

이동통신 시스템을 위한 크로스레이어 기반의 AMC를 적용한 멀티미디어 서비스 스케줄링 기법

김경석[†], 김주석^{**}

요 약

현재의 계층 간 네트워크 구조에서 각 레이어는 서로 독립적으로 작동하도록 설계되어 있다. 하지만 가변하는 통신 환경에 적응하기 위해 서로 다른 레이어 간에 통합 적용하는 크로스레이어를 디자인해야 할 필요성이 대두되고 있다. 본 논문에서는 크로스레이어 기반의 스케줄링 기법에 대해 다룬다. 기존의 스케줄링 기법들을 살펴보고 향후 무선통신환경에서 적용될 멀티미디어 서비스에 따른 스케줄링 기법을 제시한다. 이 기법은 멀티미디어 서비스의 다양성을 반영하여 좀더 효율적으로 무선자원을 관리한다. 그리고 무선 적용성을 향상 시키기위해 AMC를 적용하여 스케줄링 기법의 성능을 향상시켰다. 이렇게 제시된 기법은 다양한 환경을 적용하여 시뮬레이션을 통해 그 성능을 검증하였다.

The Multimedia Service Scheduling method applying AMC based on Cross Layer technique for Mobile Communication Systems

Kyung-Seok Kim[†], Joo-Seok Kim^{**}

ABSTRACT

Each layer operates independently in the present network structure. However, the importance of designing cross layer, which adapt between different different layers, is on the rise, because of adapt to the variable communication environments. In this paper, we investigate the scheduling techniques of the cross layer. we research conventional scheduling methods and propose the multimedia service scheduling method which will be applied in future wireless communication environments. This method considers the diversity of multimedia service and manages the radio resources efficiently. Moreover, we apply AMC for flexibility and improve the performance of the scheduling method. The proposed method is verified through the simulation appying variable environments.

Key words: Cross layer(크로스레이어), Scheduling(스케줄링), AMC(AMC), Wibro(와이브로)

1. 서 론

한정된 자원을 다수의 사용자에게 분배해야 하는 무선 네트워크의 환경에서 자원의 할당과 관리는 중요하다. 현재의 계층 간 네트워크 구조에서는 각 레이어는 서로 독립적으로 작동하고 설계되어 있다. 그

러나 시간에 따라 변하는 다중 경로 페이딩을 겪는 무선 채널 상황에서 서로 다른 사용자들 간에 겪는 채널 상황은 서로 다르다. 이런 구조는 무선 네트워크 환경에서 자원의 부족 상황을 낳게 되었다. 그러므로 서로 다른 레이어 간에 통합 적용하는 레이어를 디자인해야 하는 필요성이 대두되고 있다.

※ 교신저자(Corresponding Author) : 김경석, 주소 : 충북 청주시 흥덕구 개신동 12번지(361-763), 전화 : 043)261-3489, FAX : 043)271-4647, E-mail : kseokkim@chungbuk.ac.kr

접수일 : 2008년 6월 10일, 완료일 : 2008년 7월 22일

[†] 충북대학교 전기전자및컴퓨터공학부 조교수

^{**} 준회원, 충북대학교 전파공학과 차세대전파시스템연구소 (E-mail : kjs7205@naver.com)

※ 본 논문은 2007년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비지원에 의하여 연구되었음.

사용자의 위치 및 시간에 따라 지속적으로 변화하는 무선환경 채널 특성에 따라 무선자원 관리에 대한 연구는 기본적으로 크로스 레이어(Cross Layer)적인 요소를 갖게 된다. 크로스레이어 기술은 각 계층 간에 상태 정보를 주고받아 각 계층이 주변환경에 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. 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 이종 액세스 망 간의 핸드오버를 위한 IEEE 802.21 MIH (Media Independent Handoff) 표준화가 이루어지고 있으나 역시 PHY/MAC 계층을 중심으로 하고 있다[1,2].

본 논문에서는 2장에서 크로스 레이어 기반의 효율적인 무선자원 관리를 위한 스케줄링 기법에 대해 언급하고 3장에서는 본 논문에서 제안하는 멀티미디어 스케줄링 알고리즘에 대해 언급한다. 4장에서는 스케줄링의 성능을 향상시키기 위한 기법으로 AMC를 언급하고 5장에서 시뮬레이션을 통해 성능을 측정한다. 마지막으로 전체적인 결론을 6장에서 언급하고 본 논문을 마무리 한다.

2. 이동통신 환경에서의 Cross Layer 기법들

매우 빠르게 늘어나고 있는 이동데이터 통신의 수요를 만족시키려면 기존의 방법과는 다른 새로운 접근 방법이 필요하다. 이러한 새로운 접근 방법 가운데 하나가 계층 간 최적화(cross layer optimization)이다.

