

# 이동통신 멀티미디어 환경에서의 효율적인 크로스레이어 기반의 스케줄링 기법

## Efficient Scheduling Method based Cross-Layer on Mobile Communication Multimedia Environments

김주석\*, 김형중\*\*, 조권도\*\*, 김경석\*  
충북대학교 전파공학\*, 한국전자통신연구원 이동통신연구단\*\*

Joo-Seok Kim(kjs7205@naver.com)\*, Hyung-Jung Kim(acekim@etri.re.kr)\*\*,  
Gweon-Do Jo(gdjo@eti.re.kr)\*\*, Kyung-Seok Kim(kseokkim@abnu.ac.kr)\*

### 요약

한정된 자원을 다수의 사용자에게 분배해야 하는 무선 네트워크의 환경에서 자원의 할당과 관리는 중요하다. 이를 위해 다른 레이어 간에 통합 적용하는 레이어를 디자인해야 하는 필요성이 대두되고 있다. 본 논문에서는 크로스 레이어 기반의 스케줄링 기법에 대해 다룬다. 기존의 스케줄링 기법들 살펴보고 이를 보완한 스케줄링 기법을 제시한다. 멀티미디어 서비스 환경에서는 다양한 서비스를 제공하기 때문에 스케줄링 기법 또한 다양하게 적용할 수 있어야 한다. 따라서 기존 기법에서 적용되지 않았던 서비스에 따른 스케줄링 기법을 제시하였다. 제시한 기법은 시뮬레이션을 통해 기존의 기법에 비해 무선자원 이용효율이 뛰어난 것을 보였다.

■ 중심어 : | 크로스레이어 | 패킷 스케줄링 | 기회주의 스케줄링 | 와이브로 |

### Abstract

Allocation and management of the resource is very important in wireless networks because the wireless resource is limited. Therefore, the importance of designing cross layer, which adapt between different layers, is on the rise. In this paper, we investigate the scheduling techniques of the cross layer. This paper researches conventional scheduling methods and proposes the complementary scheduling method. On multimedia environment, the scheduling method must be applied variably because of offering variable services. Therefore, this paper proposes the new scheduling method according to the variable services. The proposed method shows that utility efficiency of the wireless resource more excellent than the conventional method through the simulations.

■ keyword : | Cross Layer | Packet Scheduling | Opportunistic Scheduling | WiBro |

## 1. 서론

최근에 이루어지고 있는 무선통신과 이동통신 기술

의 발달은 매우 빠르게 진행되고 있다. 불과 십여년 전 만해도 소수의 사치품으로 여겨지던 이동전화가 이제 는 국민 대다수의 필수품으로 여겨지고 있을 뿐 아니

본 연구는 정보통신부 및 정보통신진흥원의 IT 신성장동력핵심기술개발사업의 일환으로 수행하였습니다.  
(2006-S-001-02, 4세대 이동통신을 위한 적응 무선접속 및 전송기술)

접수번호 : #070921-006

접수일자 : 2007년 09월 21일

심사완료일 : 2007년 10월 15일

교신저자 : 김주석, e-mail : kjs7205@naver.com

라, 유선전화를 대체하는 수단으로까지 여겨지고 있다. 또한 WiBro, DMB 등 새로운 무선통신, 방송 기술들이 개발 및 도입되고 있고, RFID/USN, UWB 등 근거리 통신망(W-PAN) 기술들도 발전되고 있어 유비쿼터스 사회로의 진입이 급진전될 것으로 전망된다. 3세대 이동통신에서는 이동 데이터 통신을 제공하기 위해서 cdma2000 EV-DO(evolution data only), cdma2000 EV-DV(evolutiondata and voice), W-CDMA(wideband CDMA) 등의 규격이 만들어졌으며, 이미 상용화되었거나 상용화가 임박해 있다. 매우 빠르게 늘어나고 있는 이동데이터 통신의 수요를 만족시키려면 기존의 방법과는 다른 새로운 접근 방법이 필요하다. 이러한 새로운 접근 방법 가운데 하나가 계층간 최적화(cross layer optimization)이다.

