

# Excess Power 를 이용한 HSDPA throughput 개선

김 태 현\*  
(Tae Hyun Kim and )

**Abstract :** 3GPP는 사용자의 다운링크 패킷 데이터 Throughput을 높이고, NodeB에 MAC계층을 위치시켜, 사용자의 스케줄링과 재전송을 담당하게 함으로써, 다운링크 패킷의 전송 지연을 감소시키는 HSDPA(High Speed Data Packet Access)기술을 Release 5에서 도입하였다.

NodeB에 위치한 MAC-hs 스케줄러는 각각의 사용자에게 가용한 NodeB의 RF power와 code 자원을 제공하며, R99에서 사용했던 Power control을 이용하는 대신, AMC(Adaptive Modulation and Coding)기능을 제공하여 Radio conditions에 따라 전송되는 Data Format을 조정하여 채널환경이 좋은 사용자에게는 높은 data Throughput을 제공하며, 채널환경이 좋지 않은 사용자에게는 낮은 data throughput을 제공하고 있다.

본 고에서는 매 TTI에 스케줄링된 사용자에게 제공하고도, RF power 및 code 자원이 남아 있을 경우, 스케줄러는 남은 자원을 각각의 사용자에게 재 분배하여, 초기에 추정된 HSDPA Throughput보다 향상된 성능을 갖을 수 있음을 설명하였다.

**Keywords:** HSDPA, Scheduler, AMC, HARQ, Power management, Excess power

## I. 서론

국내 이동통신은 아날로그 방식의 FDMA를 거쳐, 2세대 이동통신인 CDMA(Code Division Multiple Access)를 기반으로 많은 발전을 이루었으며, 초기 음성서비스에서 현재는 다양한 무선 인터넷 서비스를 제공하고 있다. 고속의 무선 인터넷 서비스를 원하는 사용자들의 요구는 3G 이동통신으로 진화를 이루었으며, 동기식의 1x EV-DO/EV-DV와 비동기 방식의 WCDMA 가 현재 제공 중이다.

비동기식을 대표하는 3GPP에서 제안한 WCDMA는 Release 4를 거쳐, Release 5에서는 보다 향상된 다운링크 특성을 제공하는 HSDPA(High Speed Downlink Packet Access)를 도입했으며, Release 6에서는 향상된 업링크 속도를 제공하여, 사용자들이 보다 빠른 속도의 무선 인터넷을 사용할 수 있게 되어, 보다 고속의 편리한 서비스를 제공받게 되었다.

본 고에서는 HSDPA의 일반적인 특성을 설명하고, 여기에 향상된 RF 파워 할당 개념을 도입하여, 보다 안정되고 빠른 속도의 HSDPA 서비스가 가능한 방법을 설명하였다.

## II. 본론

3GPP는 사용자의 다운링크 패킷 데이터 Throughput을 높이고, NodeB에 MAC계층을 위치시켜, 사용자의 스케줄링과 재전송을 담당하게 함으로써, 다운링크 패킷의 전송 지연을 감소시키는 HSDPA(High Speed Data Packet Access)기술을 Release 5에서 도입하였다.

NodeB에 위치한 MAC-hs 스케줄러는 각각의 사용자에게 가용한 NodeB의 RF power와 code 자원을 제공하며, R99에서 사용했던 Power control을 이용하는 대신, AMC(Adaptive Modulation and Coding)기능을 제공하여 Radio conditions에 따라 전송되는 Data Format을 조정하여 채널환경이 좋은 사용자에게는 높은 data Throughput을 제공하며, 채널환경이 좋지 않은 사용자에게는 낮

은 data throughput을 제공하고 있다.

본 고에서는 매 TTI에 스케줄링된 사용자에게 제공하고도, RF power 및 code 자원이 남아 있을 경우, 스케줄러는 남은 자원을 각각의 사용자에게 재 분배하여, 초기에 추정된 HSDPA Throughput보다 향상된 성능을 갖을 수 있음을 설명하였다.

대표적인 HSDPA 기술은 아래와 같다.