그림 1은 크로스 레이어 관리 평면의 도식도이다. 그림에서 1,2계층과 2,3 계층을, 혹은 1,2,3 계층 모두 아우르는 등 크로스 레이어의 활용 폭은 넓다. 기존의 연구는 PHY-MAC 정도의 협력 모델에 초점이 맞춰져왔지만 앞으로 연구 방향은 모든 계층에 있어서의 협력 모델이 추가 될 것이다. 최근에 이슈가 되는 opportunistic scheduling 은 채널 상태를 고려한 전송 기술과 기존 상위 계층의 패킷 스케줄링을 결합한 대표적인 크로스 레이어 기술로 각광받고 있다

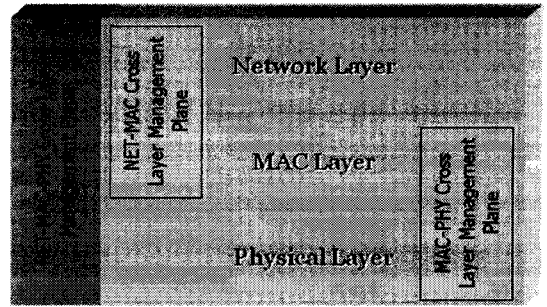


그림 1. 크로스레이어 기법의 적용

[3,4]. 스케줄링이란 시스템에서 사용 가능한 자원을 누구에게 얼마나 할당할지를 결정하는 일을 말한다. 즉, 시스템에서 가용한 자원을 시스템이 원하는 목적에 따라 적절히 분배해서 하려고 하는 일을 하도록 만들어주는 것이다. 스케줄링이 중요한 것은 같은 일을 하더라도 끝나는 시점이나 주어진 시간 내에 끝내는 작업의 수가 달라지기 때문이다. 무선 환경에서의 스케줄링 목표는 시스템의 Throughput/utility를 최대화하고 서비스를 받는 사용자 입장에서 공정성을 보장하며, QoS를 개선하는 것이다[5].

기본적으로 스케줄링은 처리량, 공정성, 서비스 품질의 세 가지 항목을 고려하게 된다. 처리량(Throughput)은 시스템의 성능을 좌우하는 중요한 요인으로 단위 시간 내에 얼마만큼 많은 양의 일을 처리할 수 있는가를 나타내는 것으로 높을수록 시스템이 좋은 성능을 보인다고 할 수 있다. 공정성(Fairness)은 다수의 사용자가 있을 때 시스템이 사용자 간의 서비스를 얼마나 형평성 있게 제공하는지를 나타내는 것이다. 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.

2.1 Round Robin 스케줄링

RR(Round Robin)방식은 가장 일반적인 스케줄링

방식으로, CFS 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.

$$k^*(n) = \arg \min_k \{U_k(n)\} \quad (1)$$

식 (1)에서 $U_k(n)$ 은 사용자 k 의 스케줄러 점유 누적 정보이다. 이 방식은 모든 정보를 번갈아가며 사용하므로 공평성을 보장하는데 있어서 최적화 되어 있다. 하지만 무선 환경에서 수시로 가변되는 주변상황을 반영하지 않으므로 처리량에 있어서는 떨어지는 점을 보인다. Fairness에 큰 비중을 두는 스케줄링 기법으로 볼 수 있다.

2.2 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.

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

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

2.3 Proportional Fairness 스케줄링

F(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[6]. 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.

$$k^*(n) = \arg \max_k \left\{ \frac{R_k(n)}{T_k(n)} \right\} \quad (3)$$

$$T_k(n+1) = \begin{cases} \left(1 - \frac{1}{t_c}\right)T_k(n) + \frac{1}{t_c}R_k(n), & k = k^* \\ \left(1 - \frac{1}{t_c}\right)T_k(n), & k \neq k^* \end{cases} \quad (4)$$

$R_k(n)$: 사용자 k 의 현재 무선채널 상태

$T_k(n)$: 사용자 k 의 누적평균 채널 상태

t_c : 평균 채널 상태를 계산하기 위해 사용되는 모수

PF 스케줄러는 매 타임 슬롯마다 (3)에 의해 하나의 사용자를 선택하여 데이터를 전송한 후 각 사용자의 평균 채널 상태를 (4)에 의해 업데이트 한다. 이 방식은 Throughput과 Fairness를 모두 고려한 스케줄링으로 해석할 수 있다.

