

# ATM 기반 IMT-2000 망에서 QoS 에 기반한 대역폭 관리기법

조성현, 양승제, 박성한  
 한양대학교 공학대학 전자계산학과  
 Tel : 0345-400-4109, Fax : 0345-406-4673

## QoS oriented bandwidth management scheme on the ATM based IMT-2000 networks

Sung-Hyun Cho, Seung-Jei Yang, Sung-Han Park  
 Dept. of Computer Science and Engineering, Hanyang University  
 {shcho, sjyang, shpark}@cse.hanyang.ac.kr

### Abstract

In this paper, we propose bandwidth management scheme to efficiently guarantee the QoS of various services on ATM based IMT-2000 networks. The proposed bandwidth management scheme consists of the call admission control to reduce a handoff failure probability and the scheduling scheme to efficiently allocate a time slot based on the QoS requirements in wireless links. The simulation results show that the proposed bandwidth scheme has better performance than the previous works in terms of the handoff failure probability and packet delay time.

### 1. 서론

ATM 기반 IMT-2000 망의 무선 링크상에서 효율적인 대역폭 관리기법을 위해서는 크게 두 가지 기능적 요소가 필요하다. 첫번째는 사용자의 호 설정 요구에 대해 효과적으로 호 설정 여부를 결정할 수 있는 호 제어 기능이며, 두 번째는 호 설정에 성공한 사용자들에게 한정된 자원을 공평하게 분배해줄 수 있는 타임슬롯 스케줄링 기능이다.

호 제어 기능과 관련한 기존 연구들은 대부분 핸드오프 실패확률을 줄여주는 데 주안점을 두고 있다[1],[2]. 대표적인 연구결과로써 guard 채널을 이용한 호 제어 기법[1]을 들 수 있다. 이 기법은 각 기지국에 guard 채널을 두어 핸드오프 실패확률을 줄여준다. 그러나 새로운 연결과 비실시간 연결이 guard 채널을 사용하지 못하도록 제한하기 때문에 새로운 호 설정 요구에 대한 실패 확률이 높아지고 채널 효율이 떨어지는 문제점이 있다.

무선 링크상에서의 타임슬롯 스케줄링 기법에 관한 기존 연구[3][4]들은 각 사용자에 대한 공평성을 보장하는 것에 주안점을 두고 있다. 제안된 기법들 중 대표적인 것으로써 DQRUMA[3], MDR-TDMA[4] 등을 들 수 있다. 이러한 기법들은 다중 접속 중재 측면에서는 우수한 결과를 보이고 있으나 타임슬롯 스케줄링 방법으로 weighted round robin(WRR) 및 dynamic weighted

round robin(DWRR) 방식을 이용하기 때문에 QoS 를 효과적으로 보장하지 못하는 문제점을 가지고 있다.

본 논문에서는 이와 같은 기존 연구결과의 문제점들을 해결하기 위해 QoS 에 기반한 새로운 대역폭 관리기법을 제안하고자 한다. 이를 위하여 2 장에서는 본 논문에서 고려하는 망구조 및 제안하는 트래픽 관리기법에 대해 상세히 기술한다. 3 장에서는 기존 기법들과 제안된 기법간의 성능비교를 위한 시뮬레이션 모델 및 성능 평가 결과를 기술하고, 마지막으로 4 장에서는 결론을 맺는다.

### 2. 제안하는 대역폭 관리기법

#### 2.1. 시스템 구조

본 논문에서는 ATM 교환방식을 기반으로 하는 IMT-2000 시스템 구조하에서 무선 단말과 기지국간의 무선 링크를 효율적으로 사용하기 위한 대역폭 관리기법을 제안하고자 한다. 제안하는 대역폭 관리기법은 호 제어기법과 타임슬롯 스케줄링 기법으로 구성된다. 그림 1 은 제안하는 기법의 단말과 기지국간 트래픽 전송 모델을 보여주고 있다. 본 논문에서는 각 단말이 상호 독립적인 입력분포를 가지며 기지국으로부터 데이터 전송허가를 받기 전까지 일시적으로 데이터를 저장할 수 있는 로컬 큐를 가진다고 가정한다.

