

# 무선 ATM 망에서 VBR 트래픽 QoS 보장을 위한 새로운 동적 슬롯 할당 알고리즘에 관한 연구

김 영 철<sup>†</sup> · 전 찬 용<sup>††</sup>

## 요 약

본 논문에서는 무선 ATM 망에서 VBR(Variable Bit Rate) 트래픽의 QoS(Quality of Service)를 보장하고 무선 채널의 효율성을 극대화 할 수 있는 새로운 동적 슬롯 할당 알고리즘인 NDSA(Neural Dynamic Slot Assignment)를 제안한다. 제안된 알고리즘에서는 ATM 셀 헤더 부분의 GFC(Generic Flow Control) 필드 상에 단말기의 버퍼 상태와 셀 발생률 변화를 부호화 하여 piggybacking하는 in-band 방식을 채택하였으며 다음 프레임에 할당할 슬롯의 갯수를 기존 방식과는 달리 신경회로망을 이용하여 유동적으로 조절하여 할당함으로써 단말기의 셀 손실이나 지연에 대한 QoS를 보장하고 채널 이용 효율을 높일 수 있었다. 제안된 알고리즘은 BONEs tool을 이용한 시뮬레이션을 통하여 기존의 방식과 비교 분석한 결과 그 정당성을 확인하였다.

## Neural Dynamic Slot Assignment Algorithm for QoS Guarantee of VBR Traffic in Wireless ATM Networks

Young-Chul Kim<sup>†</sup> · Chan-Yong Jun<sup>††</sup>

## ABSTRACT

In this paper, we propose a new dynamic slot assignment algorithm called Neural DSA in order to guarantee the QoS (Quality of Service) of VBR (Variable Bit Rate) traffics and maximize the efficiency of channels in wireless ATM. In the proposed algorithm, the status of terminal buffers and cell generation rate are encoded in signed number on the GFC (Generic Flow Control) field of an ATM cell header and piggybacked (in-band). The number of slots to be assigned to the next frame is adjusted effectively by using the neural networks, which is different from the conventional slot assignment algorithms. Experimental results show that the proposed algorithm lead to the guarantee of QoS such as CLR (Cell Loss Rate) and cell delay as well as the higher utilization of channels. The efficiency of this algorithm is verified by the simulation using the BONEs tool.

키워드 : 무선 ATM(Wireless ATM), 동적슬롯 할당(Dynamic Solt Assignment(DSA)), in-band 방식(in-band), NDSA(Neural DSA)

### 1. 서 론

무선 ATM은 유선 ATM 망에서 지원하는 다양한 형태의 광대역 서비스를 지원할 수 있는 유선 ATM 망의 확장된 개념으로서 크게 radio ATM과 mobile ATM으로 구분할 수 있다. 이 중에서 radio ATM은 여러 사용자들이 동일한 통신 매체를 효율적으로 공유하기 위해 필요한 접속을 제어함으로써 궁극적으로 채널의 유효 용량을 어떻게 모든 사용자들에게 공평하면서도 효율적으로 할당할 것인가 하는 MAC(Medium Access Control) 프로토콜 기술을 포함 하고 있다. 현재 무선 ATM에 대한 연구는 ATM 포럼과 ETSI

(European Telecommunications Standards Institute) BRAN (Broadband Radio Access Network)을 중심으로 전 세계적으로 활발히 진행 중에 있다. ATM 포럼에서는 1996년 6월에 무선 ATM 워킹 그룹이 결성되어 크게 radio ATM과 mobile ATM의 두 부분으로 나누어 이동성 관리 및 신호 방식에 대하여, ETSI BRAN에서는 무선 접속규격에 대하여 각각 이원화되어 표준화를 진행하고 있다[1].

MAC 프로토콜은 단말기에서 전송할 패킷이 발생했을 때 경쟁 기반으로 대역 요구에 필요한 파라미터를 경쟁 채널을 통해 기지국으로 전송하였다. 그리고 기지국에서는 이러한 파라미터를 바탕으로 대역 할당 알고리즘에 따라 우선 순위를 결정하고 단말기가 요청한 평균 대역폭에 맞게 상향 채널의 대역을 할당한다. 그리고 모든 단말기들에게 그 할당 결과를 알려줌으로써 자신에게 할당된 슬롯을 통하여 데이터를 전송한다. 이러한 경우 셀 발생률이 일정한

\* 본 연구는 정보통신부에서 지원하는 대학기초연구지원사업으로 수행된 결과입니다.

