

# WCDMA 개선된 상향링크에서 실시간 트래픽의 서비스 품질을 보장하는 하이브리드 스케줄링 알고리즘

정희원 강 유 진\*, 김 준 수\*\*, 종신회원 성 단 근\*\*

## Hybrid Scheduling Algorithm for Guaranteeing QoS of Real-time Traffic in WCDMA Enhanced Uplink

You Jin Kang\*, Junsu Kim\*\* *Regular Members*, Dan Keun Sung\*\* *Lifelong Member*

### 요 약

3세대 이동통신 시스템의 상향링크 고속 패킷 데이터 전송을 위한 표준인 WCDMA의 개선된 상향링크 시스템의 도입은 실시간 비디오 스트리밍, 게임, IP 기반의 음성, 파일 전송 등과 같은 다양한 종류의 멀티미디어 서비스를 제공해 줄 것이라 예상된다. 본 연구에서는 WCDMA의 개선된 상향링크 시스템에서 실시간 트래픽의 서비스 품질을 보장하여 서비스들을 효율적으로 처리하기 위한 스케줄링 방식을 제안한다. 지연에 민감한 음성과 같은 트래픽은 선택되는 사용자 수를 엄격하게 제한하는 부호영역에서의 스케줄링과, 시스템의 수율을 보장하기 위해 가중치 값을 적응적으로 할당하는 시간영역 스케줄링을 혼합한 하이브리드 스케줄링 방식을 제안하고, 시뮬레이션을 통해 시스템 레벨의 지연, 지연변동, 수율 등의 성능을 종합적으로 분석한다.

**Key Words** : HSUPA, WCDMA enhanced uplink, 3GPP, Scheduling, QoS

### ABSTRACT

As a demand for high speed uplink packet services increases, the WCDMA enhanced uplink, also known as high speed uplink packet access (HSUPA), has been specified in release 6 by 3GPP. This HSUPA will provide various types of multimedia services, such as real-time video streaming, gaming, VoIP, and FTP. Generally, the performance of HSUPA is dominated by scheduling policy. Therefore, it is required to design a scheduling algorithm considering the traffic characteristics to provide QoS guaranteed services in various traffic environments. In this paper, we propose a scheduling algorithm considering the traffic characteristics to guarantee QoS in a mixed traffic environment. Finally, the performance of the proposed scheduling algorithm is evaluated in terms of average packet delay, packet delay jitter, and system throughput using a system level simulator.

### I. 서 론

3GPP에서 진행중인 WCDMA 시스템은 release 5에서 고속의 하향링크 패킷 데이터 전송을 위한 high speed downlink packet access (HSDPA)에 이

어서, release 6에서 고속의 상향링크 패킷 데이터 전송을 위한 WCDMA enhanced uplink (high speed uplink packet access, HSUPA)의 표준을 2005년 3월 확정하였다<sup>[1-4]</sup>. WCDMA enhanced uplink 시스템의 개발에 따라 e-mail 등 간단한 메

\* 케이티프리텔 연구개발원 단말연구소 MS서비스개발팀(yjkang@cnr.kaist.ac.kr),

\*\* 한국과학기술원 전자전산학과 통신망연구실(jskim@cnr.kaist.ac.kr, dksung@ee.kaist.ac.kr)

논문번호 : KICS2007-06-267, 접수일자 : 2007년 6월 11일, 최종논문접수일자 : 2007년 11월 6일

시지 뿐 만 아니라, real-time video streaming, real time gaming, VoIP, FTP 등과 같은 다양한 종류의 멀티미디어 서비스에 대한 요구가 예상된다. 뿐만 아니라 실시간 서비스의 품질 즉, 지연 (delay), 지연변동 (delay variation, jitter) 보장에 대한 요구 역시 증가할 것으로 예상된다. 따라서 WCDMA enhanced uplink에서 다양한 종류의 트래픽이 섞여 있을 때, 실시간 트래픽의 서비스 품질을 보장하기 위한 스케줄링 알고리즘에 관한 연구가 필수적이다.

기존의 CDMA 상향링크 시스템의 경우, 상향링크 간섭에 의해 시스템 성능이 제한되어 있어, CDMA 상향링크 시스템 수율을 개선하기 위한 연구들이 제안되었다<sup>15-8)</sup>. 기존의 스케줄링 방식들은 트래픽의 종류에 관계없이 시스템 수율을 높이기 위한 것으로, 다양한 종류의 트래픽을 고려하는 WCDMA enhanced uplink 환경에는 적합하지 않으며 새로운 스케줄링 방식이 요구된다.