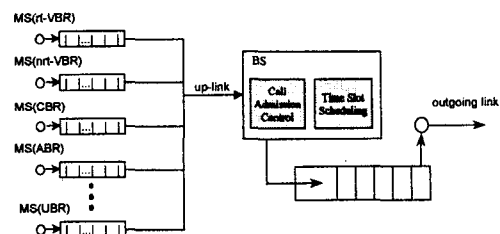


그림 1. 단말과 기지국간 트래픽 전송 모델  
 Fig. 1. The transmission model of traffic between MS and BS

2.2. 호 제어 기법

제안하는 호 제어 기법은 guard 채널을 이용한 방법[1]을 기반으로 호 제어 시 실시간 핸드오프 연결에 우선권을 주고 망자원이 부족한 경우 데이터 발생량이 가변적인 VBR 및 ABR 트래픽에 할당된 대역폭의 양을 허용 가능한 범위까지 낮춤으로써 새로운 호 및 핸드오프 호 설정 실패확률을 낮추어주는 것을 기본 아이디어로 한다. 제안하는 기법에서는 무선 단말에서 요구하는 서비스들의 트래픽 형태를 ATM 망과의 연동을 고려하여 CBR, VBR, ABR 및 UBR 트래픽으로 구분하고, 각각의 특성에 따라 다시 실시간 트래픽과 비실시간 트래픽으로 구분한다.

2.2.1. Preemption 및 deprivation

제안하는 기법에서는 망 자원의 효율성을 높임과 동시에 호 설정 요구 실패확률을 줄이기 위해 preemption과 deprivation이라는 두 가지 방안을 이용한다. 그림 2는 제안하는 preemption과 deprivation 기법의 흐름도를 나타내고 있다.

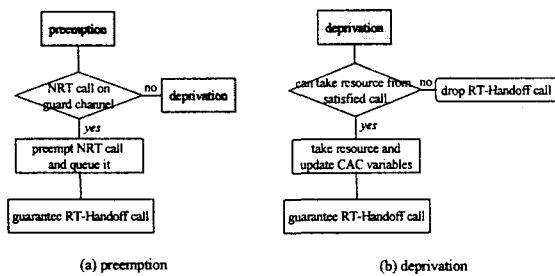


그림 2. preemption 과 deprivation 기법  
Fig. 2. preemption and deprivation method

Preemption은 guard 채널의 효율을 높임과 동시에 핸드오프 호 실패확률을 줄여주기 위해 사용된다. 제안하는 호 제어 기법에서는 guard 채널을 실시간 핸드오프 호와 비실시간 호가 공유하여 사용함으로써 guard 채널을 실시간 핸드오프 호에게만 할당했던 기존의 방법보다 망자원의 효율을 높일 수 있다. 이때 망자원이 부족한 경우 실시간 핸드오프의 실패확률을 줄이기 위해 guard 채널상의 비실시간 호들을 preemption 하도록 한다. Preemption 되어진 비실시간 호들은 비실시간 연결 큐에 들어가 다시 호 제어 수락을 기다린다.

Deprivation은 망 자원 부족으로 인한 핸드오프 호의 실패확률을 줄이기 위해 사용되는 기법이다. 제안하는 호 제어 기법에서는 망 자원이 부족한 경우 핸드오프 호의 실패확률을 줄이기 위해 진행중인 연결들의 서비스 품질을 sustained cell rate(SCR)까지 떨어뜨린다. 제안하는 기법에서는 현재 서비스 되고 있는 VBR 및 ABR 서비스들을 보장 연결(satisfied connection) 및 최소 보장 연결(unsatisfied connection)로 구분하여 관리한다. 보장 연결은 실제로 사용자가 요구하는 자원 모두를 망에서 할당해주고 있는 연결이고 최소 보장 연결은 망 자원 부족으로 인하여 주어진 SCR 까지만 자원이 할당된 연결이다. 제안하는 호 제어 기법에서는 여유 망자원이 없는 상황에서 실시간 핸드오프 호가 발생하면 현재

진행중인 VBR 및 ABR 서비스들 중에서 보장 연결의 자원을 deprivation 하여 실시간 핸드오프 호를 수락함으로써 실시간 핸드오프의 실패확률을 줄인다. 만약 보장 연결 트래픽 소스들에 대해 deprivation을 수행하였음에도 불구하고 실시간 핸드오프 연결을 위한 대역폭을 확보하지 못하면 실시간 핸드오프 호의 수락이 거절된다.