크로스 레이어 기술은 각 계층 간에 상태 정보를 주고 받아 각 계층이 주변 환경에 적응하는 기술로 저전력 소비를 위한 전력 제어, 전송률 제어, 세션 제어, QoS 및 이동성 관리, 자원 공유 관리 등 다양한 분야의 동적 최적화 알고리즘의 개발에 사용되고 있다. [그림 1]은 크로스 레이어 관리 평면의 도식도이다. 크로스 레이어 기술은 현재는 PHY/MAC 계층 간의 정보 공유를 바탕으로 한 연구가 주를 이루고 있고, 전 계층을 대상으로 하는 통합 계층 간의 크로스 레이어 기술에 대해서는 아직 연구가 활발하지 않은 상황이다. 크로스 레이어 기술을 이용한 이동성 및 핸드오버의 연구에 관해서는 현재 이중 액세스망 간의 핸드오버를 위한 IEEE 802.21 MIH (Media Independent Handoff) 표준화가 이루어지고 있으나 역시 PHY/MAC 계층을 중심으로 하고 있다[1][2]. 본 논문에서는 크로스 레이어 기술 중 PHY계층과의 연동을 위한 MAC 계층의 스케줄링 기법을 연구한다.

최근에 이슈가 되는 opportunistic scheduling 은 채널 상태를 고려한 전송 기술과 기존 상위 계층의 패킷 스케줄링을 결합한 대표적인 크로스 레이어 기술로 각광받고 있다. 스케줄링이란 시스템에서 사용 가능한 자원을 누구에게 얼마나 할당할지를 결정하는 일을 말한다. 스케줄링은 다양한 분야에서 다양한 목적으로 사용되는데, CPU 스케줄링이라고 하면 CPU를 스레드나 프

로세스에게 할당하는 일을 말하고, 디스크 스케줄링이라고 하면 디스크로의 I/O를 어떤 순서로 할 것인가를 결정하는 것을 말한다. 우리가 살펴봐야 할 무선 환경에서의 스케줄링은 무선 자원을 사용자 및 시스템에게 어떤 식으로 분배 할당 할지를 결정하는 것을 말한다. 즉, 시스템에서 가용한 자원을 시스템이 원하는 목적에 따라 적절히 분배해서 하려고 하는 일을 하도록 만들어 주는 것이다. 스케줄링이 중요한 것은 같은 일을 하더라도 끝나는 시점이나 주어진 시간 내에 끝내는 작업의 수가 달라지기 때문이다. 무선 환경에서의 스케줄링 목표는 시스템의 Throughput/utility 를 최대화하고 서비스를 받는 사용자 입장에서 공정성을 보장하며, QoS를 개선하는 것이다.

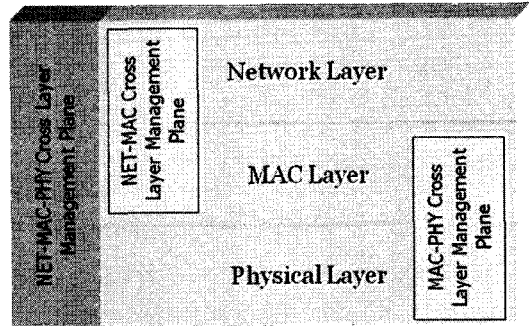


그림 1. 크로스레이어 기법의 적용

무선 환경에서의 single channel에서는 CDMA2000 1xEVDO, HSDPA가 스케줄링 이슈가 되고 있고, multiple channel에서는 OFDMA (802.16, 802.20, 3GPP long term evolution)와 MIMO가 이슈가 되고 있다<sup>[3]</sup>. 무선 환경은 시간에 수시로 환경이 변하고, 시스템이 이동성에 따라 위치가 의존한다. 또한 사용 대역폭이 제한되고 사용 전력 또한 엄격하게 통제되어야 하므로 이를 위한 스케줄링의 필요성이 절실하다.

본 논문에서는 2장에서 크로스 레이어 기반의 효율적인 무선자원 관리를 위한 스케줄링 기법에 대해 언급하고 3장에서는 본 논문에서 제안하는 멀티미디어 스케줄링 알고리즘에 대해 언급하고 4장에서 시뮬레이션을 통해 성능을 측정한다. 마지막으로 전체적인 결론을 5장에서 언급하고 본 논문을 마무리 한다.

## II. 크로스레이어 기반의 스케줄링 기법들

이번 장에서는 앞서 언급한 크로스 레이어의 대표적인 기술인 opportunistic scheduling에 대해 살펴보고 서로 비교한다.