본 논문에서는 여러 종류의 트래픽이 섞여있을 때, 시스템의 수율을 보장하면서 실시간 트래픽의 QoS 즉, 지연특성을 보장하기 위한 하이브리드 스케줄링 알고리즘을 제안한다. 제 2장에서는 CDMA 상향링크에서 기존의 스케줄링 알고리즘에 대해 알아보고, 제 3장에서는 하이브리드 스케줄링 알고리즘을 제안한다. 제 4장에서는 시스템레벨 시뮬레이션을 통해 제안하는 하이브리드 스케줄링 알고리즘의 지연, 지연변동, 수율 등의 성능을 종합적으로 분석한다. 제 5장에서는 본 연구의 결론을 맺는다.

## II. 관련 연구

### 2.1 WCDMA enhanced uplink

WCDMA enhanced uplink는 상향링크 데이터 전송 속도를 개선한 시스템이다. WCDMA enhanced uplink는 Node B 기반의 빠른 스케줄링, soft combining 기법을 이용한 H-ARQ, 2 msec의 짧은 TTI를 적용함으로써, 시스템의 수율 및 전송 지연을 개선하였다<sup>9-11)</sup>. WCDMA enhanced uplink의 스케줄링은 그랜트 요청과 할당을 기본으로 하여 이루어진다. 데이터를 전송하고자 하는 UE들은 Node B에게 그랜트 요청을 하게 되고, Node B는 그랜트 할당을 통해 데이터를 전송할 UE와 이들의 전송 레이트를 결정하게 된다. 절대적인(absolute) 그랜트 또는, 상대적인(relative) 그랜트에 의해 그랜트 할당을 할 수 있다.

### 2.2 기존의 CDMA 상향링크 스케줄링 관련 연구

CDMA 상향링크 스케줄링은 한계 잡음증가 (noise rise) NRmax이내에서 UE의 송신전력과 전송률을 결정하는 기능으로 그림 1과 같이 부호분할 스케줄링 방식과 시간분할 스케줄링 방식이 있다<sup>12)</sup>. 부호분할 스케줄링 방법은 제한된 무선자원을 다수의 UE에게 연속적으로 할당하는 방법이다. 그러나 시스템에 UE가 많아지게 될 경우 한 UE에게 할당하는 전송률이 감소되는 단점을 가지고 있다. 이러한 특성으로 인하여 시스템에 적절한 수준의 UE가 있을 경우, 지속적으로 발생하는 실시간 트래픽의 패킷 전송 지연특성이 개선되는 장점을 갖는다. 그러나 시스템에 UE가 많아지게 될 경우 잡음증가의 증가로 인해, packet drop rate이 증가하고, 수율이 감소한다는 단점을 갖는다.

이와 달리 시간분할 스케줄링 방법은 제한된 무선자원을 소수 또는 한 UE에게 비교적 짧은 시간 동안 할당하는 방법이다. 일반적으로 시간분할 스케줄링은 매 TTI마다 소수 UE를 선택하여 송신전력과 전송률을 할당하게 되고, 선택된 소수 UE만 데이터 전송이 가능하게 된다. 시간분할 스케줄링의 경우 시변하는 무선채널에서 UE의 채널상태를 고려한 opportunistic 전송을 통해 multi-user diversity를 얻고 수율을 증대시킬 수 있는 장점이 있다. 그러나 각 UE의 채널상태에 의하여 지속적인 서비스가 불가능하여 지속적으로 발생하는 실시간 트래픽의 패킷 전송의 지연특성이 나빠진다는 단점을 갖는다.

시스템 수율을 극대화하는데 장점을 갖는 특성으로 인하여 상향링크의 비실시간 트래픽에 대하여 시간분할 스케줄링 방식을 적용하는 많은 연구가 이루어져 있으나, 여러 종류의 트래픽이 혼재해 있을 때, 시스템 수율을 유지하면서 실시간 트래픽의 QoS를 보장하기 위한 연구는 아직 확립되어 있지 않다. 따라서 추후 상용화 될 WCDMA enhanced uplink에서 실시간 트래픽의 QoS를 보장하기 위한 하이브리드 스케줄링 알고리즘을 제안하도록 한다.