2.2.2. 호 제어 알고리즘

제안하는 호 제어 기법은 preemption과 deprivation 기법을 활용하여 망자원의 효율과 실시간 핸드오프 호의 실패확률을 줄인다. 단말의 호 요구 시 호 제어 기법에서는 guard 채널을 제외한 가용 채널이 남아 있는 경우 요구를 수락한다. 그렇지 않은 경우 실시간 새로운 호 요구는 거절되고 실시간 핸드오프 호 요구 및 비실시간 호 요구는 guard 채널의 상태에 따라 호 수락 여부가 결정된다. 만일 guard 채널에 가용 대역폭이 충분하다면 실시간 핸드오프 호 요구 및 비실시간 호 요구는 모두 수락되고 guard 채널에 가용 대역폭이 충분하지 않다면 실시간 핸드오프 호 요구만 수락된다. 제안하는 알고리즘은 guard 채널에 가용 대역폭이 충분치 않은 경우 실시간 핸드오프 호 성공률을 높여주기 위하여 preemption 기법과 deprivation 기법을 활용한다. 만일 제안된 deprivation 기법을 적용하였음에도 호 수락을 위한 충분한 대역폭이 확보되지 못하는 경우에는 실시간 핸드오프 호 요구도 거절된다. 다음은 본 논문에서 제안하는 호 제어 기법의 pseudo 코드는이다.

```

START
/* enough bandwidth */
IF request bandwidth ≤ available bandwidth THEN
    Update CAC variable
    Guarantee call
ELSE /* not enough bandwidth */
    IF RT-NEW call THEN
        Reject call
    ELSE /* RT-Handoff call or NRT call */
        /* enough guard bandwidth */
        IF available guard bandwidth THEN
            Update CAC variable
            Guarantee call
        ELSE /* not enough guard bandwidth */
            IF NRT call THEN
                Reject NRT call
            ELSE /* RT-Handoff call */
                IF preemption THEN /* preemption */
                    Update CAC variable
                    Guarantee call
                ELSE IF deprivation THEN /* deprivation */
                    Update CAC variable
                    Guarantee call
            ELSE
                Reject RT-Handoff call
END
    
```

2.3. 타임슬롯 스케줄링 기법

무선 단말들이 성공적인 호 제어 절차를 마치면 자원 확보를 위한 다중 접속 프로토콜이 요구된다. 본 연구에서는 다중 접속 프로토콜로써 DQRUMA 방식[3]을 도입한다. DQRUMA 방식에서는 효율적인 다중 접속 방

식을 위해 호 설정에 성공한 각 단말을 Empty, Request, Wait-to-Transmit 의 세 가지 상태로 나누어 관리하며 Wait-to-Transmit 상태에 있는 단말들에 타임슬롯을 할당하기 위해 라운드 로빈 스케줄링 방식을 적용한다. 그러나 라운드 로빈 스케줄링 방식을 적용할 경우 각 단말의 QoS를 충분히 보장해주기 힘들다. 이에 본 논문에서는 향상된 스케줄링 알고리즘인 dynamic weighted cell scheduling(DWCS) 알고리즘을 제안한다.

제안하는 알고리즘은 사용자 단말에서 요구하는 QoS 및 망 상황에 따라 동적으로 각 단말에 가중치를 할당하는 방식을 취하고 있다. 제안하는 알고리즘에서는 기지국이 하향링크를 통해 다음 타임슬롯에서 데이터를 전송할 수 있는 단말을 명시하여 자신의 셀 반경 내에 있는 모든 단말들에게 브로드캐스팅하고 각 단말들은 이를 수신하여 해석하고 해당되는 단말은 다음 타임슬롯에서 데이터를 전송하게 된다.

### 2.3.1. 변수 및 집합 정의

DWCS 알고리즘은 각각의 단말들에 동적으로 가중치를 할당하기 위하여 몇 가지 변수들을 정의한다. 그 기준이 되는 것이 각 단말의 서비스 종류와 peak cell rate(PCR), mean cell rate(NCR), minimum cell rate(MCR)이다. 알고리즘에서 정의하는 변수들은 다음과 같다.