인터넷 사용자들이 늘어남에 따라 사용자들의 서비스 요구 사항이 증가하고 있다. 반면에 사용자에게 서비스를 제공해주는 네트워크 자원은 한정되어 있다. 그래서 한정된 네트워크 자원을 얼마나 효율적으로 사용하느냐가 인터넷 서비스의 질을 높이는 관건이 되었다. 현재 화상회의, 영상채팅 등 실시간 비디오 서비스들의 비중이 커지고 있으며, 이 서비스들은 최소한의 네트워크 자원이 보장될 때 그 가치가 있다. 또한 한정된 네트워크 자원을 특정 사용자가 독점하는 것을 방지해서, 모든 사용자가 동등한 서비스를 받도록 해야 한다. 이처럼 각각의 사용자에게 최소한의 서비스를 보장해주면서 동등한 서비스를 해줄 수 있는 적절한 스케줄링 기법이 사용되어야 한다.

기존의 2세대 CDMA 이동통신 시스템에서는 주로 음성 등의 전송률이 고정된 데이터를 전송하였고, 이를 위해 네트워크 계층과 MAC(Medium Access Control) 계층에서는 결정된 전송률로 데이터를 전송하고 물리 계층에서는 해당 전송률로 데이터가 전송될 수 있도록 전력제어를 수행하였다. 한편, 패킷(packet) 기반의 데이터 통신에서는 실제 데이터의 전송이 불규칙적으로 일어나기 때문에 한정된 자원을 사용하여 전송효율을 높이기 위해 자원의 동적 할당과 패킷 스케줄링 기법을 사용하게 된다. 하지만, 기존의 유선 데이터 통신과는 달리 무선통신에서는 물리계층의 전송 성능이 채널 상황에 따라 변하게 되므로, MAC 계층에서는 물리계층의 성능을 고려하여 채널 상태에 따라 다른 양의 데이터를 전송하는 적응전송기법을 사용하여야 한다. 무선 네트워크에서 각각의 사용자들에게 측정되는 채널 환경은 서로 다른 shadowing, 경로 감쇠, 사용자의 이동 등으로 인해 서로 독립이며 시간에 따라 변하게 된다. 무선 환경에서의 스케줄링은 이러한 무선 채널의 특성을 이용하여 사용자에게 무선 자원을 할당함으로써 전체 시스템의 전송 효율을 높일 수 있다. 각 사용자 별로

최적의 주파수 자원을 할당할 수 있는 OFDMA 기술은 무선 자원을 효과적으로 사용할 수 있기 때문에 OFDMA 환경을 바탕으로 효율적인 무선 자원 관리 기법에 대한 많은 연구가 진행되어 왔다[4-6].

스케줄링을 설계할 때 처리량, 공정성, 서비스 품질의 세 가지 항목을 고려하게 된다. 시스템이 얼마나 많은 양의 일을 처리하는 가를 나타내는 처리량(Throughput)과 다수의 사용자 혹은 단말에게 서비스 기회를 얼마나 형평성있게 분배 하였는지를 나타내는 공정성(Fairness), 그리고 사용자에게 만족할 만한 서비스 품질을 제공하기 위해 QoS를 고려한다. 보통 처리량을 극대화시키면 공정성이 떨어지고 공정성을 극대화시키면 처리량이 떨어지게 된다. 따라서 이 두 가지 지표를 동시에 극대화하기 위한 시스템 전략이 스케줄링에 의해 이루어지게 된다.

따라서 이 세 가지의 항목 중 어느 쪽에 비중을 두고 스케줄링을 하는 지에 따라 서로 다른 목적을 가지고 다양한 성능을 보인다. 대표적인 스케줄링 알고리즘으로 Round Robin 스케줄링, Max CINR 스케줄링, Proportional Fairness 스케줄링 알고리즘이 있다.

### 1. Round Robin 스케줄링

RR(Round Robin)방식은 opportunistic scheduling은 아니지만 가장 일반적인 스케줄링 방식으로, 시분할 시스템을 위해 설계되었으며 간단하고 구현이 쉽다. 이는 FCFS 방식과 유사하지만 시간 할당량이라고 하는 작은 시간 단위의 시간을 정의해서 다수의 정보를 정의한 시간만큼 번갈아가며 처리하는 방식이다. 따라서 극단적인 경우, 시간 할당량이 매우 크면 RR 방식은 FCFS 방식과 같아진다. 반대로 시간 할당량이 매우 짧다면 RR 방식은 각각의 정보가 각자 동시에 처리되는 것처럼(속도는 느리지만) 보일 수 있다. 그러나 시간 할당량이 짧을수록 처리 대상이 자주 바뀌게 되므로 그만큼 교환 시간에 소모되는 시간이 길어지므로 이를 적절히 조절해야 한다.