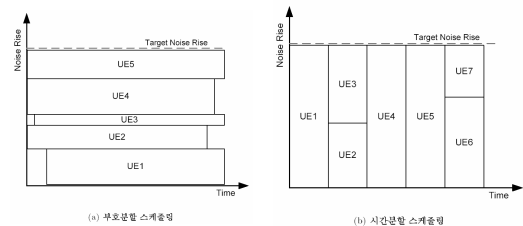


그림 1. 부호분할 스케줄링과 시간분할 스케줄링의 자원 할당방식

### Ⅲ. 실시간 트래픽의 QoS보장을 위한 하이브리드 스케줄링 알고리즘

제안하는 스케줄링 알고리즘은 여러 종류의 트래픽이 섞여있는 상황에서 실시간 트래픽의 QoS를 보장하기 위한 스케줄링으로, 부호분할 스케줄링과 시간분할 스케줄링의 장점을 결합한 하이브리드 스케줄링 방법이다. 사용자의 수를 제한한 부호분할 스케줄링을 통해 실시간 트래픽의 QoS를 엄격하게 보장하고, 실시간 트래픽에 대한 적응형 가중 기법을 적용한 시간분할 스케줄링을 통해 수율과 실시간 트래픽의 QoS를 동적으로 보장하는 방법이다.

제안하는 스케줄러의 구조는 그림 2와 같다. 스케줄러는 크게 트래픽 분류기, QoS 모니터, 큐 선택기, 가중치 생성기의 4부분으로 나눌 수 있다. 제안하는 스케줄러는 트래픽을 특성에 따라 분류한 후, 실시간 트래픽에 대한 그랜트 요청은 persistent service queue로 넣어 부호분할 스케줄링에 의해 일정 시간 동안 고정적으로 그랜트 할당을 받도록 하고, 비실시간 트래픽에 대한 그랜트 요청은 grant service queue로 넣어 시간분할 스케줄링에 의해 매 시간마다 스케줄링을 통한 그랜트 할당을 받도록 한다. 이때, QoS 모니터의 피드백에 의해 큐 선택기를 조절함으로써 persistent service queue로 유입되는 사용자의 숫자를 조절하여, 부호분할 스케줄링을 받는 실시간 트래픽 사용자의 QoS를 엄격하게 보장할 수 있다. 큐 선택기의 동작에 의해 persistent service queue로 들어가지 못한 UE의 그랜트 요청은 grant service queue로 유입되어 시간분할 스케줄링을 받게 되며 이때, QoS 모니터의 피드백에 의해 실시간 트래픽에 대해 적응형 가중 기법을 적용함으로써 시간분할 스케줄링을 받는 실시간 트래픽 사용자의 QoS를 동적으로 보장할 수 있다. 하이브리드 스케줄링을 통해 무선자원은 그림 3과 같이 할당된다. 다음에서 각 부분의 기능과 동작을 자세히 살펴보도록 한다.