- $N$ (싸이클길이) = 각 단말들에 대해 제안하는 알고리즘이 한번 수행되는데 필요한 고정된 길이의 타임슬롯 수
- $B_p$  = PCR에 기준하여 하나의 싸이클에서 허용되는 최대 타임 슬롯의 수
- $B_N$  = NCR에 기준하여 하나의 싸이클에서 허용되는 평균 타임 슬롯의 수
- $B_M$  = MCR에 기준하여 하나의 싸이클에서 허용되는 최소 타임 슬롯의 수

또한 DWCS 알고리즘에서는 여섯 개의 집합을 정의하여 셀 스케줄링에 사용한다. 각각의 단말들은 트래픽의 종류와 로컬 큐의 상태등에 따라 아래에 정의한 집합 중 하나에 속하게 된다. 시스템에서 사용하는 여섯 개의 집합을 정의하면 다음과 같다.

- SET1 :  $B_N$ 보다 적은 양의 타임슬롯을 할당 받은 CBR, rt-VBR, nrt-VBR 트래픽 및  $B_M$ 보다 적은 양의 타임슬롯을 할당 받은 ABR 트래픽 단말 집합
- SET2 : 할당 받은 타임슬롯의 수가  $B_N$ 이상  $B_p$ 이하인 rt-VBR 트래픽 단말 집합
- SET3 : 할당 받은 타임슬롯의 수가  $B_N$ 이상  $B_p$ 이하인 nrt-VBR 트래픽 단말 집합
- SET4 : 할당 받은 타임슬롯의 수가  $B_M$ 이상  $B_p$ 이하인 ABR 트래픽 단말 집합
- SET5 : 로컬 큐에 전송할 데이터가 없는 단말 집합
- SET6 : 한 싸이클 내에서 서비스가 종료된 단말 집합

### 2.3.2. 스케줄링 알고리즘

각각의 단말들은 새로운 패킷의 도착 및 큐에 존재하던 패킷의 전송에 의해 위에서 정의한 집합들 사이에서 천이를 일으키게 된다. 그림 3은 단말이 집합들 사

이에서 천이 되는 과정을 나타내고 있다. 제안하는 스케줄링 방식은 호 설정 시 결정된  $B_p$ ,  $B_N$ ,  $B_M$  값을 기준으로 스케줄링 함으로써 각 단말의 QoS에 적합한 슬롯 할당을 보장해준다. DWCS 알고리즘은 가장 먼저 SET1에 속하는 CBR 트래픽 단말에  $B_N$ , VBR 트래픽 단말에  $B_N$ , ABR 트래픽 단말에  $B_M$  만큼의 타임슬롯을 할당해준다. SET1에 속하는 모든 단말들에 대한 서비스가 끝나면 SET2에 속하는 rt-VBR 트래픽 단말에  $B_p$ ,  $B_N$ 만큼의 타임슬롯을 할당해주고 SET3에 속하는 nrt-VBR 트래픽 단말에  $B_p$ ,  $B_N$ 만큼의 타임슬롯을 할당해준다. SET4에 속하는 ABR 트래픽 단말들에 대해서는 CBR과 VBR 트래픽 단말들을 모두 서비스 해주고도 타임슬롯이 남는 경우에  $B_p$ ,  $B_M$  범위 내에서 가능한 만큼의 타임슬롯을 할당해주게 된다. SET4까지의 셀 서비스가 모두 끝나고도 여분의 타임슬롯이 남아있는 경우에는 UBR 트래픽 단말에 타임슬롯을 할당해준다. UBR 트래픽 단말을 제외한 모든 단말들이 SET6에 속하게 되면 스케줄링 알고리즘은 호 제어 기법과 연동하여 deprivation이 필요한 경우 VBR 및 ABR의 QoS 파라미터를 재설정하고 새로운 싸이클을 시작한다. SET5에 속하는 단말들은 패킷을 전송할 권한은 있으나 로컬 큐에 데이터가 없는 상태를 의미하며 DQRUMA 프로토콜에 의해 Wait-to-transmit 상태에서 Empty 상태로 변환된다.