이 방식은 모든 정보를 번갈아가며 사용하므로 공정성을 보장하는데 있어서 최적화 되어있다. 하지만 무선 환경에서 수시로 가변되는 주변상황을 반영하지 않으

므로 처리량에 있어서는 떨어지는 점을 보인다. [그림 2]에서 Fairness 항목에 치중된 스케줄링 기법으로 해석할 수 있다.

### 2. Max CINR 스케줄링

이 방식은 무선 환경에서 가변적인 채널 조건을 반영한다. 스케줄링 결정시 채널환경이 가장 좋은 순으로 처리하는 방식으로 모든 채널의 CINR을 측정하여 가장 높은 CINR을 보이는 채널에게 우선권을 부여한다. 이 방식은 시스템의 처리량을 극대화한다.

$$k^*(n) = \arg \max_k \{R_k(n)\} \quad (1)$$

매번 사용자의 모든 채널환경을 측정하여 (1) 식에 의해 가장 높은 값을 우선적으로 처리하게 된다. 여기서  $R_k(n)$ 은 사용자 k의 현재 무선채널상태이다. 따라서 총 처리량 측면에서는 가장 좋은 성능을 보이지만, 어느 한 사용자의 채널환경이 계속 나쁠 경우 이 방식에서는 서비스 기회가 굉장히 적을 수 있다. [그림 2]에서 Throughput 항목에 치중된 스케줄링 기법으로 해석할 수 있다.

### 3. Proportional Fairness 스케줄링

PF(Proportional Fairness) Scheduling은 CDMA-1x-EVDO(HDR) 시스템에서 평균값에 비해 상대적으로 무선 채널 상태가 좋은 단말(User equipment: UE)들의 장시간의 처리량을 최대로 보장하는 것을 목표로 설계되었다[7]. PF 알고리즘에서는 현재의 스케줄링 시간에 기지국은 각 사용자 단말에서 오는 무선 신호를 이용하여 각 단말에 연결된 현재의 무선 채널 상태와 평균 Throughput을 구한 후 평균 Throughput과 비교하여 다음과 같이 상대적으로 가장 좋은 채널 상태를 가진 사용자 단말 하나를 선택하여 데이터를 전송한다.

$$k^*(n) = \arg \max_k \left\{ \frac{R_k(n)}{T_k(n)} \right\} \quad (2)$$

$$T_k(n+1) = \begin{cases} (1-\frac{1}{t_c})T_k(n) + \frac{1}{t_c}R_k(n) & , k = k^* \\ (1-\frac{1}{t_c})T_k(n) & , k \neq k^* \end{cases} \quad (3)$$

$R_k(n)$ : 사용자 k의 현재 무선채널 상태

$T_k(n)$ : 사용자 k의 누적 평균 채널 상태

$t_c$ : 평균 채널 상태를 계산하기 위해 사용되는 보수

PF 스케줄러는 매 타임 슬롯마다 (2)에 의해 하나의 사용자를 선택하여 데이터를 전송한 후 각 사용자의 평균 채널 상태를 (3)에 의해 업데이트 한다. 이 방식은 Throughput과 Fairness를 모두 고려한 스케줄링으로 해석할 수 있다.

## III. 멀티미디어 환경을 위한 크로스레이어 기반의 효율적인 스케줄링 기법

이번 장에서 제안하는 스케줄링 기법은 앞 장에서 언급한 스케줄링 기법에서 고려되지 않았던 서비스의 종류를 실시간 서비스(영상, 음성) 및 비실시간 서비스(데이터 전송)로 분류하고 그에 따라 우선순위를 부여하는 기법으로 멀티미디어 서비스 상에서 다양한 서비스에 따른 적용 전송을 위한 스케줄링 기법이다.

OFDMA 방식에서 부채널은 다수의 사용자에게 유동성있게 할당되는 점을 이용하여, 제공되는 서비스 중 사용자가 사용하려는 서비스의 종류에 맞게 우선순위 및 부채널의 할당 개수를 조절한다. 실시간 서비스는 사용자에게 끊임없이 서비스를 제공해야 하므로 비실시간 서비스보다 우선순위를 가진다. 또한 영상 서비스는 음성 서비스보다 요구되는 데이터 레이트가 높기 때문에 할당되는 부채널의 개수를 많게 할당한다. 따라서 제안하는 알고리즘은 중요도가 높은 실시간 서비스에 우선적으로 기회를 주고 데이터요구량이 많은 서비스에게 좀더 많은 대역폭을 할당해주는 기법이다.