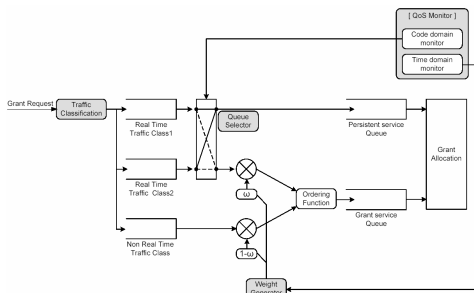


그림 2. 실시간 트래픽의 QoS 보장을 위한 하이브리드 스케줄러의 구조

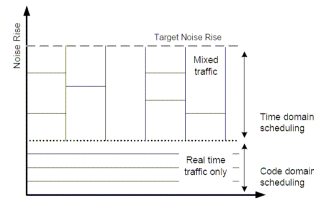


그림 3. 하이브리드 스케줄링 알고리즘의 무선자원 할당방식

#### 3.1 트래픽 분류기

트래픽 분류기는 UE의 그랜트 요청을 트래픽의 특성에 따라 각 클래스 별로 구분하는 기능을 한다. 제안하는 스케줄러에서는 2가지의 실시간 트래픽 클래스와 1가지의 비실시간 트래픽 클래스를 지원한다. UE들로부터 그랜트 요청을 받은 Node B는 E-DPDCH Mac-e header의 logical channel ID 필드정보를 통해 UE가 사용하는 트래픽의 종류를 알 수 있어 각 트래픽의 특성에 따라 분류가 가능하다. UE 트래픽의 생성 레이트가 작고, bursty하지 않은 실시간 트래픽은 실시간 트래픽 클래스 1로 분류된다. UE 트래픽의 생성 레이트가 작지 않거나, semi-bursty한 특성의 실시간 트래픽은 실시간 트래픽 클래스 2로 분류된다. 그 외의 트래픽은 비실시간 트래픽 클래스로 분류된다. 실시간 트래픽 클래스 1 또는 실시간 트래픽 클래스 2로 분류된 UE 그랜트 요청은 큐 선택기의 동작에 의해 persistent service queue 또는 grant service queue로 들어가 코드분할 스케줄링 또는 시간분할 스케줄링을 받을 수 있다. 비실시간 트래픽 클래스로 분류된 UE 그랜트 요청은 grant service queue로 들어가 시간분할 스케줄링을 받는다.

#### 3.2 QoS 모니터

QoS 모니터는 큐 선택기에 피드백을 주는 부호분할 스케줄링 영역 모니터와, 가중치 생성기에 피드백을 주는 시간분할 스케줄링 영역 모니터로 구성된다. 부호분할 스케줄링 영역 모니터는 부호분할 스케줄링을 통해 서비스 받는 패킷에 대해, HARQ-NACK에 의한 packet drop rate을 관측하는 기능을 한다. 부호분할 스케줄링의 경우, 스케줄링을 해주는 UE의 숫자가 증가될 경우, 간섭특성이 나빠져, HARQ-NACK에 의해 drop되는 packet drop rate이 증가하여 수율이 감소되고 지연특성이 나빠진다. 따라서, 관측한 packet drop rate을 큐 선택기에 피드백 해줌으로써 적절한 숫자의 UE를 스케줄링 해줄 수 있도록 한다.

QoS 모니터 중 시간분할 스케줄링 영역 모니터는 시간분할 스케줄링을 통해 서비스 받는 실시간 트래픽의 지연을 관측한다. 트래픽의 지연은 그랜트 요청 시 스케줄링 정보로 전달되는 UE의 buffer 양과, UE의 평균 service rate을 통해서 예측이 가능하다. 시간분할 스케줄링 영역 모니터는 시간분할 스케줄링을 통해 서비스 받은 실시간 트래픽의 패킷 중 제한 지연을 초과하여 수신된 패킷의 비율  $P_{delay\_outage}$ 를 관측한다. 관측된  $P_{delay\_outage}$ 는 실시간 트래픽의 적응형 가중치를 생성하는데 이용된다.

### 3.3 QoS 모니터

큐 선택기는 부호분할 스케줄링 영역 모니터의 packet drop rate의 피드백에 의해 부호분할 영역에서 서비스 받는 UE의 숫자를 조절하는 기능을 한다. 큐 선택기의 조절을 통해 적정 숫자의 UE들에게 지속적으로 실시간 트래픽에 대한 서비스를 제공하여, 실시간 트래픽의 QoS를 엄격하게 보장할 수 있다.

그림 4는 큐 선택기의 동작을 나타낸다. 부호분할 스케줄링 영역의 모니터로부터 피드백 받은 packet drop rate이,  $P_{drop}$ 이고,  $\alpha_1 < \alpha_2 < 1$  일 때, 그림 4(a)와 같이  $P_{drop} < \alpha_1$  일 경우에는, 실시간 트래픽 클래스 1과 실시간 트래픽 클래스 2의 UE를 모두 persistent service queue에 넣어 주어 부호분할 스케줄링을 받는 UE의 숫자를 증가시킨다.  $\alpha_1 < P_{drop} < \alpha_2$  일 경우는 그림 4(b)와 같이 실시간 트래픽 클래스 1은 persistent service queue로, 실시간 트래픽 클래스 2는 grant service queue로 넣어 주어 부호분할 스케줄링을 받는 UE의 숫자를 조절한다. 마지막으로  $P_{drop} > \alpha_2$  일 경우에는 그림 4(c)와 같이 실시간 트래픽 클래스 1과 실시간 트래픽 클래스 2의 UE를 모두 grant service queue로 넣어 주어 부호분할 스케줄링을 받는 UE를 차단하게 된다.