### 1.1 AMC (Adaptive Modulation and Coding)

기존 WCDMA R99의 대표적인 링크 적응 기법은 전력 제어으로써, 무선 환경에 따라 전력을 제어하여 전송 품질을 유지시키는 방법이다. 전력 제어의 경우 고정된 target SIR(Signal-to-Interference Ratio)을 얻기 위해 전송 전력을 채널에 따라 변화 시켜서, 음성과 같이 고정된 전송률이 필요한 상황에서 링크의 품질을 보장하기 위한 시스템에 효율적인 방식이다.

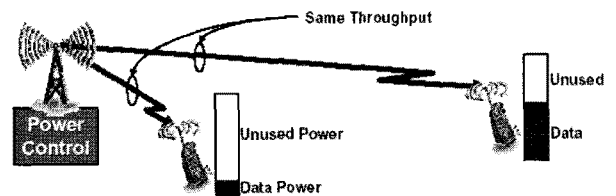


그림 1. R99 전력 제어

하지만, 멀티미디어 데이터는 서비스 종류에 따라 다양한 전송률 및 다양한 전송 품질 등을 요구하므로, 기존 음성 위주의 서비스 제공과는 다른 개념의 링크 적응 기법이 요구된다.

AMC는 무선 링크의 효율적인 사용을 위한 링크 적응(Link Adaptation) 기법 중 하나로써, 채널 환경 변화에 따라 미리 정의된 MCS (Modulation and Coding Selection) 레벨 중 가장 적합한 전송 방식을 결정하여 전송하는 방식이다.

\* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수 : 20xx. x. x., 채택확정 : 20xx. x. xx.

김태현, : LG-Nortel 연구소, WAS team

(taehyun@lg-nortel.com)

HSDPA에서는 AMC를 보다 효율적으로 적용하기 위해 QPSK와 16QAM 변조 방식을 적용하고 있으며, 코드율 1/3 인 터보코드를 효율적으로 평처링하여 다양한 MCS 레벨을 지원한다. 또한 채널 품질을 송신측에 전달하기 위해 단말은 수신된 채널 환경을 CQI를 사용하여, 기지국에 알려 준다.

즉 전파상태에 따라 사용자의 속도에 변화가 많게 되는데, 예를 들어, 기지국 바로 밑과 같이 전파상태가 우수한 경우 통신속도가 14Mbps, 기지국 주변의 전파상태가 비교적 양호한 장소에서는 7~8Mbps, 그리고 셀 주변지역과 같이 잡음이 많은 장소에서는 2Mbps 정도로 떨어진다. 이처럼 통신속도가 크게 변화하는 주된 이유는 전파상태에 따라 2ms마다 변조방식이나 부호화율을 제어하기 때문이다. 한편, 최대속도는 14Mbps이지만 동일 셀 내에 복수의 사용자가 있는 경우 속도를 공유하기 때문에 1인당 평균속도는 2~4Mbps 정도를 제공한다.

이러한 rate adaptation은 전파 환경에 따라 즉각적인 상호 운영이 가능하도록 기지국에 Mac-hs를 위치시켜, 스케줄링을 수행하는 구조를 갖고 있다.

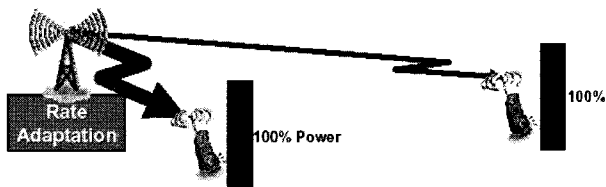


그림 2. HSDPA 링크 적응 기법

### 1.2 HARQ (Hybrid ARQ)

H-ARQ는 MAC 계층의 오류 제어 기법인 ARQ(Automatic Repeat Request)와 물리계층의 오류 제어 기법인 채널 코딩을 결합한 기술이다.

패킷 전송 시스템에서 전송 품질의 중요한 척도는 FER이며, 일반적인 패킷 전송 시 약 0.1%의 FER을 요구한다.

FER 측면에서 프레임에 단 한 비트의 오류만 존재해도 오류로 처리되므로, FER을 낮추는데 매우 많은 전력이 필요하게 되며, 만일 이 FER 요구 사항을 보다 높일 수 있다면 전송 전력 측면에서 큰 이득을 얻을 수 있을 것이다.

HSDPA는 FER을 10%로 설정하며, 이 때 발생하는 패킷 오류를 HARQ를 이용하여 복구함으로써, 10% 이하의 FER을 만족하기 위해 낭비되는 전송 전력을 감소시킬 수 있다.