기본적으로 서비스의 구분없이 부채널을 할당하게 되면 음성서비스의 경우처럼 요구되는 데이터 레이트가 적은 서비스는 필요 이상의 대역폭을 할당 받게 된다. 따라서 서비스 별로 나누어 요구 데이터 레이트에

맞게 부채널을 할당하여 부채널의 이용효율을 높인다. 이는 곧 보다 많은 사용자를 수용할 수 있음을 말한다. 그리고 데이터 요구량이 많은 서비스 역시 보다 많은 부채널을 할당할 수 있으므로 처리량을 높일 수 있고, 중요도가 높은 실시간 서비스 먼저 우선적으로 처리할 수 있기 때문에 서비스 질을 높일 수 있다.

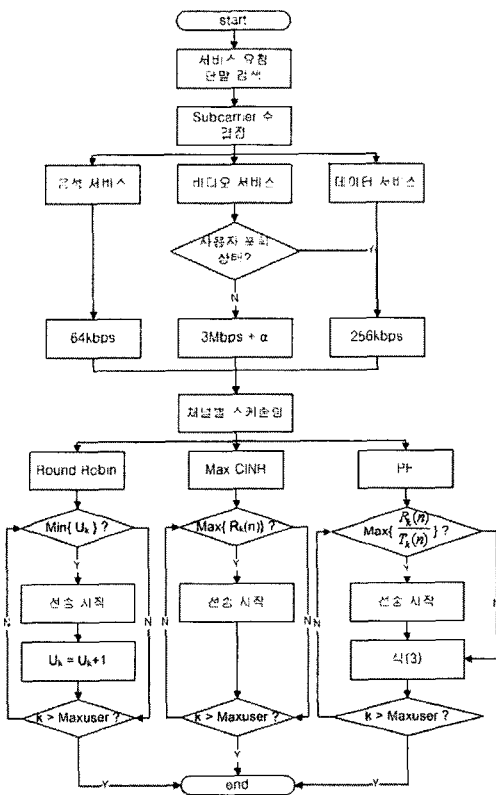


그림 2. 제안하는 스케줄링 알고리즘 흐름도

이 스케줄링 방식은 [그림 2]와 같이 서비스별 부채널 개수 결정하는 부분과 앞서 언급한 RR, Max CINR, PF 스케줄링 기법을 적용하는 부분으로 나눌 수 있다. 서비스에 따라 각 서비스가 요구하는 데이터 레이트에 따라 부채널의 개수를 결정한다. 영상 서비스는 상황에 따라 부채널의 여유가 있을 경우 여분의 부채널을 더 할당 받게 된다.

부채널의 개수가 결정되면 기존의 스케줄링 기법인

RR, Max CINR, PF 스케줄링 기법 중 하나로 설정하고 적용하여 시뮬레이션하게 된다. 따라서 본 논문에서 제안하는 기법은 그림2의 윗부분에서 적용이 된다.

스케줄링의 처리 과정을 좀 더 자세히 살펴보면

- ① 사용자들의 할당 요청들을 서비스 별로 분류한다.
- ② 현재 무선채널의 상태(빈 채널 수, CINR 등)를 고려하여 각각의 서비스에 맞는 부채널을 결정한다.
- ③ 현재 채널에 여유가 있다면 가장 많은 데이터 레이트를 요구하는 영상서비스 사용자들에게 여분의 부채널을 할당해 줄 수 있다.
- ④ 이렇게 각각의 서비스에 맞는 부채널을 결정 한 후 RR, Max CINR, PF 알고리즘과 같은 할당 순서를 결정한다.
- ⑤ 할당 받지 못한 사용자들은(채널이 포화상태일 경우) 대기 상태로 유지되며 다음 프레임에 다시 위의 과정을 거친다.

이렇게 서비스 별로 유동성있게 부채널을 결정하고 할당해줌으로써 채널을 좀 더 효율적으로 사용하는 것이 이 알고리즘의 장점이다.

