

모바일환경에서 실시간 데이터 서비스를 위한 스케줄링 정책

민승현* · 김명준* · 방기천**

*충북대학교 전자계산학과 · **남서울대학교 멀티미디어학과

요 약

최근, 정보 통신 기술의 발전에 따라 무선 통신망에서 음성, 데이터, 정지화면, 동영상 및 다양한 멀티미디어 데이터를 추구하고 있다. 효율적인 실시간 멀티미디어 데이터 전송을 위해서는 실시간 데이터의 지연 한계를 보장하고 비실시간 멀티미디어 데이터의 데이터 손실을 최소화해야 한다. 무선 ATM은 유선 ATM을 기본으로 하고 있지만 무선 환경에서의 다양한 서비스에 대한 힘든 전송률과 품질에 따른 문제점들이 수반된다. 그 결과, 무선 통신 환경에서 각각의 트래픽 종류에 따른 품질 서비스(QoS)를 보장하는 방법을 찾는 것이 중요하다. 이 논문에서는 무선 ATM망에서 실시간 멀티미디어 데이터 서비스 전송을 위한 스케줄링 방법으로 개선된 TCRM 스케줄링 알고리즘을 제시한다. 무선 환경에 따라 Uplink와 Downlink시 각각 다른 방법으로 실시간 멀티미디어 데이터 전송 스케줄링 정책을 적용하며 실시간 데이터와 비실시간 데이터의 QoS의 요구사항을 보장하고 불충분한 무선 자원을 공유분배를 위한 공정성 문제를 다룬다. 또한 VC(Virtual Control)를 BS(Base Station)에 두어 예약버퍼와 임의의 전송속도 pk를 사용하여 TCRM의 단점인 비실시간 데이터에 대한 비효율성 문제를 해결한다.

Streaming Service Scheduling Scheme in Mobile Networks

Seung-Hyun Min* · Myung-Jun Kim* · Kee-Chun Bang**

ABSTRACT

Recently, wireless networks have been pursuing multimedia data service as voice, data, image, video and various form of data according to development of information communication technology. It guarantees cell delivery delay of real time data in efficient real time multimedia data transfer. Also, it minimizes cell loss rate of non-real time multimedia data. In the wireless ATM, there are based on Asynchronous Transfer Mode(ATM). It implies that there are various service with difficult transmission rates and qualities in the wireless communication network. As a result, it is important to find out the ways to guarantee the Quality of Service(QoS) for each kind of traffic in wireless network. In this thesis, we propose an improved TCRM scheduling algorithms for transmission real-time multimedia data service in wireless ATM Networks. We appear real time multimedia scheduling policy that apply each different method to uplink and downlink to wireless ATM network. It can guarantee QoS requirements for each real time data and non-real time data. It also deals the fairness problem for sharing the scarce wireless resources. We solve fault of TCRM as inefficient problem of non-real data by using arbitrary transmission speed and RB(Reservation Buffer) through VC(Virtual Control) and BS(Base Station).

I. 서 론

최근 셀룰러폰, PCS등 이동전화의 사용자가 빠른 속도로 증가하고 있고, 음성을 포함한 다양한 멀티미디어 서비스에 대한 욕구가 증가됨에 따라 무선 멀티미디어 서비스에 대한 수요는 가까운 시일 내에 엄청나게 커질 것이다. 이러한 무선 멀티미디어 서비스를 제공하기 위한 ATM 방식을 유선 통합 환경으로 제공하기 위한 많은 연구가 진행되고 있다. 현재 유선 ATM(Asynschronous Transfer Mode)망에서 제공하는 다양한 멀티미디어 데이터 서비스를 무선 구간으로 확장 지원하는 무선 ATM망에 대한 연구가 ATM Forum을 중심으로 세계적으로 진행되고 있다 [1].

무선 ATM은 기존의 유선 ATM이 제공하는 장점, 유연한 대역폭 할당과 다양한 서비스에 대한 QoS의 보장 등에 부가하여 사용자의 이동성을 제공하는데 의의가 있지만, 유선 ATM망에 비해 제한된 대역폭과 높은 전송지연, 비트 에러율과 이동성이라는 특수성을 고려하여 유선 ATM망과 많은 차이가 있다. 현재 고려되고 있는 무선 ATM망의 셀 구조는 마이크로/피코 셀과 같이 점차 작아짐에 따라 잦은 핸드오버와 빠른 트래픽 상황 변화로 인하여 QoS 보장문제가 해결해야 할 과제로 대두되어지고, 무선환경에 ATM을 적용하기 위한 많은 연구가 진행되고 있다 [2].