3. AMC(Adaptive Modulation and Coding) 기법

이동통신에서 무선 링크의 효율적인 사용을 위해서 링크 적응(Link Adaptation)기법이 사용되고 있다. 멀티미디어 데이터는 서비스의 종류에 따라 다양한 전송률, 다양한 전송 품질 등을 요구하므로 기존의 음성 위주의 서비스 제공과는 다른 개념의 링크 적응 기법이 요구된다. AMC (Adaptive Modulation and Coding) 기법은 이러한 데이터 전송에 효율적인 링크 적응 기법으로 전송률을 채널 환경에 맞게 변화시키는 적응 방식이다. 특정 사용자가 고속 패킷 데이터 서비스를 요구할 때에는 기지국이 이에 대응하여 해당 사용자에게 가장 적절한 변조 방법을 선택하여 기지국이 할당할 수 있는 최대의 전력량으로서 신호를 송신해주게 되지만 이를 위해서는 기지국이 변조방식을 결정하기 위한 기본 자료가 필요하게 된

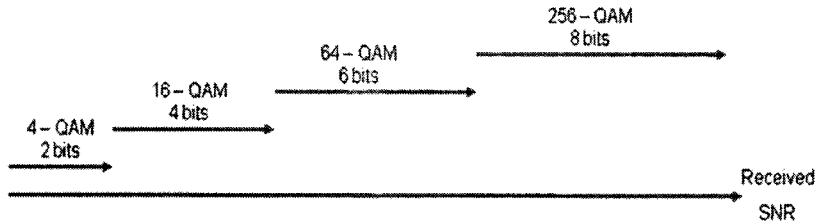


그림 2. 수신 받은 SNR 값에 따른 Adaptive modulation

다. 기지국은 사용자가 신호를 수신하고 있는 현재의 수신 환경에 대한 정보를 알아야만 현재의 전력량으로 송신할 수 있는 최적 변조 방식을 선택할 수 있는 것이다. 따라서 이를 위해서는 사용자가 자신의 수신 환경을 기지국에 보고해야만 한다. 이 방법을 위해서는 사용자별 수신 환경에 대한 측정 방법 및 기지국으로의 보고 방법, 기지국에서의 전력량 관리 기법, 기지국에서의 최적 변조방식 결정 방법 및 사용자에 게 통보 방식 등이 요구된다[7].

그림 2는 채널 상태에 대한 정보를 받았을 때의 적응 변조를 적용시키는 과정을 그림으로 나타낸 것이다. 채널 상태가 좋아짐에 따라 더 많은 비트 수를 할당해주어 채널 용량의 극대화를 가져올 수 있다.

4. 이동통신 환경하에서 멀티미디어 서비스를 지원하는 스케줄링 기법 제안

이번 장에서 제안하는 멀티미디어 서비스 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 적응 전송을 위한 스케줄링 기법이다.

OFDMA 방식에서 부채널은 다수의 사용자에게 유동성있게 할당된다. 멀티미디어 서비스 스케줄링은 이런 OFDMA의 장점을 이용하여 제공되는 서비스의 종류에 맞게 우선순위 및 부채널의 할당 개수를 조절한다. 그림 3와 같이 음성이나 영상 같은 실시간 서비스는 사용자에 게 끊임없이 서비스를 제공해야 하므로 비실시간 서비스보다 우선순위를 가진다. 또한 영상 서비스는 음성 서비스보다 요구되는 데이터 레이트가 높기 때문에 할당되는 부채널의 개수를 많게 할당한다.

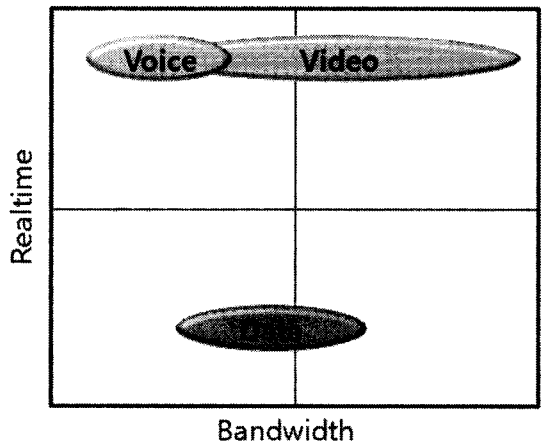


그림 3. 멀티미디어 서비스의 다양성

기본적으로 서비스의 구분없이 부채널을 할당하게 되면 음성서비스의 경우처럼 요구되는 데이터 레이트가 적은 서비스는 필요 이상의 대역폭을 할당 받게된다. 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 있다.