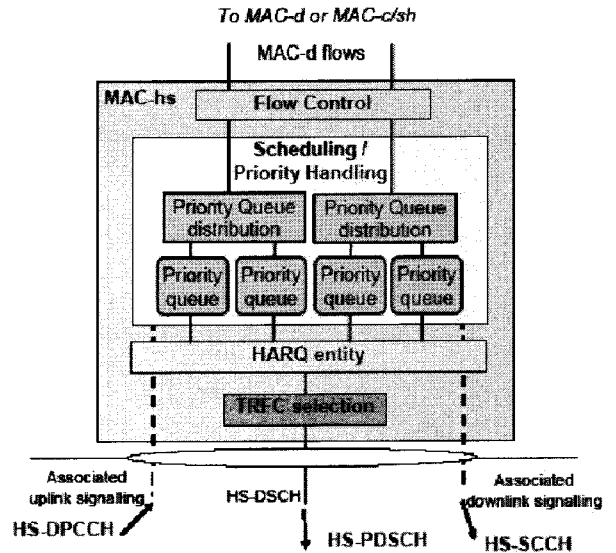
Chase Combining 또는 Incremental Redundancy (IR) 방식을 적용하여, 기존에 수신된 데이터와 재전송된 수신 데이터를 효율적으로 조합하여 디코딩함으로써, 보다 향상된 성능을 갖게 된다.

### 1.3 스케줄링

무선 자원의 효율적인 사용을 위해 UMTS 시스템은 RRC(Radio Resource Control) 프로토콜을 사용하고, RRC는 사용자 및 데이터에 대한 효율적인 자원 분배를 수행하기 위해

사용되며, 무선 접속망의 RNC(Radio Network Controller)에 위치하게 된다. RNC는 여러 개의 Node-B를 제어하며, 여러 Node-B로부터 수신된 정보를 이용하여 자원 할당 및 조정 기능을 수행한다.

그림 :



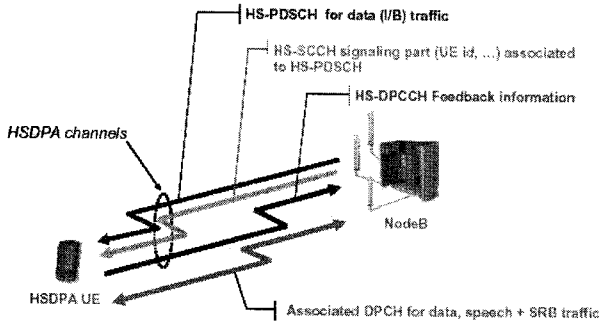
하지만 RRC가 RNC에 위치할 경우, 네트워크상의 지연 발생 및 빠르게 변화하는 채널 환경에 적용하는데 어려움이 많아, Bursty한 패킷 전송에 불합리하게 된다.

그러므로, HSDPA에서는 기존에 RRC에 존재하던 스케줄링 기능을 Node-B의 MAC로 이전하였으며, 전송 단위를 기존 10ms에서 2ms로 줄여 패킷 전송 특성에 효과적으로 적응하도록 구현하였다.

특히 서비스 및 사용자 간의 Proportion과 Fairness를 유지하기 위해서 각사에서는 다양한 SW(Scheduling Weight Function)을 구현하였다.

기본적으로는 CQI를 기본으로 사용자의 throughput이 결정되어, 단말이 보고하는 높은 CQI값, 즉 좋은 RF환경의 사용자는 높은 throughput을 제공 받으며, 반대로 나쁜 RF환경의 사용자는 낮은 throughput을 제공받게 된다. 또한 운영자는 SPI(Service Priority Indicator)에 의해 각 서비스별로 priority를 정할 수 있어, 중요한 서비스에 대해서는 필요한 QoS를 유지시켜, 보다 좋은 서비스 quality를 제공할 수도 있으며, 또한 throughput이 특정 data bits 이하로 제공 받을 경우에는, 그 사용자의 scheduling Priority를 높여서, 특정 data bits 이상의 throughput이 제공되도록 하는 scheduling 알고리즘이 제공된다. 이를 통해, 나쁜 CQI를 보고하는 단말의 경우에도, 일정 수준의 data를 전송하는 fairness 알고리즘을 적용할 수 있다.

