*

### 요 약

본 논문은 다중 대역에서 동작하는 안테나를 장착한 차세대 이동통신 기지국 시스템의 도입 가능성 분석을 위해 종래의 기지국 시스템과 케이블 손실전력을 고려한 차세대 기지국 시스템의 전력 손실 및 탄소 절감효과를 분석하였다. 차세대 기지국 시스템은 옥외에 무선처리부를 설치하고, 옥내의 기저대역처리부는 광케이블로 연결하여 종래의 기지국에서 케이블로 인해 발생하는 전력손실을 없애는 구조이다. 본 연구 결과 종래의 기지국과 비교하여 동일한 서비스 커버리지 확보가 가능하고, 케이블 전력손실이 5 dB 줄어든 차세대 기지국 시스템을 도입할 경우 CDMA 20W, WCDMA 30W, WiBro 10W 기지국에서 소모하는 전력량은 연간 155,078 MWh에서 49,038 MWh로 감소시킬 수 있으며, 탄소배출량 또한 65,878 tCO<sub>2</sub>에서 20,832 tCO<sub>2</sub>로 절감됨을 확인하였다. 따라서 차세대 기지국 시스템은 그린 IT 기술로 이용 가능할 것으로 고찰되었다.

**Key Words** : Reconfigurable Antenna, Mobile Base Station, Power Loss, CO<sub>2</sub> Emission, Green IT

### ABSTRACT

In this paper, we present the analysis of the characteristics of advanced mobile communication base station with multi-band about power loss, power efficiency and carbon reduction considering cable power loss. The advanced mobile base station system is installed on the outdoor for Antenna and RF part, and then the power loss is reduced because the fiber optic cable is used between RF part and baseband part. If the cable power loss is reduced by 5 dB replacing an entire the advanced base station systems, annual power consumption is reduced total 49,038 MWh in the CDMA 20W, WCDMA 30W, WiBro 10W systems. Furthermore the advanced base station system of annual CO<sub>2</sub> emission is 20,832 tCO<sub>2</sub> compare to 65,878 tCO<sub>2</sub>. Therefore the advanced base station system is confirmed considering green IT technology for the advanced mobile communication base station.

### I. 서 론

최근 우리나라뿐만 아니라 전 세계적으로 스마트폰 이용자가 늘어나면서 무선데이터 사용량이 급증하고 있다. 그러나 현재 기지국 시스템으로는 이러한 폭발

적인 무선데이터 서비스의 수용에 한계가 있다. 이를 해결하기 위해서는 스펙트럼을 보다 효율적으로 이용하면서 기존 기지국 커버리지보다 더 세밀한 무선망 확보가 요구된다. 이를 위해서는 셀을 더욱 분할하고, 분할로 인하여 늘어난 셀만큼의 기지국 증설이 필요

\* 숭실대학교 전자공학과(ohhappiest@yahoo.com) \*\* 미래전파공학연구소(juno@ifre.re.kr)

\*\*\* 숭실대학교 정보통신전자공학부(bgkim@e.ssu.ac.kr)

논문번호 : KICS2011-04-185, 접수일자 : 2011년 4월 14일, 최종논문접수일자 : 2011년 6월 8일

하다. 그러나 이는 통신사업자에게 망 증설에 따른 막대한 비용 부담으로 작용할 수 있고, 기술적으로도 잦은 핸드오프로 인한 통신 두절을 초래할 수 있으며 기지국 증설로 인한 전력소비의 증가를 불러오는 단점이 있다.

이러한 단점을 보완하고자 최근에는 진보된 RF기술을 적용하여 통신용량을 대폭 증가시면서 통신 품질을 개선할 수 있는 안테나 및 기지국 기술 개발이 이루어지고 있다. 특히, 기지국을 증설하지 않고 소프트웨어를 통하여 통신용량을 증가시킬 수 있는 SDR(Software Defined Radio) 기술과 인지무선(Cognitive Radio) 시스템 개발이 진행되고 있으며, 중대형 기지국이 서비스하는 영역을 마이크로셀(micro cell)로 세분화하는 기술에 대해서도 많은 연구가 진행되고 있다[1]. 한편 기지국에 사용되는 안테나도 주파수 배열 및 편파 재구성 등 다양한 연구가 진행되고 있다[2]. 특히 이러한 능동안테나 및 재구성 안테나는 기존 기지국과 달리 무선처리부의 전력손실을 줄일 수 있는 장점을 가진다.

따라서 본 논문에서는 다중 대역을 수용할 수 있는 재구성 능동안테나 등이 적용된 차세대 기지국 시스템에 대해 알아보고, 이러한 차세대 기지국을 우리나라 무선국 현황과 비교하여, 전력소모량 및 탄소절감효과 등을 분석함으로써 현실적인 도입가능성에 대하여 고찰하였다.