이 스케줄링 방식은 그림 4와 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. 그림 4에서 음성, 영상, 데이터 서비스에 따른 데이터 레이트는 각 서비스의 특징에 맞게 임의로 결정한 값이다. 부채널의 개수가 결정되면 사용자의 우선순위가 결정되는 부분으로 넘어가서 RR, Max CINR, PF 스케줄링 기법 등을 적용하여 시뮬레이션하게 된다. 3장에서 언급한 AMC는 그림 4에서 서비스 요청을

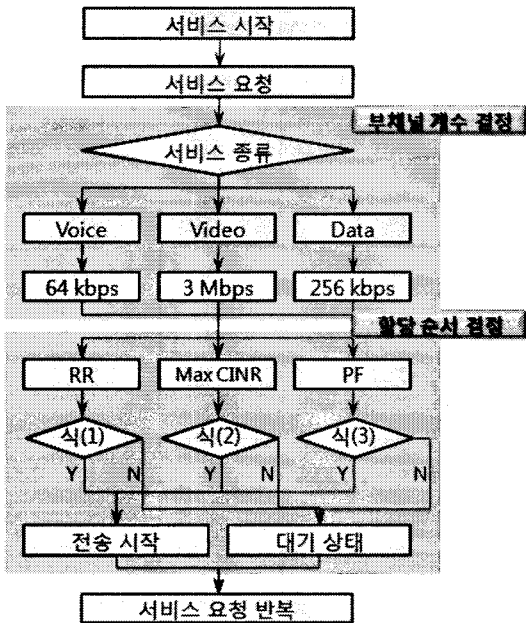


그림 4. 멀티미디어 서비스 스케줄링 흐름도

받아 전송을 시작하는 과정에서 적용된다. 전송을 시작하는 사용자의 무선 환경에 따라 그에 맞는 Modulation/coding을 결정한다.

5. 모의실험 및 분석

기본 RR, Max CINR, PF 스케줄링 및 제안된 서비스별 부채널 할당 스케줄링을 시뮬레이션하기 위해 환경을 OFDMA 방식을 사용하는 와이브로를 토대로 하였다. 3-tiers의 19개의 셀을 배치하고 하나의 셀 반경을 1km로 설정하였다.

표 2는 채널 환경(SNR)에 따라 적용되는 modulation/coding 이다[8]. 채널환경이 나쁠수록 QPSK

표 1. 시뮬레이션 파라미터

Item	Value
전송 방식	OFDMA
시스템 대역폭	10 MHz
FFT Size	1024
Subcarrier 간격	9.765625 kHz
심볼 시간	115.2 μ s
총 셀의 개수	19 (3-tiers)
한 셀의 반경	1 km

표 2. 채널 환경(SNR)에 따른 AMC 모드

Mode	SNR (dB)
QPSK 1/2	6.0
QPSK 2/3	10.2
16QAM 1/2	10.9
16QAM 2/3	15.2
64QAM 1/2	20.2
64QAM 2/3	28.6

와 같은 간단한 방식이 적용되고, 채널환경이 좋을수록 64QAM와 같은 변조방식이 사용된다.

5.1 기존 스케줄링 기법과 AMC의 적용

그림 5는 2장에서 언급한 기존 스케줄링(RR, Max CINR, PF) 알고리즘과 각각의 스케줄링에 AMC를 적용한 그래프를 비교하였다. 결과를 보면 AMC를 적용의 성능이 월등히 좋아지는 것을 알 수가 있다. 채널 환경이 좋은 사용자는 전송률이 우수한 64QAM과 같은 변조방식을 사용함으로써 시스템 처리량이 높아짐을 볼 수 있다.

그림 6은 앞서 살펴본 기존 스케줄링 기법과 AMC를 적용한 결과에 본 논문에서 제안하는 멀티미디어 서비스 스케줄링 기법을 적용하여 성능을 측정한 그래프이다. 결과를 보면 멀티미디어 서비스 스케줄링을 적용한 결과 우수한 성능을 보였다. 음성 서비스를 원하는 사용자 같은 경우 그에 맞는 작은 대역폭을 할당해줌으로써 다른 사용자에게 할당기회를 더 보장해줄 수가 있기 때문에, 결과적으로 전체 시스템의 처리량이 향상되었다. 그림 5와 그림 6을 보면,