### 3.4 가중치 생성기

가중치 생성기는 매 스케줄링 시간마다 시간분할 스케줄링 영역 모니터로부터 피드백 받은  $P_{delay\_outage}$ 에 따라 실시간 트래픽에 대한 가중치  $\omega$ 를 그림 5와 같이 생성한다. 비실시간 트래픽에 대한 가중치는  $1-\omega$ 로 생성된다. 실시간 트래픽, 비실시간 트래픽에 대해 발생시킨 가중치는 grant request를 올린 UE의 SINR값에 곱해진다. 스케줄러는 가중치를 적용한 SINR값을 기준으로 그랜트 요청을 올린 UE를 ordering하여 grant service queue에 넣는다.

$P_{delay\_outage}$ 가 클 경우에는, 실시간 트래픽에 대한 가중치  $\omega$ 를 증가시켜, 실시간 트래픽을 사용하는 UE가 grant service queue를 앞쪽에 위치하는 확률을 증가시킬 수 있다. 이를 통해 실시간 트래픽에 우선 순위를 주어 실시간 트래픽의 지연을 보장할 수 있도록 하였다. 반면,  $P_{delay\_outage}$ 가 작을 경우 비실시간 트래픽에 대한 가중치  $1-\omega$ 를 증가시킴으로써 비실시간 트래픽의 starvation문제를 해결하도록 하였다. 이와 같은 실시간 트래픽에 대한 가중치법에 대한 가중치법을 통해 시간분할 스케줄링 영역에서 실시간 트래픽의 QoS를 동적으로 보장할 수 있다.

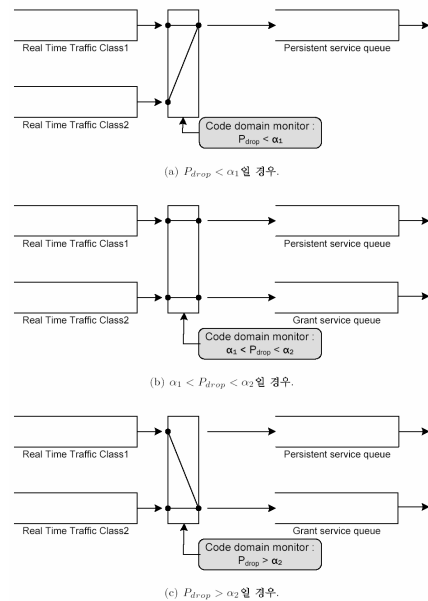


그림 4. 큐 선택기의 동작

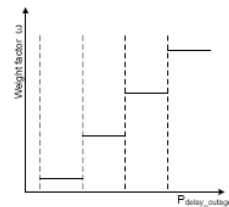


그림 5. 실시간 트래픽에 대한 가중치 발생의 예

## IV. 성능평가

시스템레벨 시뮬레이터를 구현하여 평균 패킷 지연, 패킷 지연 변동, percentile 패킷 지연의 지표를

통해 제안하는 하이브리드 스케줄링 알고리즘의 성능 분석을 하도록 한다. 이때 QoS를 고려하지 않은 시간분할 스케줄링 알고리즘의 성능과 비교함으로써 제안하는 스케줄링의 우수성을 평가하도록 한다.

여러 가지 트래픽이 섞여 있는 환경을 모델링하기 위하여 VoIP, gaming의 두 가지 실시간 트래픽과, FTP의 비 실시간 트래픽을 이용한다<sup>13)</sup>. 각각의 평균 data rate은 10 kbps, 57.5 kbps, 88 kbps와 같다. 셀 내부에 균등하게 분포되어 있는 UE들은 랜덤하게 트래픽을 선택한다. 이때, 각 트래픽의 발생량을 균등하게 하기 위하여 전체 셀 UE들 중 77%는 VoIP 트래픽을, 13%는 gaming 트래픽을, 10%는 FTP 트래픽을 사용하도록 한다. 그 외 시뮬레이션 파라미터는 표 1과 같다.

그림 6과 그림 7은 섹터 당 UE 수를 5에서 50까지 변화시키면서 두 스케줄링 알고리즘에 대한 VoIP 트래픽과 gaming 트래픽의 평균 패킷 지연을 관측한 그래프이다. 일반적으로 QoS를 고려하지 않은 시간분할 스케줄링 알고리즘을 적용할 경우, 섹터 내 UE 수를 증가시킴에 따라 평균 패킷 지연이 크게 증가하는 특성을 관측 할 수 있다. 뿐만 아니라 패킷 크기가 크고 data rate이 높은 gaming 트래픽의 경우 패킷 크기가 작고 data rate이 낮은 VoIP 트래픽 보다 평균 패킷 지연 자체의 값이 매우 큰 것을 확인할 수 있다. 이와 달리 하이브리드 스케줄링 알고리즘의 경우 평균 패킷 지연 자체의 값이 많이 감소하였고, UE 수를 증가시킴에 따른 평균 패킷 지연의 증가량 역시 감소한 것을 확인할 수 있다.