### 1.4 새로운 물리 채널



그림

HSDPA는 기존 WCDMA R4의 물리채널에 새로운 물리채널을 추가하여, 기존 R99 call에 영향 없이 다운링크 throughput을 증가시킬 수 있게 되었다.

**1.4.1) High Speed Uplink DPCCH(HS-DPCCH)**

HS-DPCCH(High Speed Dedicated Physical Control Channel)는 HSDPA의 하향 패킷데이터 전송을 보조하기 위해 단말이 기지국으로 피드백해야하는 시그널링 정보를 전송하는 상향채널이다.

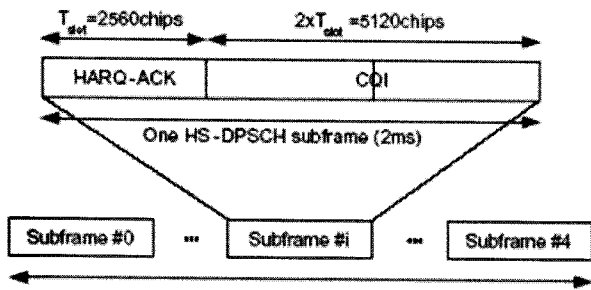


그림 HS-DPCCH의 프레임 구조

하향 패킷데이터 전송을 보조하기 위해 필요한 상향 시그널링 정보에는 HARQ-ACK(Hybrid ARQ Acknowledgement), CQI(Channel Quality Indicator)가 있다.

HARQ-ACK은 HS-DSCH를 통해 전송된 하향 패킷데이터를 단말이 성공적으로 수신하였는지 여부를 기지국에게 알려주기 위한 1비트 정보이며 CQI는 단말이 측정된 하향 채널 품질에 매핑된 하향 전송 파라미터를 피드백하는데 사용되는 5비트 정보이다.

각 단말의 상향 링크로는 한 개의 상향 DPCCH와 최대 6개까지의 상향 DPDCH, 그리고 한 개의 HS-DPCCH가 동시에 전송될 수 있다.

HS-DPCCH의 확산 계수는 256이며 확산 부호로는 CHS = Cch, 256, 64를 사용한다.

각 슬롯이 2560칩으로 구성되고 BPSK 변조가 사용되며 확산 계수가 256이므로 하나의 HSDPCCH 슬롯 당 10비트가 전송될 수 있다.

**1.4.2) High Speed Shared Control Channel (HS-SCCH)**

HS-SCCH(High Speed Shared Control Channel)는 HS-DSCH로 전송되는 패킷데이터를 단말기가 수신하는데 필요한 제어정보와 기타 용도의 제어정보를 기지국이 전송하는데 사용하

는 하향채널

기지국은 하나의 단말에게 HS-DSCH를 전송하기 위해 한 개의 하향 DPCH와 M개의 HS-SCCH를 이용하여 관련 정보를 전송해야 하며 이 때, 하나의 단말에게 전송되는 HS-SCCH들의 집합을 HSSCCH set이라 한다

하나의 HS-SCCH set에는 M(최대 4)개의 HS-SCCH가 포함될 수 있으며, 단말은 한 개의 하향 DPCH와 최대 4개의 HSSCCH를 동시에 모니터링 할 수 있어야 한다.

HS-SCCH 서브프레임의 길이는 HS-DSCH의 전송시간 구간(Transmission Time Interval, TTI)에 해당하는 2ms이며 각각 2560칩으로 구성된 세 개의 슬롯으로 이루어진다. HS-SCCH는 QPSK 변조되며 확산 계수는 128이다.