본 논문은 II장에서 현재 우리나라 이동통신 주파수 및 기지국 시스템에 대하여 기술하였으며, III장에서는 전력 손실을 줄일 수 있는 차세대 이동통신 안테나 및 기지국 시스템에 대하여 기술하였고, IV장에서는 제안된 기지국 시스템을 실제 적용 시 예상되는 전력효율, 탄소 절감효과 등을 분석하였으며, V장의 결론으로 구성되어 있다.

## II. 이동통신 주파수 및 기지국 시스템

### 2.1 이동통신 무선국 현황

국내 이동통신 서비스로는 CDMA, WCDMA

WiBro가 있으며, 우리나라 이동통신 사업자별 주파수 할당현황은 그림 1과 같다. 서비스별 이동통신 무선국의 운용현황('09. 12월 기준)을 살펴보면 다음과 같다.

먼저 CDMA 서비스는 800 MHz대역 이동전화용 주파수 대역과 1,800 MHz대역 개인휴대전화(PCS)용 주파수 대역을 사용하고 있다. 이 중 이동전화용 주파수 대역(Up-link: 824 MHz~849 MHz, Down-link: 869 MHz~894 MHz)의 기지국은 41,011 국, 이동중계국은 5,590 국으로 총 46,601 국의 무선국이 운용 중이며, 개인휴대전화(PCS)용 주파수 대역(Up-link: 1,750 MHz~1,780 MHz, Down-link: 1,840 MHz~1,870 MHz)의 기지국은 68,512 국, 이동중계국은 20,374 국으로 총 88,886 국의 무선국이 운용 중이다.

WCDMA 서비스는 이동통신(IMT-2000)용 주파수 대역(Up-link: 1,920 MHz~1,980 MHz, Down-link: 2,110 MHz~2,170 MHz)을 사용하고 있으며, 기지국은 88,734 국, 이동중계국은 26,916 국으로 총 115,650 국을 운용하고 있다.

WiBro 서비스는 휴대인터넷(WiBro)용 주파수 대역(2,300 MHz~2,400 MHz)을 사용 중이며, 총 16,813 국의 무선국이 운용 중이다.

### 2.2 이동통신 기지국 시스템

우리나라 이동통신 기지국은 각 서비스별로 운용되고 있으나, 본 절에서는 일반적인 이동통신 기지국 시스템의 구조와 안테나 및 무선처리부에 대해 살펴보고자 한다.

#### 2.2.1 기지국 시스템 구조

이동통신 기지국 시스템은 크게 BTS(Base station Transceiver Subsystem)와 Switching System으로 나누어지고, 각각의 세부 기능을 구현하기 위해 적절한 블록으로 구성된다.

그림 2는 이동통신 시스템의 블록도이고, 그림 3은 실제 기지국 시스템의 구조를 보여주고 있다. 채널 카드에서 처리된 디지털 신호는 트랜시버 카드로 전송되어 D/A 컨버터를 지나 RF 신호로 변환되어 전력

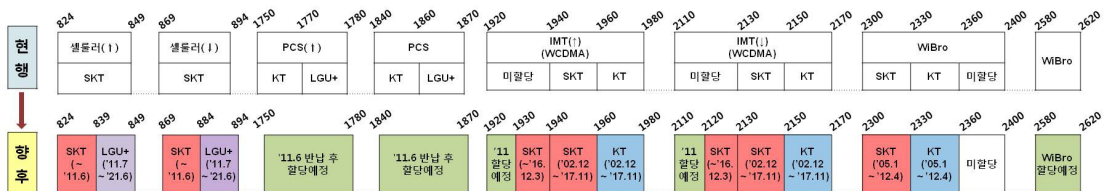


그림 1. 국내 이동통신 사업자별 주파수 할당 현황

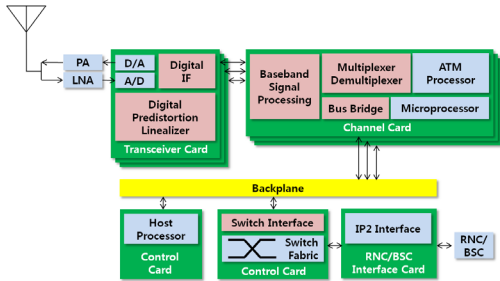


그림 2. 이동통신 기지국 시스템 블록도

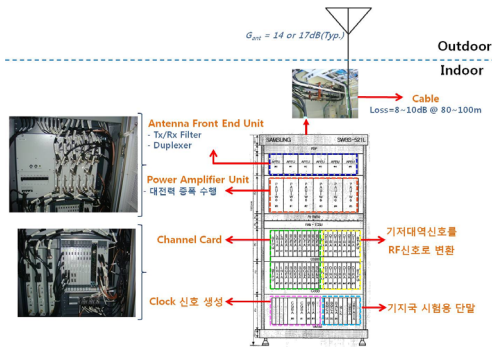


그림 3. 이동통신 기지국 시스템 구조

증폭기를 통해 송신신호로 전송되며, 수신된 신호는 저잡음 증폭기를 통해 원하는 RF신호를 뽑아낸 뒤 A/D 컨버터를 지나 디지털 신호로 변환된 후 채널카드를 통해 신호처리를 한다.