멀티미디어 서비스들은 데이터 전송률, 허용 가능한 전송 에러율, 허용 가능한 최대 지연시간과 같은 서비스 질을 따지는 요소들로 그 특성이 표현된다. 똑같은 멀티미디어 서비스라고 할지라도 유선 망에서 제공될 때와 무선망에서 제공될 때의 서비스 각각의 요구사항이 달라질 수 있다. 유선 ATM망과 같은 품질의 서비스를 무선 ATM망에

서 제공하는 것을 목표로 하고 있지만, 유선 망과 무선망의 물리적인 특성 및 제약조건에 차이 때문에 서비스 요구사항의 차이는 어쩔 수 없이 발생한다. 이 논문에서는 멀티미디어 데이터를 실시간성을 요하는 음성, 동영상과 실시간을 요하지 않는 텍스트, 정지화면과 같은 비실시간 데이터로 나누어 무선 ATM망에서의 제한된 대역폭을 최대한 활용하고, 유선 ATM망에서와 같은 질 높은 서비스를 제공하기 위해 실시간 데이터의 지연한계를 보장하면서 비실시간의 데이터 손실을 줄이는 스케줄링을 제안한다. 무선 ATM망의 이동성에 대한 핸드오버처리는 다루지 않고, 실시간 멀티미디어 데이터 서비스의 QoS를 위한 대역폭 관리에 초점을 둔다. 본 논문의 2장에서는 관련 연구 사항을 설명하고 3장에서는 무선 ATM망에서의 TCRM정책을 설명하고 4장에서는 admission control를 보여주고 5장에서 결론 및 향후 연구 과제를 제시한다.

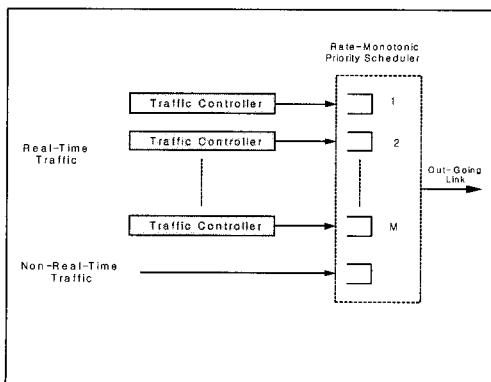
II. 관련연구

멀티미디어 데이터들은 특성에 따라 엄격한 에러 제어를 요구하는 정적 특성의 데이터와 실시간 전송을 요구하는 동적 특성의 데이터 두 가지로 분류된다. 텍스트, 이미지 데이터와 같은 정적인 데이터의 경우 시간의 흐름에는 민감하지 않으나 완벽한 에러제어를 요구한다. 반면에 음성 및 동영상과 같은 동적인 데이터는 에러제어에는 느슨한 반면, 실시간성 및 연속성을 요구하므로 빠른 전송을 필요로 할 뿐 아니라 각 데이터간의 동기에도 신경을 써야 한다. 효율적인 실시간 멀티미디어 데이터 전송을 위해서는 실시간 데이터의 지연한계를 보장하고 비 실시간 멀티미디어 데이터

들의 데이터 손실을 최소화해야 한다[5].

유선 ATM망에서의 적용되고 있는 TCRM (Traffic-Controlled Rate Monotonic Priority scheduling)정책[3]은 간단한 트래픽 컨트롤러와 Rate-Monotonic Priority 스케줄링[4]만을 이용하여 사용자가 요구하는 실시간 멀티미디어 데이터에 대한 전송속도를 만족시키는 정책이다. TCRM은 실시간 데이터들을 Traffic controller에 의해 각각 실시간 채널을 할당하고 rate monotonic priority scheduler에 의해 실시간 데이터 속도에 따라서 높은 우선 순위를 주어 전송한다.

스케줄러에 선점 RMS 알고리즘을 적용하게 되면, 셀 전송 시 다른 셀에 의해서 셀 전송이 선점 당할 수 있으므로 비선점 RMS 알고리즘을 사용한다. TCRM 정책의 단점은 실시간 채널에 실시간 데이터가 계속 존재할 경우 비실시간 데이터를 전혀 전송하지 않는 단점이 있다. 이러한 단점으로 인하여 비 실시간 데이터를 위한 버퍼에 저장 공간이 무한히 필요하게 되거나 그렇지 못할 경우 많은 비 실시간 데이터의 손실을 유발하게 된다. 그림 2.3은 유선ATM망에서의 TCRM 스케줄링의 구조를 보여준다[7].