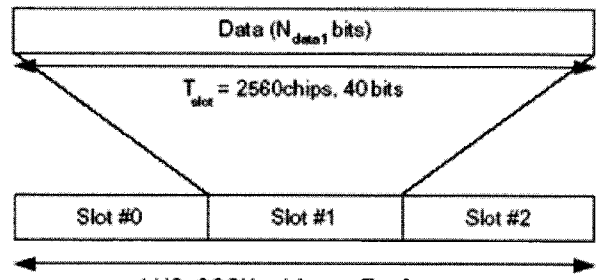


그림 HS-SCCH의 서브 프레임 구조

분류	종류	비트 수	전송 파트
TFRI (Transport Format and Resource Indicator)	Channelisation code set	7	파트 1
	Modulation scheme	1	
H-ARQ information	Transport block set size	6	파트 2
	H-ARQ process information	3	
	Redundancy and constellation version	3	
	New-data indicator	1	
	UE ID	10	

그림 HS-SCCH에 전송되는 정보의 종류 및 비트 수

위의 정보들은 두 부분(파트 1, 파트 2)으로 나뉘어 각각 부호율 1/2인 길쌈 부호화를 거쳐 각각 rate matching된다. 이 중 파트 1 부분은 사용자 지정자(UE ID)와 관련된 시퀀스에 의해 마스크된다. 이러한 과정을 거쳐 생성된 채널 비트는 파트 1 부분이 40비트, 파트 2 부분이 80비트가 되어 각각 첫 번째 슬롯, 두/세번째 슬롯에 전송된다.

**1.4.3) High Speed Physical Downlink Shared Channel(HS-PDSCH)**

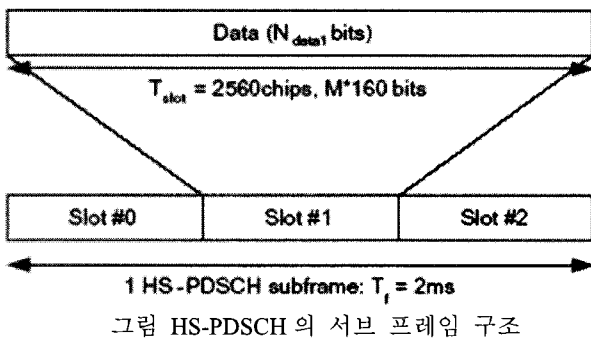
HS-PDSCH(High Speed Physical Downlink Shared Channel)는 HS-DPCCH를 통해 기지국으로 전달된 정보와 패킷데이터 전송에 사용할 수 있는 기지국 송신전력의 양 및 패킷데이터

전송에 사용할 수 있는 채널화 부호의 개수 등을 고려하여 선택된 단말에게 패킷데이터를 전송하는데 사용하는 하향채널

HS-DSCH는 고속 패킷데이터 전송을 위한 하향 전송채널 (downlink transport channel)이다.

특정 순간에 패킷데이터를 특정 단말에게 전송하기 위해서는 하나의 HS-DSCH와 한 개의 하향 DPCH, 그리고 한 개 이상의 HS-SCCH가 동시에 사용되어야 한다

HS-PDSCH는 HS-DSCH 데이터를 전송하기 위해 사용되는 하향 물리채널로서 각 기지국은 최대 15개의 HS-PDSCH를 운용할 수 있다. 각각의 HS-PDSCH는 길이 16 짜리 채널화 부호에 의해 확산되며 하나의 HS-DSCH는 한 개 이상의 HS-PDSCH를 통하여 데이터를 전송할 수 있다.



Slot format #	Channel Bt Rate(kbps)	Channel Symbol Rate(kbps)	SF	Bits/HS-DSCH subframe	Bits/Slot	N <sub>data</sub>
0(GPSK)	480	240	16	960	320	320
1(TSCAM)	960	240	16	1920	640	640