### 2.2.2 안테나 및 무선처리부 기술

#### 2.2.2.1 안테나 기술동향

종래의 기지국에는 Omni 안테나, Sector 안테나, A/D공유기지국 안테나 등이 사용되었다. 그러나 채널 간섭 및 상호변조로 인한 문제점이 발생하여 이후에는 안테나 방사체 자체에 연결된 바랙터 다이오드, MEMS 스위치 등 많은 스위칭 제어 소자들을 제어하여 다중 모드로 동작하는 안테나 기술을 적용하였으며, 이를 재구성 안테나라고 한다<sup>3,4)</sup>.

그러나 기존 재구성 안테나에는 복수개의 스위칭 소자들이 안테나 방사체 자체에 실장되어 있어서 스위칭 소자의 저항성 손실이 크며, 복잡한 전기적인 외부 제어회로로 인한 안테나 특성열화로 안테나 효율이 매우 낮다는 단점이 있으며, 안테나의 입력 임피던스를 상황에 따라 다시 정합시켜야 한다는 불편이 따르며, 복잡한 구조로 광대역 특성을 얻기 어려웠다. 여러 개의 스위칭 제어 소자들로 인해 안테나의 최대

입력 전력을 제한하며, 안테나의 동작 신뢰성을 저하시키며, 급전회로 설계 시에도 어려운 단점이 있다<sup>5,6)</sup>.

이러한 단점을 극복하고자 이동통신 기지국 기술의 발달로 주파수대역을 고정하지 않으며, 실시간으로 사용하지 않는 상용 이동통신 주파수대역을 찾아 재사용하는 주파수 스펙트럼 효율을 개선하는 안테나 기술들이 개발되고 있는 추세이다.

#### 2.2.2.2 무선처리부 기술동향

최근 4세대 이동통신 서비스의 등장과 대용량 무선 통신 수요의 증대로 기지국 시스템 무선처리부에 관한 새로운 기술개발의 필요성이 증가하고 있다. 이에 따라, 고선형성과 높은 전력효율을 가지는 전력 증폭기에 대한 기술개발과 기지국 시스템 수신기의 감도를 증대시킬 수 있는 저잡음 증폭기에 관한 기술개발이 이루어지고 있다.

최근에는 이동통신 서비스의 주파수를 필요에 맞게 각각 선택하여 사용할 수 있는 초저잡음 증폭기와 현재 국내 증폭기에 설치된 LDMOS (Laterally Diffused Metal Oxide Semiconductor) 증폭기에 비해 36 % (131 W → 84 W)의 에너지 절감 효과를 가지는 GaN 전력증폭기가 개발되었으며, 더 높은 전력효율을 가지는 전력증폭기에 대한 연구가 진행되고 있다.

#### 2.2.2.3 기존 안테나 및 기지국 시스템의 단점

이동통신 기지국 시스템은 크게 안테나와 기지국 장비로 구성되어 있으며, 기지국 장비는 무선처리부 (RF Part)와 기저대역 처리부로 구성된다. 그러나 각 서비스 별로 사용하는 주파수에 맞추어 무선처리부 (안테나, RF Front End)의 종류가 달라져야 하므로 서비스 별로 별도의 기지국이 필요하다. 한정된 장소에 이동통신 서비스마다 각각의 기지국을 설치하는 것은 전력 소비를 증가시키고 이로 인한 탄소 배출량 증가 등의 문제점이 발생된다. 따라서 전력 절감효과를 가지며, 효율적인 기지국 운용이 가능한 개선된 이동통신 기지국에 대한 요구가 증대하고 있는 실정이다.

## III. 차세대 안테나 및 기지국 시스템

### 3.1 차세대 안테나 기술

#### 3.1.1 스마트 안테나(Smart Antenna) 기술

종래의 이동통신 기지국 안테나는 그림 4의 좌측 그림과 같이 전방향 안테나(Omni-directional Antenna)를 주로 사용하였으며, 이 안테나는 방향에 상관없이

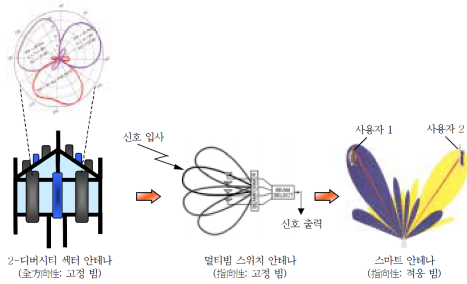


그림 4. 기지국 안테나 발전과정

일정한 이득을 주는 방식이었다. 이 같은 경우는 안테나로 송수신되는 모든 신호들은 기지국의 송수신 안테나와의 거리에 따라 전력의 정도를 달리하여 송수신하기 때문에 희망 신호에 간섭 영향을 미치게 되어 선택적으로 신호에 이득을 주면서 송수신할 수 없다.