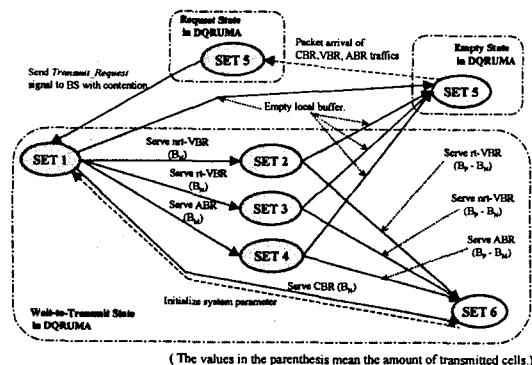


그림 3. DWCS 알고리즘에서 단말의 상태 천이도  
Fig. 3. The state transition diagram of a mobile terminal in the DWCS algorithm

## 3. 성능 평가

### 3.1. 시뮬레이션 모델

본 논문의 시뮬레이션에서 사용한 망은 총 19개의 셀을 가지고 있고 2-tier 형태로 구성된다고 가정한다. 제안하는 호 제어 기법의 성능을 평가하기 위해 각 셀에서의 총 가용 대역폭은 20Mbps라고 가정하고 guard 채널은 총 가용 대역폭의 20%로 가정한다. 또한 각 셀에서 발생되는 호는 실시간 및 비실시간, 핸드오프 및 새로운 호로 구분하고 각기 다른 비율로 설정하여 시뮬레이션 한다. 마지막으로 각 트래픽의 QoS 파라미터는 표 1과 같이 설정한다.

### 3.2. 시뮬레이션 결과 분석

그림 5는 제안한 호 제어 기법을 적용했을 때와 기존 guard 채널을 이용한 기법[1]을 적용했을 때의 채널 효율에 대한 시뮬레이션 결과를 나타내고 있다. 제안하는 대역폭 관리기법에서는 guard 채널을 실시간 핸드오프 연결과 비실시간 연결이 공유하여 사용하기 때문에 채널 점유율이 증가할수록 기존 기법에 비해 우수한 채널 효율을 보인다. 그림 6은 제안하는 호 제어 기법과 기존 기법의 실시간 핸드오프 호 실패확률을 나타낸다. 제안하는 기법에서는 preemption 및 deprivation 기법을 사용하기 때문에 기존 기법에 비해 실시간 핸드오프 실패확률이 더 낮게 나타난다.

그림 6과 7은 nrt-VBR 및 rt-VBR 트래픽에 대한 평균 전송지연시간을 기준으로 제안하는 대역폭 관리기법의 타임슬롯 스케줄링 알고리즘과 기존 DQRUMA 및 MDR-TDMA에서 사용한 WRR 및 DWRR 스케줄링 알고리즘간의 성능 비교 결과이다. 그림에서도 나타나듯이 제안하는 스케줄링 알고리즘을 적용할 경우 기존 알고리즘들에 비해 VBR 트래픽에 대한 QoS 보장측면에서 우수한 성능을 보임을 알 수 있다. 이는 기존 알고리즘들이 ABR 트래픽 및 VBR 트래픽에 대해 동등한 권한을 할당하는데 반해 제안한 기법은 ABR 트래픽에 최소 요구사항만큼의 대역폭을 할당하고 잔여 대역폭은 VBR 서비스에 할당했기 때문이다.

4. 결론

본 논문에서는 ATM 기반의 IMT-2000 망에서 무선 단말과 기지국간의 한정된 무선 자원을 효율적으로 활용할 수 있는 대역폭 관리기법을 제안한다. 제안한 대역폭 관리기법은 호 제어 기법과 타임슬롯 스케줄링 기법으로 구성된다. 제안된 호 제어 기법의 경우 guard 채널을 두되 비실시간 호와 공유하도록 하고 망자원이 부족한 경우 이를 선점할 수 있도록 함으로써 망 자원의 이용효율 및 핸드오프 성공확률을 모두 향상시킬 수 있다. 또한 무선 링크상에서의 다중 접속을 위해 DQRUMA 프로토콜을 사용하되 이 방식의 문제점으로 지적된 타임슬롯 스케줄링 방식을 개선한 새로운 스케줄링 방식을 제안한다. 제안한 스케줄링 방식은  $B_p, B_n, B_m$  등과 같은 QoS 파라미터 및 트래픽의 특성을 기준으로 타임슬롯을 할당함으로써 기존 방식에 비해 서비스 질을 향상시켜줄 수 있는 장점을 가진다. 따라서 본 논문에서 제안된 대역폭 관리기법은 ATM 망과 연동하여 다양한 멀티미디어 서비스를 제공하게 될 IMT-2000 망에 효과적으로 적용되어질 수 있을 것이다.