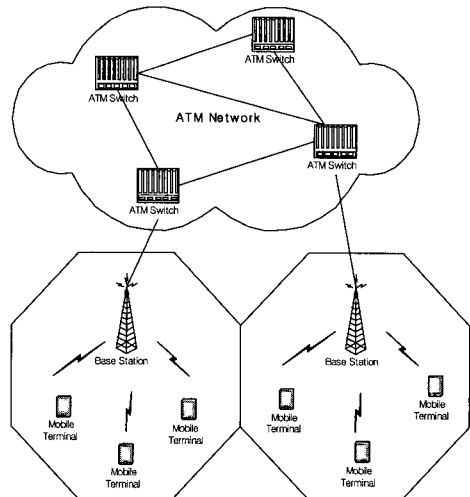


(그림2) 유선ATM망 TCRM 정책의 구조

III. 무선 ATM망에서의 스케줄링 정책

3.1 무선 ATM망의 개념 및 구성

유선 ATM망은 점-대-점(end to end)통신을 기본 개념으로 개발되어왔으며 전체 망을 하나의 동질 망 구조를 갖게 함으로써 점-대-점 서비스 품질(QoS: Quality of Service)을 보장하고 망 구조를 단순화하고 융통성을 극대화하였다. 이러한 ATM cell 전송 패러다임은 차세대 무선 ATM망에서도 역시 예외 없이 적용되고 있다. (그림 2)는 무선 ATM망의 구성을 나타낸다. 망의 기본 구조는 (그림 2)에서와 같이 MT(Mobile Terminal)과 이들 MT와 ATM 네트워크 망 (Backbone)을 연결을 위해 무선 접근을 제공하는 BS(Base Station)으로 구성된다.

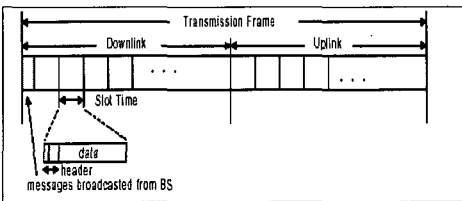


(그림 2) 무선 ATM망의 구조

무선 ATM은 Radio ATM과 Mobile ATM으로 구성된다. Radio ATM은 유선 ATM망의 가

상회선을 무선 구간으로 확장한 것이고, Mobile ATM은 ATM 단말의 위치 관리 및 핸드오버 기능을 추가하여 이동성을 지원할 수 있는 유선 ATM망의 기능을 확장하는 것이다.

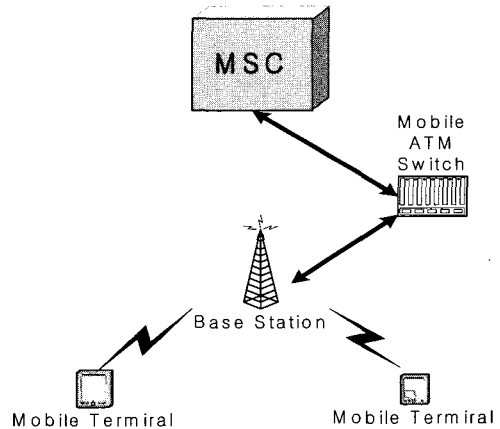
무선 ATM망의 셀은 (그림3)처럼 수신처 정보를 담은 헤더부와 데이터부로 구성되어 있다. 이 논문에서 제안하는 스케줄링 알고리즘은 무선 ATM환경에서 TDMA/TDD 프레임 구조를 사용하는 시스템이라고 가정한다. (그림3)에서 보는 것은 MT와 BS의 사이의 통신 채널을 Uplink와 Downlink시에 할당되는 구조이다. 상향 하향 채널은 TDD를 이용하여 BS와 MT들 사이에 공유되고 상향 채널은 TDMA를 이용하여 MT들 사이에 공유된다. 상향 하향 채널의 이중화(Duplexing)방식으로 TDD를 사용함으로써 트래픽 부하의 변화에 따라 상향 하향 채널의 동적 대역 할당이 가능하게 된다. 각 타임슬롯에는 가드 타임이 포함된다[6].



(그림 3) 무선 ATM의 채널 구성

무선 ATM에서 MT에서 임의의 다른 MT로 데이터를 전송하기 위해서는 (그림 4)와 같이 먼저 셀이 MT에서 BS로 이동하고 BS에서는 ATM Switch로 셀이 이동한다. ATM Switch로 들어온 데이터들은 우선 순위가 특정 스케줄링 알고리즘에 의해 정해지고 셀의 헤더 정보에 따라 MSC(Mobile Switching Center)로 이동한다. MSC에서는 다시 데이터를 ATM Switch로 보내

고 ATM Switch는 BS를 통해 다른 MT로 데이터를 전송한다. BS에서 하는 일은 MT들과의 통신과 핸드오프를 처리한다.