#### IV. 실험 및 결과

기본 RR, Max CINR, PF 스케줄링 및 제안하는 스케줄링 알고리즘을 시뮬레이션하기 위해 환경을 OFDMA 방식을 사용하는 와이브로를 토대로 하였다. 3-tiers의 19개의 셀을 배치하고 하나의 셀 반경을 1km로 설정하였다. 결과 도출을 위해서 Throughput과 Fairness를 사용하였다. Channel throughput은 사선의 정리를 사용하였다. B는 대역폭을, S/N은 신호 대 잡음비를 나타낸다.

$$C = B \log_2 (1 + S/N) \quad (4)$$

Fairness는 Jain's fairness index를 사용하였다[8].

$$J = \frac{(\sum_{i=1}^N T_i)^2}{N \sum_{i=1}^N T_i^2} \quad (5)$$

표 1. 시스템 파라미터

Item	Value
전송 방식	OFDMA
시스템 대역폭	10MHz
FFT size	1024
Subcarrier 간격	9.765625kHz
심볼 시간	115.2 $\mu$ s
변조 방식	64 QAM
Code rate	5/6
총 셀의 개수	19 (3-tiers)
한 셀의 반경	1km

여기서  $T_i$ 는  $i$ 번째 사용자의 평균 처리량을 나타낸다. 식 (5)의 값은 0~1의 값을 갖는데 1에 가까울수록 공평성이 보장되는 것이다.

각 서비스의 최소보장 데이터 레이트는 [그림 2]와 같이 설정하였다. 비디오 서비스는 가장 많은 데이터를 요구하므로 와이브로의 최대 데이터 레이트인 3Mbps로 설정하였고, 데이터 서비스는 그보다 낮은 256kbps, 음성 서비스는 가장 데이터 요구가 적으므로 64kbps로 설정하였다.

1. 전체적인 비교

앞서 제안하는 스케줄링 기법에 RR, Max CINR, PF를 적용하여 측정된 결과가 [그림 3][그림 4]이다. 가로축은 셀 당 사용자의 수를 나타낸다. 100이라면 각각의 셀에 100명의 사용자를 발생시키고 측정된 것이다.

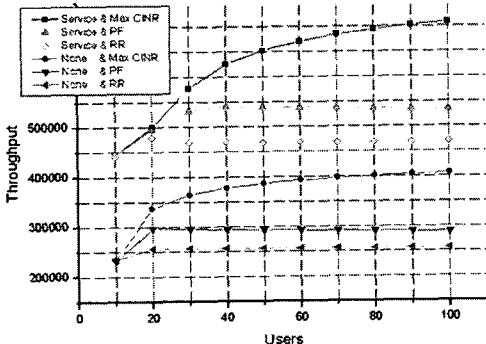


그림 3. 시스템의 처리량 비교

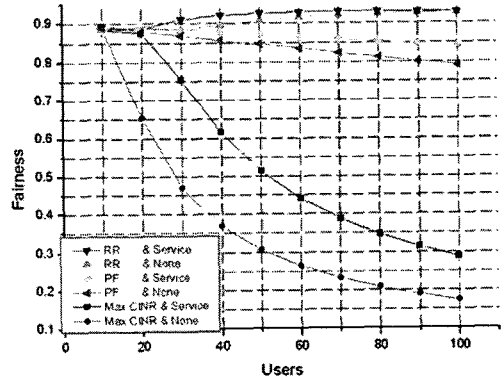


그림 4. 시스템의 공평성 비교

처리량 측면[그림 4]에서 보면 제안하는 스케줄링 기법의 성능이 월등히 뛰어난 값을 보인다. 기존 스케줄링에서는 모든 서비스가 구분 없이 부채널을 사용하기 때문에 필요이상의 부채널을 할당받는 경우가 발생하게 되고 실제 사용하는 부채널은 그 이하가 될 수 있다. 이것은 다른 사용자의 기회가 그만큼 줄어든다는 것이다. 하지만 서비스별로 부채널을 구분하여 할당하게 되면 각자 서비스에 알맞은 부채널을 할당받게 되고 이는 더 많은 사용자를 수용할 수 있음을 말한다. 이것은 곧 처리량의 증가로 나타남을 그래프를 통해 알 수 있다. 공평성 측면 [그림 5]에서 보면 서비스별 부채널을 할당하는 기법이 기존의 기법보다 공평성이 보장됨을 알 수 있다. 이것은 서비스별 부채널을 할당할 때 더 많은 사용자를 수용할 수 있으므로 사용자 입장에서 그만큼 할당기회가 많고 이는 공평이 더욱 보장됨을 뜻한다. 하지만 Max CINR에서는 사용자가 많아질수록 기존의 기법과 마찬가지로 공평성이 떨어짐을 볼 수 있다. 사용자를 좀 더 많이 받아들일 뿐 공평성이 완벽하게 보장되는 것은 아니기 때문이다.