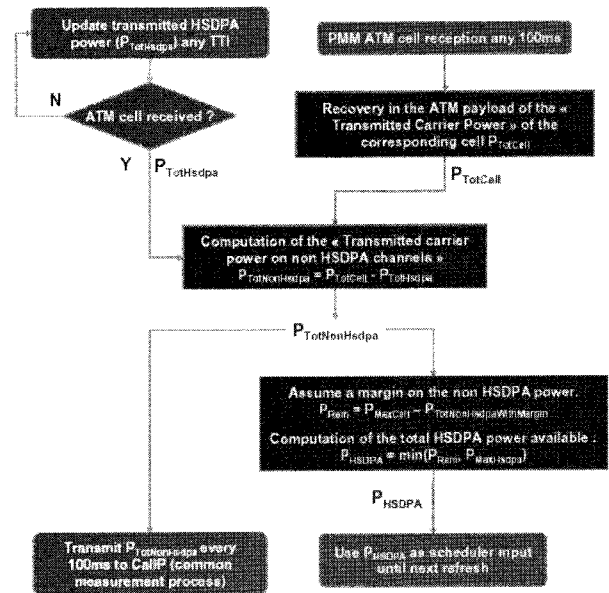
그림 HS-PDSCH의 슬롯 형식

### 1.5 Power management.

HSDPA는 기본적으로 DCH 호에 사용되지 않는 power를 HSDPA 호에 할당하는 구조이므로, 기존 DCH 호에 영향을 미치지 않으며, HSDPA에 많은 power를 할당하기 위해서는 정확한 Power management가 매우 중요하게 된다.

매 2ms TTI마다 서비스를 제공받을 단말을 선정하고, 각 단말에 전송할 HS-SCCH power와 HS-PDSCH power를 계산하게 된다. 이전에 Mac-hs 스케줄러는 기지국에 가용한 power를 정확히 계산하여 알고 있어야 한다. 즉 현재 기지국의 전체 power에서 HSDPA가 아닌 용도로 사용된 기지국 power값을 빼어, HSDPA의 용도로 사용할 기지국 power를 추정하게 된다. 이 때 기지국의 capability에 따라 다르지만, 보통 100ms 단위의 power 측정 및 계산을 수행한다.

자세한 기지국 HSDPA power 계산은 아래와 같다.



### 1.6 Excess Power Management

HSDPA는 단말이 보고하는 CQI에 근거하여, 적절한 modulation과 TBS등을 결정하게 되는 데, 만약 제공되는 cell에 HSDPA 단말이 적을 경우, 모든 단말에게 RF Power및 code자원을 할당하고도 남은 자원이 발생할 수 있다.

이 경우, 남은 자원을 그대로 사용하지 않고, 소모해 버리는 대신, 기존에 scheduling된 단말에게 할당하여, HSDPA throughput을 높일 수 있다. 특정 단말에게 이미 최대의 TBS를 제공하는 경우에는 excess power 기능을 disable시켜, 셀의 RF 품질을 보장하도록 구현할 수 있다.

각각의 사용자(U<sub>i</sub>)에게 할당되는 Excess Power는 아래와 같이 계산되어 진다.

$$P_{\Delta Tx}^{HS-DSCH}(u_i) = \lambda_{\text{excess}} \cdot P_{av}^{HSDPA} \cdot \frac{W(u_i)}{W_{\text{total}}^{HSDPA} - W_{av}^{HSDPA}}$$

$\lambda_{\text{excess}}$ 는 내부 tunable parameter인 HSDPA\_Allocate\_Excess\_Power 이며,  $W_{\text{total}}^{HSDPA}$ 는 전체 HSDPA에 할당된 code수이며,  $W(u_i)$ 는 실제 User에게 할당된 HSDPA codes수이다.  $P_{av}^{HSDPA}$ 는 전체 available한 power에서 HS-SCCH와 HS-DSCH를 제외한 power이다.

이렇게 얻게된  $P_{\Delta Tx}^{HS-DSCH}$ 는 아래와 같이 기존에 할당된  $P_{Tx}^{HS-DSCH}$ 와 더해지게 된다.

$$P_{Tx}^{HS-DSCH}(u_i) := P_{Tx}^{HS-DSCH}(u_i) + P_{\Delta Tx}^{HS-DSCH}(u_i)$$

이러한 power resources의 최적화된 할당은 기존 채널카드 대비 상당한 HSDPA throughput향상을 얻을 수 있게 된다.

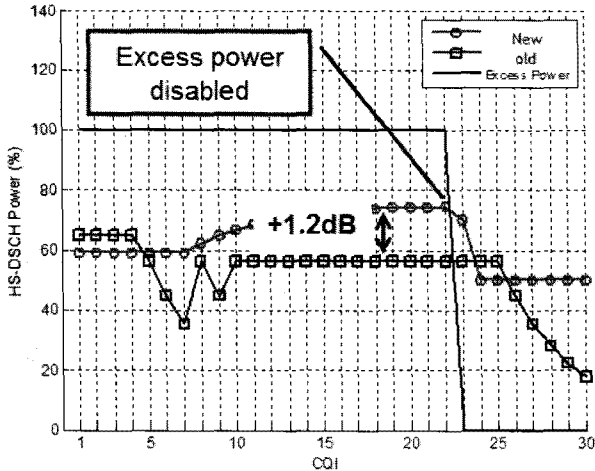
이러한 성능 향상은 User가 한명인 경우에서도, 상당한 개선 효과를 볼 수 있다.