표 1. 시스템레벨 시뮬레이션 환경

Parameter	Value
Carrier frequency	2GHz
Channel bandwidth	5MHz
Cell layout	Hexagonal grid, 3-sector, 2-tier
Cell radius	1 km
UE distribution	Uniform
Channel models	Rayleigh
Traffic models	VoIP, Gaming, FTP
Path loss model	$L=128.14+37.6log_{10}R$
Slow fading model	Log-normal distribution
Standard deviation of slow fading	8.0 dB
Correlation between cells	0.5
Thermal noise density	-174 dBm/Hz
UE noise figure	8dB
UE total Tx. power	20dBm (0.1W)
Power allocation to Tx. power	Control : 20% of total Tx. power E-DPDCH : 80% of total Tx. power
H-ARQ scheme	Chase Combining
Max. number of H-ARQ retransmission	3
TTI (sub-frame) length	2 msec (3 slots)
Other-to-own-cell interference ratio	0.5
$N_{Rmax}$	5dB

실시간 트래픽에서는 평균 패킷 지연 뿐 만 아니라 패킷 지연 변동이 중요한 QoS 지표로 사용된다. 표 2와 표 3은 두 스케줄링 알고리즘에 대한 VoIP 트래픽과 gaming 트래픽의 패킷 지연 변동을 표로 정리한 것이다. 시간분할 스케줄링 알고리즘의 경우 UE가 연속적으로 그랜트 할당을 받기가 어려워 QoS를 고려하지 않은 시간분할 스케줄링 알고리즘은 섹터 내 UE 수가 증가함에 따라 연속적으로 서 서비스를 받을 확률이 낮아지고, 패킷 지연 변동이 크게 증가한다. 반면, 하이브리드 스케줄링 알고리즘은 부호분할 스케줄링과 적응형 기중치를 적용한 시간분할 스케줄링을 통해 패킷 지연 변동을 크게 감소시키는 장점을 얻을 수 있다.

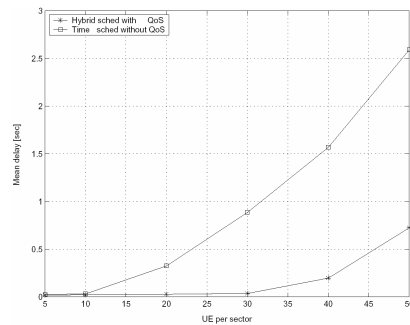


그림 6. VoIP 트래픽의 평균 패킷 지연

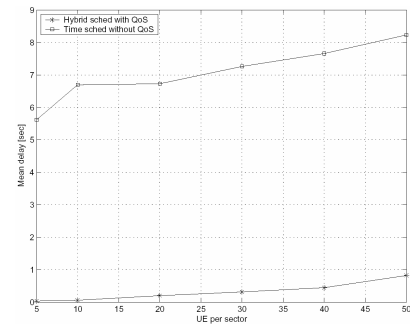


그림 7. Gaming 트래픽의 평균 패킷 지연

표 2. VoIP 트래픽의 패킷 지연 변동

UE per sector	Hybrid scheduling	Time domain scheduling w/o QoS
5	0.000496	0.003155
10	0.02968	0.83476
20	0.186915	99.51005
30	5.096121	265.272963
40	50.752639	265.748599
50	264.154834	713.762218

표 3. Gaming 트래픽의 패킷 지연 변동

UE per sector	Hybrid scheduling	Time domain scheduling w/o QoS
5	0.005901	867.781363
10	1.757301	1218.720796
20	20.769877	1456.477922
30	33.93805	1576.467612
40	66.785225	1676.370885
50	157.25699	2088.979304