2. 각 서비스별 세부 비교

[그림 5][그림 6][그림 7]은 [그림 4][그림 5]의 Max CINR 결과에서 각 서비스 별로 나누어 측정하여 각각의 서비스의 처리량을 나타낸 것이다. RR과 PF의 결과는 Max CINR과 비교할 때 그 값이 약간씩 다르지만 결과 패턴은 같기 때문에 생략한다. [그림 5]는 음성 서

비스의 처리량을 비교한 것이다. 결과를 보면 제안하는 스케줄링 기법의 처리량이 역시 월등히 높게 나타난다. 이 결과는 [그림 6][그림 7]의 영상 서비스와 데이터 서비스에서도 마찬가지로 알 수 있다. [그림 6]의 영상 서비스의 결과를 보면 다른 서비스와는 달리 사용자가 10명일 때부터도 성능이 확실히 높음을 보이는데 그 이유는 음성 서비스와 데이터 서비스를 제공하고 남은 여분의 부채널을 영상 서비스에 더 할당해줌으로써 성능을 더욱 향상 시킬수 있기 때문이다.

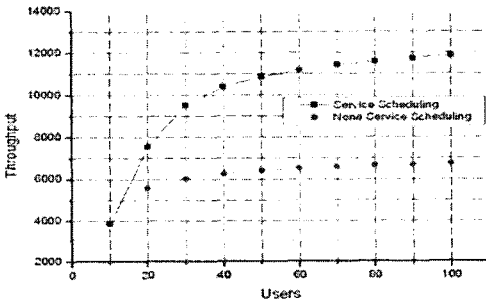


그림 5. 음성 서비스의 비교

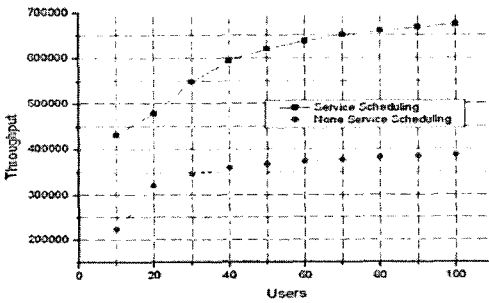


그림 6. 영상 서비스의 비교

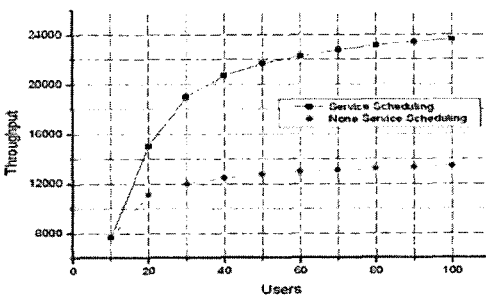


그림 7. 데이터 서비스의 비교

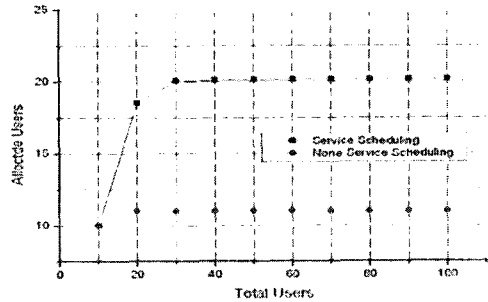


그림 8. 할당된 사용자의 비교

한 셀당 사용자의 수와 실제 스케줄링에 의해 서비스가 할당된 사용자는 다르다. [그림 8]에서 할당된 사용자를 측정하여 비교를 하였다. 결과를 보면 알 수 있듯이 제안하는 스케줄링 기법에서는 부채널을 서비스에 맞게 효율적으로 사용하기 때문에 할당된 사용자가 더욱 많다.

## V. 결론

본 논문에서 차세대 무선통신 기술에서 중요성이 강조되고 있는 크로스 레이어 기법에 대해 무선 자원을 보다 효율적으로 관리하기 위한 스케줄링 기법을 제시하였다. 스케줄링 기술 중 Round Robin, Max CINR, Proportional Fairness 스케줄링의 기존 스케줄링과 OFDMA 기반에서 멀티미디어 서비스 스케줄링을 제안하고 성능을 비교하였다.