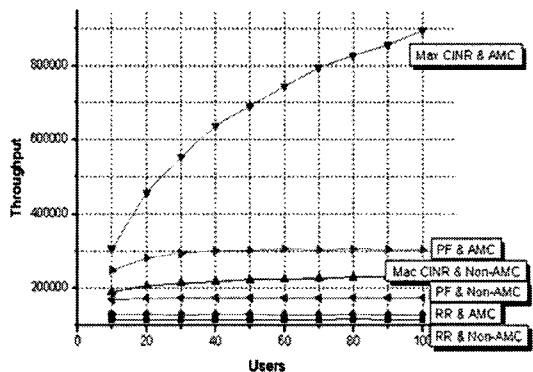


그림 5. 기존 스케줄링 방식과 AMC의 적용

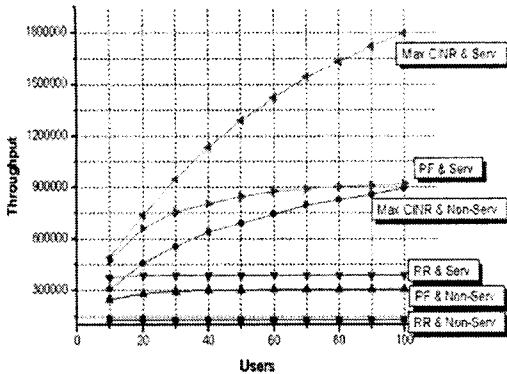


그림 6. 멀티미디어 서비스 스케줄링의 성능

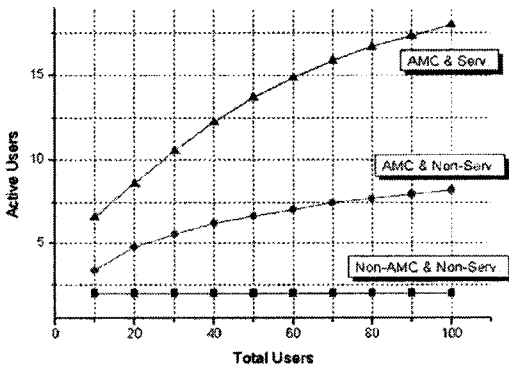


그림 7. 시스템에서 수용가능한 사용자 수

AMC를 적용하여 향상된 성능이 멀티미디어 서비스 스케줄링을 적용하여 더욱 높은 성능을 보임을 알 수 있다.

그림 7은 AMC 기법과 멀티미디어 서비스 스케줄링을 적용하였을 때 시스템에서 수용가능한 사용자의 수를 나타낸 그래프이다. AMC와 멀티미디어 서비스 스케줄링을 적용하지 않았을 때는 시스템이 수용가능한 사용자의 수가 상대적으로 적기 때문에 그 수가 일정하지만 AMC와 멀티미디어 서비스 스케줄링을 적용할수록 수용할 수 있는 사용자 역시 늘어남을 알 수가 있다. 이는 시스템 처리량이 증가하는 또 다른 결과라고 할 수 있다.

6. 결 론

본 논문에서 차세대 무선통신 기술에서 중요성이 강조되고 있는 크로스 레이어 기법에 대해 무선 자원을 보다 효율적으로 관리하기 위한 스케줄링 기법을

제시하였다. Round Robin, Max CINR, Proportional Fairness 스케줄링의 기존 스케줄링과 시스템 성능을 향상시키기위한 방법으로 AMC 기법을 적용하였다. 그리고 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. 또한 AMC 기법을 적용함으로써 이동통신 환경에서 가변적인 채널 환경까지 고려하였다.

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.

참 고 문 헌

- [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] Mohammad Torabi, Sonia Aissa, M.Reza 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.
- [4] Guocong Song, Ye(Geoffrey), "Cross-Layer Optimization for OFDM Wireless Networks - Part1 : Theoretical Framework," *IEEE*

Transaction on wireless communication,
Vol.4, No.2, Mar. 2005.

- [5] G. Carneiro et al, "Cross-Layer Design in 4G Wireless Terminals," *IEEE Wireless Communications*, Apr. 2004.
- [6] 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, 2000, pp. 1854-1858.
- [7] Andrea J. Goldsmith, Soon-Ghee Chua, "Adaptive Coded Modulation for Fading Channels," *IEEE Transactions on communications*, Vol.46, No.5, May 1998.
- [8] 민태영의 5명, "셀룰러 OFDMA 시스템에서의 부분 주파수 재사용(Fractional Frequency Reuse) 방식을 고려한 패킷 스케줄링 알고리즘," 한국통신학회, 06 하계종합학술발표회, pp. 574-574.



김 경 석

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
 2005년 3월~현재 충북대학교 정보통신공학과 조교수
 관심분야 : 전파감시, SDR, CR, MIMO-OFDM, UWB, Cross Layer, Scheduling



김 주 석

2007년 2월 충북대학교 정보통신공학과 졸업
 2007년 3월~현재 충북대학교 전자공학과 대학원 석사과정
 관심분야 : CR, Spectrum Sensing, Cross Layer, Scheduling