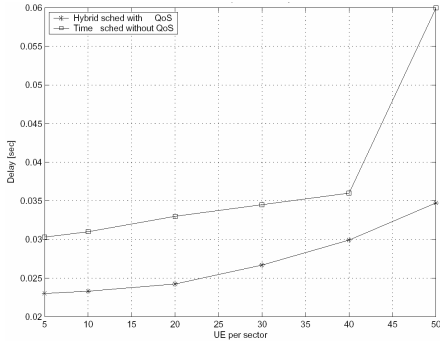


그림 8. VoIP 트래픽의 90% percentile 패킷 지연

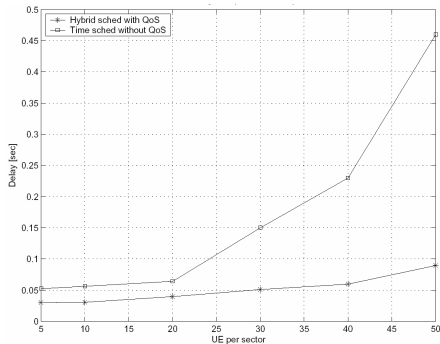


그림 9. 트래픽의 90% percentile 패킷 지연

그림 8과 그림 9는 섹터 당 UE 수를 5에서 50 까지 변화시키면서 두 스케줄링 알고리즘에 대한 VoIP 트래픽과 gaming 트래픽의 90% percentile 패킷 지연을 관측한 그래프이다. 90% 패킷 지연은 패킷 지연 누적분포에서 누적확률이 0.9 일 때의 패킷 지연이다. 하이브리드 스케줄링은 QoS를 고려하지 않은 시간분할 스케줄링 알고리즘에 비해 90% percentile 패킷 지연이 감소했음을 확인할 수 있다. 또한 UE수가 증가함에 따라 급격하게 증가하는 90% percentile 패킷 지연의 증분을 감소시켰음을 확인할 수 있다. 90% percentile 패킷 지연의 감소는 패킷 지연 누적분포를 앞쪽으로 당김으로써 패킷 지연 특성이 개선되었음을 의미한다.

그림 10은 두 스케줄링 알고리즘에 대한 평균 셀 수율을 나타내는 그래프로 제안하는 하이브리드 스

케줄링이 패킷 지연 특성을 개선하면서 QoS를 고려하지 않은 시간분할 스케줄링 알고리즘과 동일한 수준의 평균 셀 수율을 갖는 것을 확인할 수 있다.

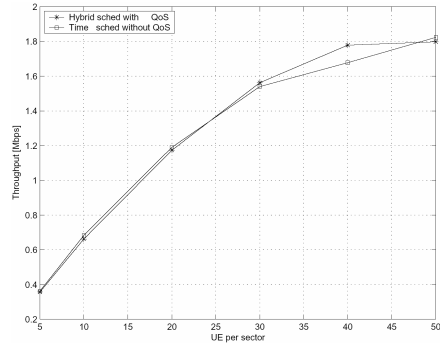


그림 10. 평균 셀 수율

일반적으로, 부호분할 스케줄링 방식이 시간분할 스케줄링 방식에 비해 높은 잡음증가를 갖는 특징이 있다. 제안하는 하이브리드 스케줄링은 부호분할 스케줄링 방식의 특징으로 인해 한계 잡음 증가 내에서 더 높은 잡음증가를 갖음으로써, 시간분할 스케줄링 방식과 동등한 시스템 수율을 보장하며 패킷 지연 특성을 개선할 수 있다.

## V. 결론

3GPP의 상향링크 고속 패킷 데이터 전송을 위한 표준인 WCDMA enhanced uplink시스템의 도입은 다양한 종류의 멀티미디어 서비스를 제공해 줄 것이라 예상된다. 여러 종류의 트래픽이 섞여 있을 때, 기존의 QoS를 고려하지 않은 스케줄링 알고리즘을 사용할 경우, 시스템 관점의 수율은 증가하나 실시간 트래픽의 서비스 품질이 크게 저하되고, 사용자에게 만족도를 제공하지 못하게 된다.

제안하는 하이브리드 스케줄링 알고리즘은 부호분할 스케줄링과 시간분할 스케줄링을 결합한 스케줄링 알고리즘으로, 부호분할 스케줄링을 통해 실시간 트래픽의 패킷 지연을 엄격하게 보장하도록 하고, 실시간 트래픽에 대한 적응형 가중 기법을 적용한 시간분할 스케줄링을 통해 실시간 트래픽의 패킷 지연을 동적으로 보장할 수 있도록 하였다. 제안하는 스케줄러는 실시간 트래픽의 QoS보장에 대한 요구에 따라, 코드분할 스케줄링의 비율과 적응형 가중치의 조절을 통해, 실시간 트래픽의 패킷 지연 성능과 수율의 trade off 관계를 조절할 수 있는 유

연한 구조라는 점에서 장점을 갖는다. 제안하는 하이브리드 스케줄링 알고리즘은 지연, 지연변동, 수율 등의 시스템 성능을 향상시킴을 확인하였다.