따라서 최근에는 이러한 신호 간의 간섭을 줄이기 위해 하나의 셀을 여러 섹터로 나누어 여러 개의 안테나를 사용하는 방법이 연구되었다. 예를 들어 1개의 셀을 3개의 섹터로 나누고 3개의 안테나의 위상을 각각 120도씩 담당하도록 하여 신호 간의 간섭을 1/3로 줄이는 방법이다.

이와 같이 간섭의 영향을 줄일 수 있는 또 다른 방법으로 안테나는 하드웨어적으로 고정하고 정해진 특정 각도로부터 도달하는 신호에 대해 큰 이득을 주어, 다른 방향에서 송수신되는 간섭 신호에 매우 작은 이득을 주도록 설계하는 것이다.

그러나 이 방법은 송수신체가 고정되어 있는 경우에 한하므로, 희망 신호를 송출하는 송신체가 이동하거나 그 신호의 도달 각이 상황에 따라 가변적일 때는 여러 안테나 소자로 구성된 어레이(Array)를 사용하게 된다. 안테나 어레이는 원거리 신호원들의 위치를 파악하거나 그들로부터 나오는 신호들을 선택적으로 송수신하는데 이용되고 주변으로부터 들어오는 방해 전파를 제거하는데 이용된다.

이와 같이 배열된 안테나의 위상을 제어하여 특정 신호(원하는 방향의 신호)를 선택적으로 송수신하고, 간섭 신호의 영향을 최소화시킴으로써 가입자 상호간의 간섭을 대폭 감쇠시켜 원하는 방향으로 신호를 송수신할 수 있는 안테나를 스마트 안테나(Smart Antenna)라고 한다. 스마트 안테나를 기지국에 적용하면 통화 품질 향상과 통신 용량 극대화, 저전력 통화로 인한 배터리 수명 연장 등의 효과가 있다<sup>7-9)</sup>.

### 3.1.2 재구성 안테나 기술

스마트 안테나와 더불어 최근에는 이동통신 서비스

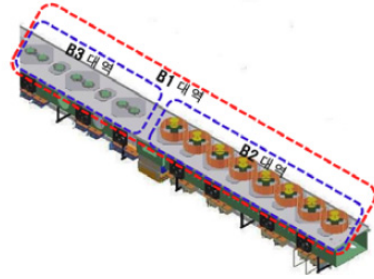


그림 5. 재구성 기지국용 배열 안테나 배치 구성도<sup>3)</sup>

의 요구 사항을 만족하며, 차세대 복합 다기능 단말기 및 복합 기지국 시스템을 구현할 수 있는 재구성 안테나 기술을 개발하고 있다. 최근 발표된 방사체를 독립적으로 선택할 수 있는 주파수 재구성 안테나 소자와 광대역 편파 재구성 안테나 소자 구조는 스위칭 제어 소자들이 방사체에 직접 실장되지 않고, 외부 스위치 회로에 별도로 실장되기 때문에 다중 대역 안테나 소자로도 활용이 가능하다.

특히, 주파수 재구성 안테나 소자 기술은 차세대 이동통신 기지국 및 중계기 배열 안테나의 배열 소자로 활용할 수 있다. 또한 광대역 편파 재구성 안테나 소자 기술은 인접 다중 안테나들 간 실시간으로 직교 편파를 사용하기 때문에 일정한 안테나 간격으로 고 격리 특성을 얻을 수 있으므로 차세대 기지국 및 중계기 배열 안테나의 배열소자로 폭넓게 활용되고 있다<sup>10)</sup>.

### 3.2 차세대 기지국 시스템

종래의 기지국 시스템은 기지국 자체의 규모가 크고[11] 이동통신 서비스별로 각각의 기지국을 운용하고 있으며[12], 특히 기지국 장비에서 무선처리부와 냉각장치에서 큰 전력을 소모하고 있다.

따라서 이로 인한 전력 손비 및 탄소 배출량이 크며 한정된 장소에 여러 서비스용 기지국이 설치되는 문제점이 발생된다. 이러한 문제점을 개선하고자 효율성이 높은 스마트 안테나와 재구성 안테나 등을 접목하여 안테나와 기지처리부간의 케이블 전력손실을 줄일 수 있는 차세대 기지국이 개발되고 있다.