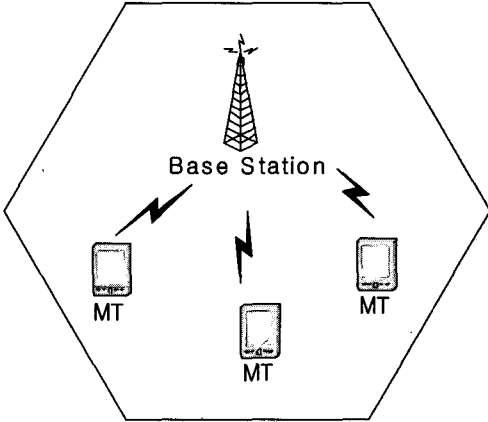
(그림 4) 무선 ATM망의 통신 시스템

3.2 무선 ATM망에서의 TCRM 스케줄링 정책

유선 ATM망에서 적용하고 있는 TCRM 스케줄링을 무선 ATM망으로 확장하여 적용하도록 한다. 모든 ATM서비스 즉, 실시간 트래픽과 비실시간 트래픽의 데이터가 모두 전송되어야 하고 동적으로 대역폭 요구량이 변하는 멀티미디어 환경에 대한 서비스품질(QoS)이 지속적으로 보장되어야 하고 채널을 공평하고 효율적으로 사용할 수 있도록 해야 한다. 따라서 이러한 무선 ATM망의 환경적 요소에 알맞게 TCRM 스케줄링 정책을 Uplink와 Downlink로 나누어 적용한다.

[제안하는 스케줄링 환경]

이 논문에서 제안하는 무선 ATM 환경은 (그림 5)와 같이 한 셀에 대한 구성도로 하나의 BS에 여러 개의 MT에 대한 서비스를 제공한다.



(그림 5) 무선 ATM망에서의 스케줄링 환경

- 각 MT에서 BS로 전송하는 채널을 상향 채널 (Uplink Channel)이라 하고, BS에서 MT로의 전송 채널을 하향 채널 (Downlink Channel)이라고 한다.
- 각 MT들은 BS과의 데이터 송수신은 가능하지만, MT 서로간의 송수신은 불가능하다.
- 상향 채널은 모든 MT들이 공유하는 채널이다.
- 하향 채널은 BS가 독점하여 사용하는 방송 채널 이므로 BS의 스케줄링에 따라 전송이 이루어진다.
- 다중 접속 방식은 상향 하향 채널 모두 동적 시분할 다중 접속 (Dynamic Time Division Multiple Access: Dynamic TDMA)방식을 사용한다. 일반적으로 동적 TDMA 방식은 현재의 트래픽 여건을 고려하여 적정 수의 시간 슬롯을 할당함으로써 각 연결에 대한 필요한 비트율을 수용하는데 높은 유연성을 가지게 된다.

이 논문의 입력 트래픽을 위해 일반적으로 많이 사용되는 leaky bucket 모델 [8]을 채택하고 leaky bucket 모델은 (a_i, p_i) 로 표현할 수 있

다. 버킷에 들어올 수 있는 셀들의 전체크기는 a_i 로 나타내고 네트워크 진입속도는 p_i 로 나타낸다. 네트워크 패킷의 크기는 ATM 네트워크에서의 셀과 같이 고정적이다

실시간 통신 서비스를 제공하기 위해서 각 ATM switch 마다 UNI (User Network Interface)가 필요하다. UNI는 셀 손실을 방지하기 위해서 a_i 의 버퍼 공간이 필요하고 셀을 p_i 속도로 네트워크 입구에 전송한다.

3.3 비실시간 트래픽 전송을 고려한 방안

실시간 데이터 전송을 위한 TCRM 정책의 단점은 실시간 채널에 실시간 데이터가 계속 존재할 경우 비 실시간 데이터를 전혀 전송하지 않는 단점이 있다. 이러한 단점으로 인하여 비 실시간 데이터를 위한 버퍼에 저장공간이 무한히 필요하게 되거나 그렇지 못할 경우 많은 비 실시간 데이터의 손실을 유발하게 된다.

이를 해결하기 위해서 BS에 VC (Virtual Control)를 두고 RB (Reservation Buffer)를 생성하고 임의의 고정된 속도 p_k 를 사용하여 비실시간 데이터의 손실을 줄이도록 한다. 실시간 데이터는 사용자가 요구하는 속도로 채널을 설정해서 규칙화된 전송속도로 셀을 전송하지만 비실시간 데이터는 실시간 데이터와 달리 가변적인 속도로 RB에 저장되므로 어느 순간에 얼마나 많은 셀들이 RB에 저장되는가를 알 수 없다. 따라서 비실시간 데이터의 셀을 저장하고 있는 RB는 FIFO큐로 구성되고 VC에서는 Minimum threshold (30% of the buffer size)와 Maximum threshold (full buffer)를 두고 RB가 Maximum Threshold 일 때 임의의 고정된 속도인 p_k 로 스케줄러에 셀들을 전송한다. 비 실