참 고 문 헌

[1] *Physical channels and mapping of transport channels onto physical channels (FDD)*, 3GPP TS 25.211, v6.7.0, Dec. 2005.

[2] *Multiplexing and channel coding (FDD)*, 3GPP TS 25.212, v6.7.0, Dec. 2005.

[3] *Spreading and modulation (FDD)*, 3GPP TS 25.213, v6.4.0, Sept. 2005.

[4] *Physical layer procedures (FDD)*, 3GPP TS 25.214, v6.7.1, Dec. 2005.

[5] A. Sampath, P. Sarath Kumar, and J.M. Holzman, "Power control and resource management for a multimedia CDMA wireless systems," in *IEEE PIMRC 1995*, Vol. 1, pp. 21 - 15, Sept. 1995.

[6] S. Ulukus and L. J. Greenstein, "Throughput maximization in CDMA uplinks using adaptive spreading and power control," in *Proceeding of IEEE 6th International Symposium on Spread-Spectrum Tech. and Appl.*, Vol. 2, pp. 565 - 569, Appl. 2000.

[7] R. Jantti and Seong-Lyun Kim, "Transmission rate scheduling for the non-real-time data in a Cellular CDMA System," in *IEEE Communications Letters*, Vol. 5, No. 5, pp. 200 - 202, May 2001.

[8] K. Kumaran, L. Qian, "Uplink scheduling in CDMA packet-data systems," in *IEEE Proceeding of the INFOCOM 2003*, Vol. 1, pp. 292 - 300, Mar. 2003.

[9] S. Parkvall, J. Peisa, J.Torsner, M. Sagfors, and P. Malm, "WCDMA enhanced uplink - principles and basic operation," in *IEEE VTC 2005*, pp. 1411 - 1415, Vol. 3, May 2005.

[10] W. Xiao, R. Ratasuk, A. Ghosh, and R. Love, "Scheduling and Resource Allocation of Enhanced Uplink for 3GPP W-CDMA," in *IEEE PIMRC 2005*, pp. 1905 - 1909, Vol. 3, Sept. 2005.

[11] H. Homa and A. Toskala, "*HSDPA/HSUPA for*

*UMTS : High speed radio access for mobile communications*," John Wiley & Sons, 2004.

[12] H. Holma and A. Toskala, "*WCDMA for UMTS : Radio access for third generation mobile communications*," 3rd edition, John Wiley & Sons, 2004.

[13] *Feasibility study for enhanced uplink for UTRA FDD*, 3GPP TR 25.896, v6.0.0, Mar. 2004.

강 유 진 (You Jin Kang)

정회원



2005년 2월 서강대학교 전자공학과 졸업  
 2007년 2월 한국과학기술원 전자전산학과 석사  
 2007년 3월~현재 KTF 연구개발원 단말연구소  
 MS서비스개발팀 재직

<관심분야> 3G/4G Communication Systems,  
 Wireless Scheduling Algorithms

김 준 수 (Junsu Kim)

정회원



2001년 2월 한국과학기술원 (KAIST) 전자전산학과 졸업  
 2003년 2월 한국과학기술원 (KAIST) 전자전산학과 석사  
 2003년 3월~현재 한국과학기술원 (KAIST) 전자전산학과 박사과정 재학중

<관심분야> 이동통신 시스템, 무선 자원 관리, 스케줄링 알고리즘, 무선 채널 제어 알고리즘

성 단 근 (Dan Keun Sung)

중신회원



1975년 2월 서울대학교 전자공학과 졸업  
 1982년 M.S. degree in Electrical & Computer Engineering from the University of Texas at Austin  
 1986년 Ph.D. degree in Electrical

& Computer Engineering from the University of Texas at Austin

1986년~현재 KAIST 전자전산학과 교수

<관심분야> 이동통신 시스템 및 네트워크, WLAN, WPAN, 차세대 IP 네트워크, 유무선망 트래픽 제어, 지능망