표 1. 각 트래픽의 QoS 파라미터  
Table 1. The QoS parameters of each traffic

QoS 파라미터	트래픽종류			
	nrt-VBR	rt-VBR	ABR	UBR
$B_p$ (cell number)	7	7	7	-
$B_n$ (cell number)	4	2	-	-
$B_m$ (cell number)	-	-	3	-
$E[t_{nrt}]$ (cell time)	15	15	15	-
$E[t_{rt}]$ (cell time)	11	37	20	-
$\lambda$ (arrival rate)	0.47	0.47	0.47	0.002
$\omega$ (cell number)	-	-	-	30

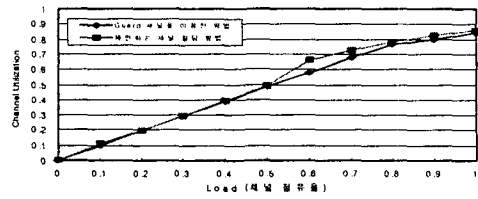


그림 4. 채널 이용률(실시간 핸드오프 호 50%)  
Fig. 4. Channel utilization(RT-HANDOFF call 50%)

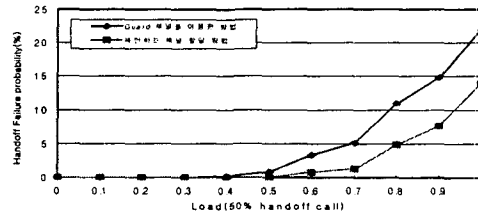


그림 5. 핸드오프 실패확률(실시간 핸드오프 호 50%)  
Fig. 5. Handoff failure probability(RT-HANDOFF call 50%)

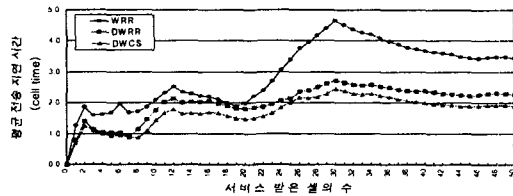


그림 6. 평균 전송 지연 시간 비교(nrt-VBR)  
Fig. 6. Comparison of mean transmission delay(nrt-VBR)

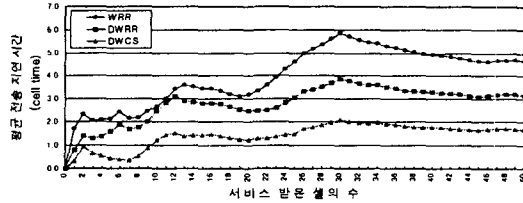


그림 7. 평균 전송 지연 시간 비교(rt-VBR)  
Fig. 7. Comparison of mean transmission delay(rt-VBR)

참고문헌

- [1] B. Moon and A. Ahmad, "A Study of Bandwidth Allocation Strategies in Wireless ATM Networks," MOMUC'97, Seoul, pp. 518-521, Oct. 1997.
- [2] D. Hong and S. Rappaport, "Traffic Model and performance Analysis for Cellular Mobile Radio Telephone Systems with Prioritized and Nonprioritized Handoff Procedures," IEEE Trans. on Veh. Tech., vol. Vt-35, no. 3, pp. 77-91, Aug. 1986.
- [3] M. Karol, Z. Liu, and K. Eng, "Distributed-Queueing Request Update Multiple Access for Wireless Packet (ATM) Networks," IEEE ICC'95, Seattle, pp. 1224-1231, June 1995.
- [4] D. Raychaudhuri, L. French, and R. Siracusa, "WATMnet: A Prototype Wireless ATM System for Multimedia Personal Communication," IEEE JSAC, vol. 15, no. 1, pp. 83-94, Jan. 1997.