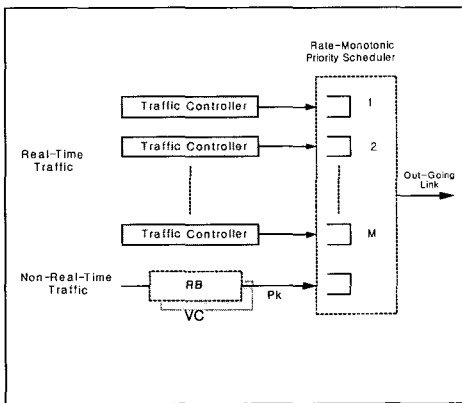
시간 데이터를 위해 필요한 예약버퍼의 공간 RB는 <식 1>과 같이 나타낼 수 있다.

$$RB+1 = U - \frac{p_k}{L} \quad \text{〈식 1〉}$$

U는 어떤 시간 t에 M개의 임의의 연결로부터 예약버퍼에 들어오는 셀들의 전체 개수에 합을 나타내며 L은 셀 하나의 크기를 나타낸다.

<식 1>에 의해 U가 p_k/L 보다 작다면 예약버퍼는 단 하나의 셀을 저장할 수 있는 공간을 요구한다. 임의의 고정된 속도 p_k 설정 시 p_k 의 값이 커지면 비실시간 데이터가 차지하는 대역폭이 커지므로 그만큼 실시간 데이터가 차지하는 대역폭이 줄어들게 되므로 실시간 데이터의 링크 가용성을 p_k 만큼 저하시킬 수 있다.

우리는 예약버퍼에서 스케줄러에 셀을 보내기 위한 전송속도 p_k 값이나 예약버퍼에 셀 저장 공간 RB값을 조절해서 셀 손실비율을 낮출 수 있어 TCRM의 단점인 비 실시간 데이터에 대한 비효율성 문제를 해결할 수 있다. (그림 6)은 제안하는 스케줄링 정책의 구조를 나타낸다.



(그림 6) 제안하는 스케줄링 정책 구조

3.4 Uplink시 제안하는 스케줄링 방법

Uplink는 MT에서 BS로 데이터를 전송하는 경우를 말하는데 Uplink인 경우 BS에서 MT에 실시간 데이터가 있는지 없는지 알 수 없어 주기적으로 데이터를 전송한다면 그만큼 대역폭의 손실이 온다. 따라서 Uplink인 경우는 먼저 BS에서 MT로 폴링(polling)을 한 뒤 데이터가 있을 경우에만 대역폭을 할당하여 데이터 전송을 한다. 이렇게 기지국으로 전송된 데이터들은 ATM switch에서 TCRM정책을 적용한다. 폴링 주기는 <식 2>와 같이 구할 수 있다.

데이터 전송 신호의 패킷 발생률

$$(\text{셀 지연 한계}) = p$$

$$\text{연결된 채널} = i$$

$$\text{한 패킷의 크기} = M$$

$$\text{채널 } i \text{의 데이터 전송 속도 } p_i$$

$$\text{폴링 주기} = M/p_i \quad \text{〈식 2〉}$$

[폴링 과정]

- 1) MT의 데이터 전송 신호에 대해 BS에서는 폴링 토큰을 발생시킨다. 이때 폴링 토큰 발생률은 실제 데이터전송 신호의 패킷발생률과 같다.
- 2) 데이터 전송 신호에 대해 연결 설정이후, p 초 이후에 첫 번째 폴링 토큰이 발생된다. 이 때 p 초는 지연 조건에 맞게 설정된다.
- 3) 연결 설정 단계에서 BS에서 다음과 같은 작업이 수행된다.
 - ① 먼저 MT의 실제 데이터 전송 신호에 해당되는 폴링 토큰이 VC에서 생성된다.
 - ② VC는 실제 MT에서 생성하는 패킷에 해당

하는 폴링 토큰을 발생시키고, 폴링주기에 따라 우선 순위를 RMS로 설정한다.

- ③ RMS로 폴링순서가 정해지면 이 토큰은 폴링 큐(PQ: Polling Queue)에 들어간다.
- ④ VC는 폴링 큐에 있는 폴링 토큰 중 실시간 트래픽이 있는지를 보고 있으면 토큰을 하나 없애고 실시간 트래픽에 대해 폴링을 수행한다.

- 4) 실시간 트래픽에 대한 폴링이 이루어졌고, MT에서 BS로 전송할 패킷이 있다면 패킷을 하나 보내고 패킷이 없으면 EOF(End of File)신호를 보낸다.
- 5) BS에서는 MT로부터 EOF 신호를 받으면, 다시 p 초 후에 폴링 토큰을 발생시킨다.
- 6) 실시간 트래픽에 대한 전송이 끝나거나 새로이 연결이 설정될 때 비실시간 트래픽에 대해 링크의 가용성을 계산하여 폴링이 이루어지고 패킷을 보낸다.