종래의 기지국은 그림 6의 좌측과 같이 기저대역처리부와 무선처리부가 하나의 물리적 공간(일반적으로 옥내)에 설치되어 있으며 약 80~100 m의 길이의 coaxial cable을 통해 옥외에 설치된 안테나로 연결된다. 이와 같은 coaxial cable은 길이에 따라 차이가 있으나 약 10 dB의 높은 전력손실을 발생시킨다. 이러한 전력손실을 보상하고자 종래의 기지국 무선처리부

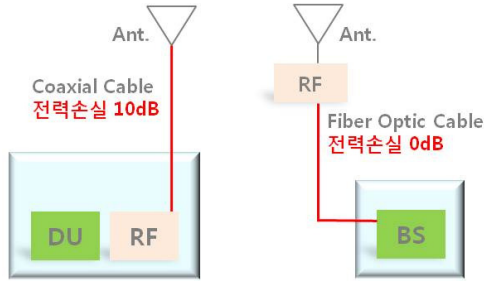


그림 6. 기존 기지국(左) 및 차세대 기지국(右) 시스템 비교

에서는 높은 전력의 출력이 필요하게 되고 이로 인해 전력 소모량도 높아질 수밖에 없었다. 그러나 본 논문에서 검토하고 있는 차세대 기지국 시스템은 그림 6의 우측과 같이 재구성 안테나 등을 적용하여 여러 이동통신 서비스를 하나의 기지국으로 공용할 수 있도록 무선처리부를 옥외에 설치하고, 무선처리부와 기저대역처리부는 Fiber Optic Cable로 연결함으로써 coaxial cable로 인한 전력손실을 없애는 구조로 되어 있다.

#### IV. 차세대 기지국 시스템의 전력효율 및 탄소배출량 절감효과 분석

본 장에서는 케이블 전력손실이 개선된 차세대 기지국 시스템을 우리나라 무선국 현황에 비추어 전력소모량 및 탄소절감효과 등을 분석하여 도입 적합성에 대하여 검토하였다.

##### 4.1 전력효율 분석

표 1은 종래의 기지국 시스템을 각 서비스별, 무선처리부와 안테나부의 소모전력과 출력전력을 분석한 것이다.

안테나 출력단 전력이 20W급인 CDMA 기지국의 경우를 살펴보면, 안테나부와 전력증폭기사이에서 발생하는 케이블 전력손실을 보상하기 위해서 전력증폭기(HPA)는 30 W의 전력을 출력을 하고 있으며, WCDMA 기지국과 WiBro 기지국도 마찬가지로 최종 출력전력보다 높은 45W 및 16W를 출력하고 있음을 알 수 있다. 또한 전력증폭기가 전체 전력소모량에서 차지하고 있는 비중도 약 70~80 %로 매우 높음을 알 수 있다.

따라서 기지국 시스템의 전력효율을 분석하기 위해서는 전체 기지국 시스템에서 전력소모를 차지하는 비중이 높은 HPA의 출력전력을 분석하는 것이 매우 중요한 요소이다. 이는 제안된 차세대 기지국 시스템

표 1. 이동통신 서비스별 기지국의 무선처리부 및 안테나부 소모전력 비교

	구분	소모전력(Wh)	출력전력
CDMA	Ant.	-	20W
	HPA	125.5	30W
	LNA	11.2	0.1mW
	Module	42.9	0.3mW
	Total	180	20W
WCDMA	Ant.	-	30W
	HPA	190	45W
	LNA	11.2	0.1mW
	Module	58.6	0.3mW
	Total	259.6	30W
WiBro	Ant.	-	10W
	HPA	270	16W
	LNA	21.6	0.1mW
	Module	36	0.3mW
	Total	328	10W(40dBm)

은 다중 주파수 대역에서 동작하는 기지국으로서 종래의 기지국이 각 서비스별로 기저대역부에서 안테나로 연결되었던 케이블의 전력손실을 줄일 수 있기 때문이다. 분석은 동일한 서비스 커버리지의 확보가 가능하고 종래의 기지국에서 사용한 HPA가 동일한 효율을 가진다는 조건으로 계산하였다. 또한 종래 기지국에서의 케이블 전력손실은 10dB라고 가정하였다.

표 2는 케이블의 손실이 줄어드는 것에 따른 HPA 출력전력을 산출한 값이며, 그림 7은 이를 그래프로 나타낸 것이다. 예를들어 종래의 CDMA 20W 기지국의 동작을 위해서는 케이블 전력손실이 10 dB 이므로 30W 급의 HPA가 필요로 한다. 그러나 차세대 기지국 시스템의 경우 케이블 손실을 6dB 로 줄일 경우 11.94 W 급의 HPA를 사용하여도 동일한 서비스 커버리지 확보가 가능하다. 즉, 케이블에서의 전력손실을 개선한 차세대 기지국의 경우 동일한 커버리지를 확보하면서도 HPA를 동작시키기 위해 소요되는 출력전력은 현격히 낮출 수 있음을 알 수 있다. 케이블의 전력 손실을 5dB 정도만 감소시키더라도 종래 출력전력의 약 32% 정도의 출력을 가진 HPA 소자를 사용하여도 가능하다. 앞서 살펴본 바와 같이 기지국 시스템의 전체 전력소모량에서 HPA가 차지하는 비중이 70~80 %인 점을 감안하면, 작은 용량의 HPA를 사용함으로써 전체 기지국에서의 전력 소모량을 현격히 줄일 수 있는 것으로 추정할 수 있다.