### 시물레이션

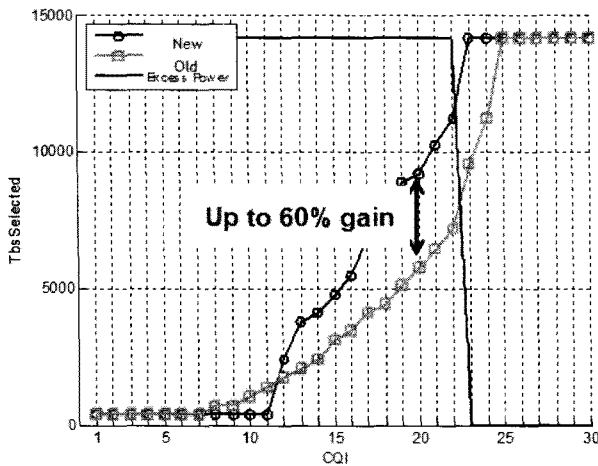
시물레이션 조건은 category 8 인 UE 경우이며, excess power allocation은 특정 threshold에 도달한 경우, disable된다.

자세한 시나리오는 :

- 10 HS-PDSCH codes available
- maxTxPower\_dBm = 45.0 dBm
- PowerCpich\_dBm = 35 dBm
- MPO = 7.5 dB
- PowerHsdpaAvailable = 75 %



기존 채널카드에 비해, 최대 1.2dB가량 높은 HS-PDSCH power를 할당할 수 있으며, 이를 통해, HSDPA throughput은 아래처럼, 최대 60%의 증대를 보일 수 있다.



위의 simulation 결과와 같이, 남은 HSDPA자원을 이용하여, 스케줄링 될 단말에게 할당할 경우, 기존 보다 많은 throughput향상을 이룰 수 있게 된다.

**IV. 결론**

지금까지 전반적인 HSDPA에 적용된 기술에 대해 설명했으며, 더불어 HSDPA throughput개선을 위해 적용된 excess power management에 대해 설명하였다.

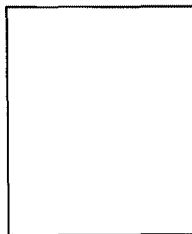
시뮬레이션을 통한 시험 결과에서 보면, 최대 60% 가까이 성능향상을 이룰 수 있어, 보다 증가된 속도의 HSDPA서비스를 받을 수 있게 되었다.

현재 이동통신을 이용한 무선 인터넷은 이미 유선 인터넷의 수요와 맞먹는 수준까지 증가하였으며, 점차로 사용자의 무선 인터넷의 수요는 더욱 더 높은 데이터 속도와 다양한 멀티미디어 서비스를 제공 받기를 원하고 있다.

이 시점에서 새로운 3G 기술인 와이브로의 경쟁관계에 있는 3GPP R5 HSDPA/HSUPA는 현재 안정된 WCDMA기반에서 서비스를 제공하고 있으며, 다양한 enhancement를 통해 보다 높은 데이터 속도 및 시스템 안정성을 확보하기 위해 노력 중이다.

**참고문헌**

- [1] S. Arimoto, "Linear controllable systems," *Nature*, vol. 135, pp. 18-27, July, 1990.
- [2] 3GPP TS 25.212 "Multiplexing and Channel Coding(FDD)", Release 5.
- [3] 3GPP TS 25.213 "Spreading and Modulation(FDD)", Release 5.
- [4] 3GPP TS 25.214 "Physical layer procedure(FDD)", Release 5.
- [5] 최진성, "초고속 데이터 서비스 기술(HSDPA) 기술 분야"
- [6] S. Gollamudi, "Power Allocation Algorithms for HS-SCCH and EDCH Downlink Signalling Channels," Presentation Channel Element Meeting, 2005.



김 태 현

1989년 인하대학교 전자공학부 졸업.  
1989년~현재 LG-Nortel 안양 연구소 재직.  
관심분야는 이동통신 시스템.