3.5 Downlink시 제안하는 스케줄링 방법

Downlink인 경우는 BS에서 MT로 데이터를 전송하는 것을 말하며, BS에서 독점하여 사용하는 방송 채널(Broadcast channel)이므로 BS의 특별한 스케줄링에 따라 전송이 이루어진다. BS에서 전송할 패킷이 있다는 것을 알기 때문에 Uplink에서 먼저 행하여지는 폴링방법을 제외한 TCRM정책을 그대로 적용시킬 수 있다. 실시간 전송을 위한 채널을 설정하기 위해서는 사용자가 셀 전송속도를 p_i 요구하고 허용 테스트를 거친 후에 (a_i, p_i) 트래픽 모델에 따라서 채널을 확립할 수 있다. 셀들이 traffic controller에 도착하는 시간을 계산하기 위해서 논리적 도착시간을 사용한다. 논리적 도착시간의 계산은 같은 채널에서

이전 셀의 도착시간을 이용해서 계산 할 수 있다. s 번째 채널의 n 번째 셀이 논리적 도착 시간은 < 식 3>과 같이 나타낼 수 있다[3].

$$\begin{aligned}
 X_n &= n\text{번째 셀의 도착시간} \\
 A_{n,s} &= \text{채널 } s\text{에 있는 } n\text{번째 셀의 도착시간} \\
 p_i &= \text{채널 } i\text{의 전송속도} \\
 L &= \text{셀 하나의 크기}
 \end{aligned}$$

$$X_n = \begin{cases} A_{1,s} & n=1 \\ \max(x_{n-1,s} + \frac{L}{p_i}, A_{n,s}) & n \geq 2 \end{cases} \quad \langle \text{식 3} \rangle$$

트래픽 컨트롤러에 셀 도착시간과 셀 전송시간이 같으므로 하나의 셀만 저장할 수 있는 버퍼 공간을 요구한다.

[제안하는 TCRM 스케줄링 단계]

- 1) MT에서 전송된 데이터는 트래픽 컨트롤러에 의해 실시간 트래픽과 비실시간 트래픽으로 구별된다.
- 2) 실시간 트래픽 패킷의 전송속도 p_i 가 허용 테스트를 통과했다면 트래픽 컨트롤러에서 실시간 트래픽 데이터에 L/p_i 의 주기를 갖는 실시간 채널을 설정한다.
- 3) 트래픽 컨트롤러에 의해 구별된 비실시간 트래픽 데이터는 VC에서 생성하는 예약버퍼에 저장된다.
- 4) 비실시간 트래픽 데이터는 예약버퍼에서 임의의 전송속도 p_k 를 스케줄러에 전송하고 VC에서 주기가 L/p_i 의 가상 태스크를 만든다.
- 5) L/p_i 의 주기가 작은 실시간 트래픽 데이터에

높은 우선 순위를 부여한다.

- 6) 실시간 트래픽 데이터는 Rate Monotonic 스케줄러에 의해 스케줄링 되고 데이터를 우선 순위에 따라 전송한다. VC에서 태스크를 전송할 수 있을 때 비실시간 트래픽 태스크가 스케줄러에 들어오면 비실시간 태스크를 스케줄링 하여 전송한다. (단, 비선점 스케줄링 한다.)
- 7) 실시간 채널에 실시간 트래픽 데이터가 존재하지 않으면 모든 대역폭을 비 실시간 데이터를 위해 사용하며, 이때 비실시간 데이터는 FCFS로 출력된다.

N. 허용 제어

무선 ATM망에서 실시간 멀티미디어 데이터를 전송하기 위해 실시간 채널을 설정할 때 다른 실시간 채널에 영향을 주지 않으면서 새로운 실시간 채널을 설정하기 위해 허용 테스트를 실시하여 테스트를 통과한 경우 채널을 할당한다. 이 논문에서는 Uplink와 Downlink의 각각의 경우에 따라 허용 테스트를 실행한다.

4.1 Uplink 허용 테스트

이 장에서는 전송속도를 조절하는 leaky bucket 메커니즘(9)과 kandlur's(10)을 이용하여 Uplink시 스케줄링이 가능한지를 검증한다. 어떤 링크에 n개의 실시간 채널이 존재할 때 실시간 채널의 집합은 $\{i, i=1,2,\dots,n\}$ 으로 나타낸다.