비교 분석 결과 기존 알고리즘에서 불필요하게 사용되던 부채널들을 제안한 기법을 통해 효율적으로 이용하여 처리량을 늘릴 수 있었고, 주파수 자원을 효율적으로 처리하게 됨에 따라 보다 많은 사용자에게 서비스 기회를 제공할 수 있었다.

본 연구는 와이브로를 기본 환경으로 설정하였다. 와이브로는 60km/s까지의 이동성을 지원하지만 본 알고리즘에서는 속도에 개의치않고 채널 환경이 변경되었다. 특히 이동망에서의 무선 채널 추정은 상당한 오차를 포함하기 때문에 차후에 좀 더 자세한 시뮬레이션 환경을 고려하는 연구를 진행하고자 한다.

참고 문헌

[1] J. P. Ebert and A. Wolisz, "Combined tuning of RF power and medium access control for WLANs, Mobile Networks and Applications 6," special issue on Mobile Multimedia Communications (MoMuC'99), May 2001.

[2] Y. Fang and A. B. McDonald, "Cross-Layer Performance Effects of Path Coupling in Wireless Ad Hoc Networks: Power and Throughput Implications of IEEE 802.11 MAC," in Proc. of 21st IEEE International Performance, Computing, and Communications Conference, Apr. 2002.

[3] K. S. Kim, Y. H. Kim, and J. Y. Ahn, "Efficient adaptive transmission technique for LDPC coded OFDM cellular systems using multiple antennas," Electr. Letters, Vol.40, pp.396-397, Mar. 2004.

[4] T. Keller and L. Hanzo, "Adaptive multicarrier modulation: a convenient framework for time-frequency processing in wireless communications," Proc. IEEE, Vol.88, pp.611-640, May 2000.

[5] M. Torabi, S. Aissa, and M. R. Soleymani, "On the BER Performance of Space-Frequency Block Coded OFDM Systems in Fading MIMO Channels," IEEE Transactions on wireless communications, Vol.6, No.4, Apr. 2007.

[6] D. Kivanc, G. Li, and H. Liu, "Computationally efficient bandwidth allocation and power control for OFDMA," IEEE Trans. Wireless Commun., Vol.2, pp.1150-1158, Nov. 2003.

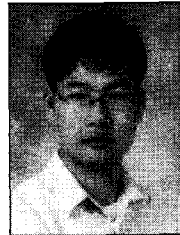
[7] A. Jalai et al., "Data Throughput of CDMA-HDR: a High Efficiency-High Data Rate Personal Communication Wireless System," Proc. Vehicular Technology Conference (VTC-S'2000), Vol.3, pp.1854-1858, 2000.

[8] R. Jain, *The art of computer systems performance analysis*, JohnWiley and Sons, 1991.

저자 소개

김 주 석(Joo-Seok Kim)

준회원



- 2007년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과 졸업
- 2007년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 전파공학과 대학원 석사과정

<관심분야> : Cross Layer, Scheduling, CR

김 형 중(Hyung-Jung Kim)

정회원



- 1993년 2월 : 한양대학교 전자공학과(공학학사)
- 1995년 8월 : 한양대학교 전자공학과(공학석사)
- 1995년 8월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 이동통신연구단 인지접속연구팀

<관심분야> : 이동통신 시스템, SDR 기술, Cognitive Radio 기술, 디지털 신호 처리

조 권 도(Gweon-Do Jo)

정회원



- 1991년 2월 : 전남대학교 전자공학과(공학사)
- 1994년 2월 : 전남대학교 전자공학과(공학석사)
- 2005년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과(공학박사)

• 1994년 2월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 이동통신연구단 인지접속연구팀 팀장/책임연구원

<관심분야> : 4G 통신 시스템



김 경 석(Kyung-Seok Kim)

정회원



- 1987년 2월 : 한국항공대학교 전자공학과 졸업
- 1989년 2월 : 한국항공대학교 전자공학과 대학원 졸업(공학석사)
- 1989년 1월 ~ 1998년 12월 : 한국전자통신연구원 무선통신연구단 선임연구원
- 1999년 1월 ~ 2002년 3월 : University of Surrey(영국) 전기전자공학과 대학원 졸업(공학박사)
- 2002년 2월 ~ 2004년 8월 : 한국전자통신연구원 이동통신연구단 책임연구원
- 2004년 9월 ~ 2005년 2월 : 전북대학교 생체정보공학부 전임강사
- 2006년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 정보통신공학과 조교수

<관심분야> : 전파감시, SDR, CR, MIMO-OFDM, DSA, UWB, Cross Layer, Scheduling