케이블에서의 전력손실을 개선한 차세대 기지국의

표 2. 케이블 전력손실 보상에 따른 HPA 소요전력 비교

HPA 소요출력(W)	Cable Loss					
	0 dB	2 dB	4 dB	6 dB	8 dB	10 dB
CDMA 20W	3.00	4.75	7.54	11.94	18.93	30.00
WCDMA 30W	4.50	7.13	11.30	17.91	28.39	45.00
WiBro 10W	1.60	2.54	4.02	6.37	10.10	16.00

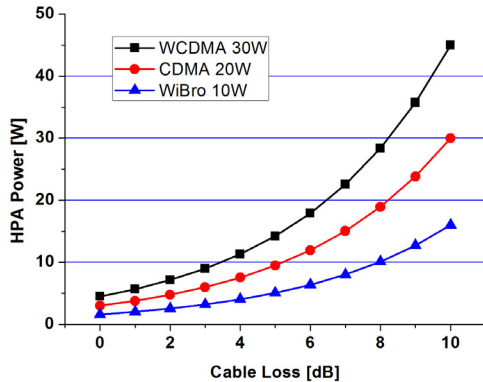


그림 7. 케이블 전력손실에 따른 요구 HPA 전력

경우 동일한 커버리지를 확보하면서도 HPA를 동작시키기 위해 소요되는 출력전력은 현격히 낮출 수 있음을 알 수 있다. 케이블의 전력 손실을 5dB 정도만 감소시키더라도 종래 출력전력의 약 32% 정도의 출력을 가진 HPA 소자를 사용하여도 가능하다. 앞서 살펴본 바와 같이 기지국 시스템의 전체 전력소모량에서 HPA가 차지하는 비중이 70~80%인 점을 감안하면, 작은 용량의 HPA를 사용하므로써 전체 기지국에서의 전력 소모량을 현격히 줄일 수 있는 것으로 추정할 수 있다.

다음으로 이를 현재 서비스중인 이동통신 기지국에 적용하였을 경우 실질적인 전력 절감량에 대하여 계산한다. 무선국 허가 DB에 따르면 해당 출력을 가지는 무선국수는 20W급 CDMA 56,421국, 30W급 WCDMA 10,072국, 10W급 WiBro 11,255국이다('09. 12월 기준). 이는 이동통신 서비스별 전체 무선국의 42%, 9%, 67%에 각각 해당하는 수치이다.

이를 바탕으로 연간 전력 소모량을 산출한 결과, CDMA 20W 급은 88,964 MWh, WCDMA 30W 급은 22,904 MWh, WiBro 10W 급은 43,211 MWh로 총 155,079 MWh로 나타났다. 이 결과를 토대로 실제 케이블 전력손실을 5 dB 정도 줄였을 경우는 각각 28,132 MWh, 7,242 MWh, 13,664 MWh 로 총 전력

소모량은 49,038 MWh로 감소하게 된다. 그러나 이는 해당 시스템을 전체 교체했을 경우이다. 그러므로 위의 조건으로 차세대 기지국 시스템을 20%, 30%, 40% 까지 도입하였을 경우 전력 절감량은 표 3과 같다.

이 결과에 따르면 케이블 손실을 5 dB 줄인 차세대 기지국 시스템을 20% 도입하였을 경우 연간 9,806 MWh, 30% 도입 시 연간 14,710 MWh, 40% 도입 시 연간 19,615 MWh의 전력을 절감할 수 있는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 케이블 전력손실을 줄인 차세대 안테나 시스템 기지국이 전력효율 및 전력손실 절감에 효과가 있는 것으로 사료된다.

표 3. 케이블 전력손실 5dB 보상에 따른 전력절감량(MWh) 비교

서비스별 전력량 (MWh)		도입율		
		20%	30%	40%
CDMA 20W	소비전력량	22,506	19,693	16,879
	절감량	5,626	8,439	11,253
WCDMA 30W	소비전력량	5,794	5,070	4,345
	절감량	1,448	2,172	2,897
WiBro 10W	소비전력량	10,932	9,565	8,199
	절감량	2,732	4,099	5,465
절감 총계		9,806	14,710	19,615

#### 4.2 탄소 절감효과 분석

본 절에서는 케이블 전력손실을 개선한 차세대 기지국 시스템의 이산화탄소 배출량을 기존 기지국과 산출 비교하고, 이산화탄소 배출량 절감 수준을 분석하고자 한다. 케이블 전력손실이 개선된 기지국은 종래의 기지국과 동등한 효율의 HPA를 사용했을 경우를 가정하고 이산화탄소 배출량을 산출하였다. 연간 이산화탄소 배출량의 산출은 전력 석유환산계수와 전력 탄소배출계수가 필요하며, 본 논문에서는 IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)의 가이드라인과 에너지경제연구원의 통계산출 방식 적용하였다. 이를 바탕으로 연간 이산화탄소 배출량은 다음 식 (1)~(3)에 대입하여 산출할 수 있다<sup>13,14)</sup>. 그러나 본 논문에서는 전력의 이산화탄소 배출절감량을 계산하므로 식 (3)을 적용하였다.