우선 순위 인덱스 $i(j$ 이면 $p_i) = p_j$

C : 하나의 셀 전송시간

L/p_i : 채널 i의 셀의 링크 지연한계

$I(j$ 에서 모든 채널 j 는 채널 i 보다 높은 우선 순위를 갖는다. 최소 p_i 보다 높은 우선 순위를 갖는 p_j 의 모든 패킷의 전송을 완료하는 시간이 p_i 를 전송하는 시간보다 작아야만 스케줄링이 가능하다. Uplink시에 하나의 패킷을 전송하기 위해 최소 한번의 폴링을 해야 한다. 따라서 Uplink시 필요한 식은 하나의 패킷을 전송하는 시간 C 에 폴링을 하는 시간 C_0 를 더하면 <식 4>와 같다.

$$\sum_{i=1}^n (C + C_0) \lceil \frac{L/p_i}{L/p_i} \rceil + 2(C + C_0) \leq \frac{L}{p_i} \quad \langle \text{식 4} \rangle$$

<식 4>는 최악의 경우에도 우선 순위가 높은 모든 j 채널에 폴링 후 모든 패킷을 전송한 시간이 채널 i 의 패킷 전송 시간보다 작아야 한다. Uplink의 허용 테스트인 경우 위 <식 4>를 만족한다면 최소 p_i 보다 높은 우선 순위를 갖는 p_j 의 모든 패킷의 전송을 완료하는 시간이 p_i 를 전송하는 시간보다 작으면 모든 실시간 데이터의 스케줄링이 가능하게 된다.

4.2 Downlink 허용 테스트

Downlink는 일반적으로 BS에서 MT로 데이터를 전송하는 경우와 폴링 시 패킷이 없어 MT에서 BS로 데이터 전송이 이루어지지 않을 때 BS에서는 MT로 데이터를 전송하기 위해 채널을 재설정할 때는 Uplink의 스케줄링에 대한 허용 테스트를 마친 후 Downlink의 스케줄링에 대한 허용 테스트를 실행한다. Downlink 허용 테스트를 하기 위해 네트워크의 대역폭 량을 이용하여 테스트한다.

네트워크 전체 대역폭 = Nb

Uplink에 사용되는 연결 인덱스 = u

Downlink에 사용되는 연결 인덱스 = d

폴링 시 패킷을 전송하지 않는 연결

인덱스 = r

네트워크 가용량 = Nr

$$Nr \leq \ln 2 - \sum_{i=1}^k (C + C_0) \frac{L}{p_i} + \sum_{i=1}^k C \frac{L}{p_i} \quad \langle \text{식 8} \rangle$$

새로 설정된 연결 k 가 Downlink라면 Downlink의 허용 테스트 식은 <식 6>과 같이 된다.

$$\sum_{i=1}^k (C + C_0) \frac{L}{p_i} + \sum_{i=1}^k C \frac{L}{p_i} + C \frac{L}{p_k} \quad \langle \text{식 6} \rangle$$

$$\leq Nb + \sum_{i=1}^k C \frac{L}{p_i}$$

모든 Uplink와 Downlink에서 사용되는 대역폭 양이 네트워크 전체 가용량과 폴링 시 패킷이 없어 패킷을 전송하지 않은 가용량을 더한 값보다 작으면 Downlink 스케줄링을 만족하게 된다.

$$\sum_{i=1}^k C \frac{L}{p_i} + C \frac{L}{p_k} \leq Nb \quad \langle \text{식 7} \rangle$$

일방적으로 BS에서 MT로 Downlink하는 경우의 허용 테스트 식은 <식 7>과 같다.

4.3 link의 가용성 계산

실시간 데이터들이 지연한계를 모두 보장하면서 나머지 대역폭의 가용성을 이용하여 비실시간 데이터들을 전송한다. 새로운 채널이 설정되거나 해제될 때 변하는 링크의 전체 가용성을 계산하여 비실시간 데이터를 전송하기 위한 가용성을 계산한다. 폴링 시에 RMS 스케줄링을 사용하므로 가용성을 계산할 때 RMS에 초점을 맞춘다. 스케줄링이 가능하기 위한 least upper bound는 $\ln 2$ 이다.

네트워크에서 대역폭의 가용량이 <식 8>를 만족한다면 실시간 데이터의 지연한계를 만족하면서 비 실시간 데이터를 전송할 수 있다. 이때 비 실시간 데이터 전송을 위한 임의의 전송속도 p_k 를 Nr 을 통해서 구할 수 있다.

V. 결 론

이 논문은 기존의 유선 ATM망의 실시간 멀티미디어 데이터 전송을 위한 TCRM 정책을 무선 ATM망으로 확장하여 무선 ATM의 특성상 나타나는 Uplink, Downlink의 각각의 상황에 따라 스케줄링을 제시하였다. 먼저 Uplink인 경우 BS에서 MT에 실시간 데이터가 있는지 없는지 알 수 없어 주기적으로 데이터를 전송한다면 그만큼 대역폭의 손실이 온다. 따라서 먼저 폴링을 실행한 후 TCRM 정책을 적용하였다. 이 논문에서는 폴링 시 RMS스케줄링을 기반으로 스케줄링 하는데 제시한 허용 테스트를 통과하여 설정된 채널은 실시간 멀티미디어 데이터를 전송 위해 실시간 데이터의 지연한계를 보장하지만 RMS의 least upper bound가 69%이므로 최악의 경우를 고려하여 전체 대역폭을 69%로 설정해야 하는 단점이 있다. Downlink는 일방적으로 BS에서 MT로 데이터를 전송하는 경우이므로 TCRM 정책을 그대로 사용하였다.