$$\text{전력석유환산량(TOE)} = \text{연간전력소모량(MWh)} \times 0.215(\text{전력석유환산계수}) \quad (1)$$

$$\text{전력탄소배출계수(TC)} = \text{전력TOE} \times \text{전력탄소배출계수} \quad (0.1213, \text{TC}/\text{TOE}) = 0.0261 \quad (2)$$

$$\text{전력이산화탄소배출량(tCO}_2\text{)} = \text{연간전력소모량(MWh)} \times (0.424\text{tCO}_2\text{/MWh)} \quad (3)$$

CDMA 20W급 기지국의 경우 종래에는 연간 37,792tCO<sub>2</sub>의 이산화탄소를 배출하며, WCDMA와 WiBro 또한 연간 9,730 tCO<sub>2</sub>, 18,356 tCO<sub>2</sub>를 각각 배출하여 총 65,878 tCO<sub>2</sub>를 배출한다. 하지만 케이블 전력손실을 5 dB 줄인 차세대 기지국 시스템에서는 연간 총 20,832 tCO<sub>2</sub>의 이산화탄소를 배출하여 68% 탄소절감효과가 있다.

각 이동통신 서비스별로 케이블 전력손실을 5 dB 줄인 이산화탄소 절감량은 표 4와 같다. 차세대 기지국 시스템을 20%까지 도입하였을 경우 연간 4,166 tCO<sub>2</sub>, 30% 도입 시 연간 6,249 tCO<sub>2</sub>, 40% 도입 시 연간 8,333 tCO<sub>2</sub>의 이산화탄소를 절감효과가 있는 것으로 산출되었다. 따라서 케이블 전력손실을 줄인 차세대 기지국 시스템은 이산화탄소 배출량을 대폭 줄일 수 있어 그린 IT 기술로 적합함을 알 수 있다.

표 4. 케이블 전력손실 5dB 보상에 따른 이산화탄소 절감량(tCO<sub>2</sub>)비교

이산화탄소 배출 절감량 (tCO <sub>2</sub> )	도입율		
	20%	30%	40%
CDMA 20W	2,390	3,585	4,780
WCDMA 30W	615	923	1,231
WiBro 10W	1,161	1,741	2,322
절감 총계	4,166	6,249	8,333

## V. 결 론

본 논문은 케이블 전력손실이 개선된 차세대 기지국 시스템을 우리나라의 무선국 현황에 비추어 전력 소모량 및 탄소절감효과 등을 분석하여 이를 도입하기 위한 적합성을 검토하였다.

차세대 기지국 시스템은 재구성 안테나 등을 적용하여 다중 대역을 수용할 수 있는 무선처리부를 옥외에 설치하고, 기저대역처리부는 Fiber Optic Cable로 연결함으로써 종래의 기지국에서 Coaxial Cable로 인해 발생하는 전력손실을 없애는 구조이다. 이는 기존 기지국과 동일한 서비스 커버리지의 확보가 가능하면서도 동시에 HPA의 출력전력을 줄일 수 있어 에너지 절감과 탄소 발생량을 절감하는 효과를 보이는 것으로 분석되었다.

케이블 전력손실을 개선한 차세대 기지국 시스템에

서 5 dB의 케이블 전력손실을 감소시킬 경우 종래의 기지국 출력전력의 약 32%의 출력을 가진 HPA 소자를 사용할 수 있어 전체 기지국 시스템의 전력 소모량을 현격히 줄일 수 있는 것으로 분석되었다. 현재 서비스 중인 무선국 허가 DB에 따르면 20W급 CDMA 56,421국, 30W급 WCDMA 10,072국, 10W급 WiBro 11,255국이며, 이를 바탕으로 실제 케이블 전력손실을 5 dB 줄였을 경우는 전력 소모량은 각각 28,132 MWh, 7,242 MWh, 13,664 MWh 규모이며, 총 전력 소모량은 49,038 MWh로 감소하게 된다. 이는 해당 시스템을 전체 교체했을 경우이며, 차세대 기지국 시스템을 20%, 30%, 40%까지 도입하였을 경우에는 각각 연간 9,806 MWh, 14,710 MWh, 19,615 MWh의 전력을 각각 절감할 수 있다.

또한 이산화탄소 배출량은 종래 기지국 시스템은 연간 총 65,878 tCO<sub>2</sub>를 배출하지만 케이블 전력손실을 5 dB 줄인 차세대 기지국 시스템에서는 연간 총 20,832 tCO<sub>2</sub>의 이산화탄소를 배출하여 68% 탄소절감효과가 있다. 이 결과를 토대로 차세대 기지국 시스템을 20%까지 도입하였을 경우 연간 4,166 tCO<sub>2</sub>, 30% 도입 시 연간 6,249 tCO<sub>2</sub>, 40% 도입 시 연간 8,333 tCO<sub>2</sub>의 이산화탄소를 절감효과가 있다. 따라서 다중 대역을 수용할 수 있고 케이블 전력손실을 줄인 차세대 기지국 시스템은 전력효율과 전력손실 절감 및 이산화탄소 절감에 효과가 있어 그린 IT 기술로 적용이 가능할 것으로 사료된다.

## 참 고 문 헌

- [1] J. Mitola III, "Cognitive radio for flexible mobile multimedia communication", *Proc. IEEE International Workshop on mobile Multimedia communications (MoMuC) 1999*, pp 3-10, Nov., 1999.
- [2] 정영배, 허문만, 홍익표, 전순익, "멀티모드 재구성 기지국 안테나", *한국전자과학회지*, 18(4), pp. 61-71, 2007.
- [3] 엄순영, 정영배, 전순익, 김창주, "차세대 기지국 배열 안테나를 위한 주파수 및 편파 재구성 안테나 소자 기술", *한국전자과학회지*, 20(6), pp. 27-38, 2009.
- [4] C. Zhang, S. Yang, H. K. Pan, A. E. Fathy, S. El-Ghazaly, and V. Nair, "Reconfigurable antenna for simultaneous multi-service wireless applications", *IEEE Radio and Wireless Symposium*,

2007, pp.543-546, 2007.

[5] E. R. Brown, "RF-MEMS Switches for reconfigurable integrated circuits", *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, 46(11), pp.1868-1880, 1998.

[6] A. E. Fathy, A. Rosen, H. S. Owen, F. McGinty, d. J. McGee, G. C. Taylor, R. Amantea, P. K. Swain, S. M. Perlow, and M. Elsherbiny, "Silicon-based reconfigurable antennas-concepts, analysis, implementation, and feasibility", *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, 51(6), pp. 1650-1661, 2003.

[7] 류남규, 윤우석, 최승원, "SDR 스마트안테나 API와 Usecase", *한국전자공학회지*, 33(2), pp. 335-341, 2006.

[8] 반경식, "이동통신 기반시설의 공동사용에 관한 연구: 기지국 공용화를 중심으로", *한남대 정보 산업대학원*, 2004.

[9] 김충남, "차세대 이동통신 실무기술", *진한도서*, 2001.

[10] T. Wu, R. L. Li, S. Y. Eom, K. Lim, S. I. Jeon, J. Laskar, and M. M. Tentzeris, "A multiband/scalable reconfigurable antenna for cognitive radio base station", *IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium*, 2008.

[11] 정정수, 최성호, "LTE 초소형 기지국", *한국통신 학회지*, pp.41-48, 2008.

[12] 최두현, 문연태, 김도균, 최영완, "Wave 2 규격을 위한 와이브로 기지국용 일체형 복합 RF unit 연구", *대한전기학회논문지*, 57(9), 99. 1660-1668, 2008.

[13] IPCC [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)

[14] 에너지경제연구원 [www.keei.re.kr](http://www.keei.re.kr)

오 승 곤 (Sung-Kon Oh)

정회원



1988년 2월 서울시립대학교 전  
자공학과 졸업  
2000년 8월 한국과학기술원 통  
신공학과 석사  
2009년 9월~현재 숭실대학교 전  
자공학과 박사과정  
<관심분야> VLSI설계, OFDM,  
4G 및 WiFi, 스펙트럼분배할당

안 준 오 (Juno An)

정회원



1993년 2월 경희대학교 전자공  
학과 졸업  
1995년 2월 경희대학교 전자공  
학과(석사)  
2007년 2월 경희대학교 전파공  
학과(박사)  
2001년 2월~2010년 2월 한국

전파진흥협회 팀장  
2010년 3월~현재 미래전파공학연구소 소장  
<관심분야> 스펙트럼 엔지니어링, 전자파인체영향  
(EMF), 전자파적합성(EMC)

김 부 균 (Boo-Gyoun Kim)

종신회원



1979년 서울대학교 전자공학과  
졸업(공학사)  
1981년 KAIST 전기및전자공학  
과(공학석사)  
1989년 University of Southern  
California, 전자공학과(공학박  
사)

1997년~1998년 Univ. of California at Santa Barbara  
방문 부교수  
2004년~2006년 산자부 산업기술발전심의회 위원  
2008년~2010년 숭실대학교 IT대학 학장  
1981년~현재 숭실대학교 정보통신전자공학부 교수  
<관심분야> EMI, EMC, 위상 배열 안테나, SiP, 무  
선통신