비실시간 멀티미디어 데이터 전송을 위해서는

TCRM 정책의 단점을 보완하기 위해 BS에 VC(virtual Control)을 두어 예약버퍼(Reservation buffer)와 임의의 전송속도 p_k 를 이용하여 비 실시간 멀티미디어 데이터들의 셀 손실 비율을 낮출 수 있다. 따라서, 실시간 데이터들이 지연한계를 모두 보장하면서 전송한 나머지 대역폭의 가용성을 이용하여 비 실시간 데이터들을 전송할 수 있다. 새로운 채널이 설정되거나 해제될 때 변하는 링크의 전체 가용성을 계산하여 비실시간 데이터를 전송하기 위한 가용성을 계산한다. 이때 비 실시간 데이터 전송을 위한 임의의 전송속도 p_k 를 Nr 을 통해서 구할 수 있다.

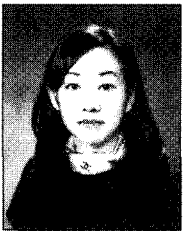
이 논문에서 제안하는 스케줄링 정책은 무선 ATM망에서의 이동성 즉, 핸드오프처리를 고려하지 않은 스케줄링 정책이므로 향후 무선 ATM망에서의 실시간 멀티미디어 데이터 전송을 위해서는 핸드오프처리가 고속으로 진행되면서 QoS를 보장할 수 있게 고려한 스케줄링 정책의 연구가 필요하며, 다른 무선 통신에서 실시간 데이터의 지연한계를 보장하는 스케줄링과의 성능 비교평가가 필요하다.

참고 문헌

- [1] WATM workinggroup, "Baseline Text for Wireless ATM specifications", Montreal, Quebec, Jul.1997
- [2] Mahmoud Naghshineh Anthony S. Acampora, "QoS Provisioning in micro-cellular Networks Supporting Multimedia Traffic" IEEE INFORCOM, 1995
- [3] S-K. Kweon and K.G. Shin "Traffic-controlled Rate-monotonic Priority Scheduling of ATM Cells" to appear in Proceeding of the 15th IEEE INFORCOM Mar.1996
- [4] Liu, C.L. and Layland J.W. "Scheduling Algorithms for Multiprogramming in a Hard Real Time Environment J.ACM 20(1) : 46-61, 1973
- [5] Geert J. Heijenk, Xinli Hou, and Ignas G.Niemegeers, "Communication systems Supporting Multimedia Multi-user applications" IEEE network, January /February 1994, pp.33-44
- [6] Qsama Kubbar and Hussein T. Mouftah, " Multiple Access Control Protocols for wireless ATM : Problems Definition and Design Objectives" IEEE Communications Magazine, vol. 35, pp. 93-99, Nov. 1997.
- [7] S-K. Kweon and K.G. Shin " Real-Time Transport of MPEG-Video with a Statistically Guaranteed Loss Ratio in ATM Networks" IEEE trans, parallel and distributed systems, vol 12. no.4 Apr 2001.
- [8] E.Knightly, D.Wrege, J.liebeherr, and H. Zhang "Fundamental limits and tradeoffs of providing deterministic guarantees to VBR video traffic" in Proc, of ACM SIGMETRICS. pp.98-107, 1995
- [9] J.S Turner. "New Directions in communications (or Which Way to the Information Age?)". IEEE communications Magazine, Vol. 25,

No. 8, pp 8-15, October 1996.

- (10) D.D Kandlur, K.G. Shin, and D. Ferrari, "Real-time communication in multi-hop networks" in Proc. 11-th Int'l conf. Distributed Comput. Systems, pp.300-307, May 1991.



민 승 현

1998년 충북대학교 컴퓨터과
학과 (학사)
2002년 충북대학교 전자계산
학과 (석사)

관심분야 : 실시간 운영체제, 스케줄링, 무선인터
넷 등



김 명 준

1979년 서강대학교 수학과 (학
사)
1984년 플로리다 공대 전자계
산학과 (석사)
1992년 텍사스 A&M 대학교

전자계산학과 (박사)

1993년 - 현재 충북대학교 전기전자 및 컴퓨터공
학부 교수

관심분야 : 실시간 시스템, 운영체제, 분산 운영체
제 등



방 기 천

1981년 서울대학교 전자공학
과 (학사)

1988년 성균관대학교 정보처
리학과 (석사)

1996년 성균관대학교 전산통
계학전공 (박사)

1984년 - 1995년 MBC 기술연구소

1995년 - 현재 남서울대학교 멀티미디어학과 교수
관심분야 : 멀티미디어컨텐츠, 멀티미디어 응용,
인터넷 방송 등