† 정 회 원 : 전남대학교 전자공학과 교수

†† 준 회 원 : 전남대학교 대학원 전자공학

논문접수 : 2001년 1월 26일, 심사완료 : 2001년 7월 18일

CBR(Constant Bit Rate) 트래픽에 대해서는 별도의 복잡한 알고리즘이 필요하지 않은 고정 할당 방식이나 주기적인 폴링 방식에 의하여 QoS를 보장할 수 있지만 트래픽 발생이 불규칙적이고 실시간을 요구하는 VBR 트래픽의 경우에는 등가 대역 할당 방식에서 나타나는 버퍼에서의 셀 손실과 지연이 예상된다[2].

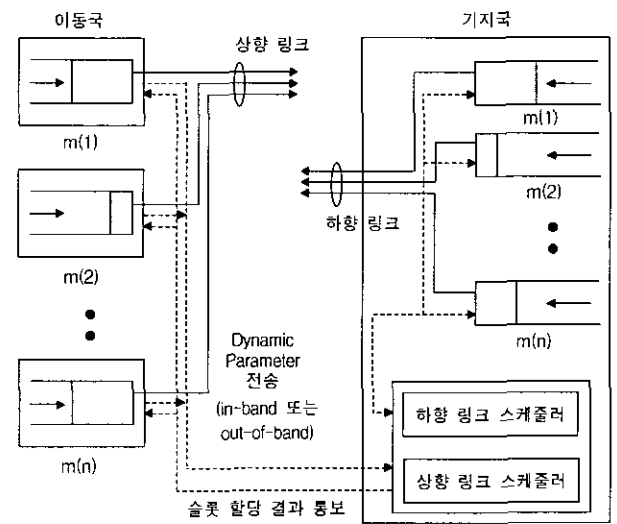
따라서 본 논문에서는 유럽의 ACTS(Advanced Communications and Technology Service) 프로젝트 및 외국에서의 기술개발 사례와 ETSI BRAN에서 이루어지고 있는 MAC 프로토콜의 전반적인 연구 동향과 표준화 동향을 분석하여 표준화 동향에 맞게 시스템을 구현하였다. 또한 트래픽 발생이 불규칙적이고 가변적인 VBR 트래픽 무선 단말기들의 QoS 보장을 위해서 단말기들이 기지국으로 전송하는 트래픽 정보의 유형을 부호화 하였다. 그리고 이 부호화된 정보 즉 동적 파라미터를 신경회로망을 사용하여 오프라인으로 학습하였고 이 학습된 결과를 바탕으로 매 프레임마다 남아 있는 슬롯을 감시하여 그 여분의 슬롯을 적절히 할당함으로써 채널의 이용 효율을 높이고 동시에 VBR 트래픽 서비스 품질을 향상시키는 NDSA(Neural Dynamic Slot Assignment) 알고리즘을 제안하여 기존 슬롯 할당 알고리즘과 비교 분석하였다[1, 2].

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 현재 고려되고 있는 트래픽 별 슬롯 할당 알고리즘 요구 사항 및 동적 슬롯 할당을 위한 시그널링 체계에 대하여, 제3장에서는 본 논문에서 제안한 신경망을 사용한 NDSA 알고리즘에 대하여 설명하고 제4장에서는 시뮬레이션 및 결과를 비교 분석한 다음 마지막으로 제5장에서는 결론을 내린다.

## 2. 트래픽 별 슬롯 할당 알고리즘 요구 사항 및 시그널링 체계

무선 ATM 망에서 MAC 프로토콜이 무선 구간의 데이터 처리율 및 전송 지연에 미치는 영향은 매우 크다. 무선 ATM 망의 경우에는 분산된 단말기로부터의 트래픽 발생 상황을 직접적으로 파악할 수 없기 때문에 직접적인 통계적 다중화가 이루어질 수 없다[3, 4]. 따라서 목표로 하는 무선 구간에서의 통계적 다중화를 실현하기 위해서는 중앙의 기지국에 의해 동적 슬롯 할당을 수행할 수 있는 스케줄링 기능이 제공되어야 한다. 이때 각 서비스의 트래픽 발생 특성을 고려함으로써 슬롯 할당을 단순화할 수 있다. 특히 트래픽 발생 주기를 예측할 수 있는 CBR 트래픽의 경우에는 주기적인 폴링 또는 고정적인 슬롯 할당을 적용함으로써 별도의 복잡한 동적 슬롯 할당 알고리즘을 요구하지 않는다. 그러나 VBR 트래픽의 경우에는 트래픽 발생률의 순시적인 변동 특성과 QoS 요구 사항을 동시에 고려하여 최적 슬롯 할당이 수행되어야 무선 구간에서의 통계적

다중화 이득을 극대화할 수 있다. 한편 지연 시간에 대한 요구 사항이 엄격하지 않는 ABR 또는 UBR 트래픽은 CBR 및 VBR 트래픽에 대한 슬롯 할당 후에 남은 슬롯에 대하여 경쟁 또는 비경쟁 방식으로 자원을 공유할 수 있다. 이때 ALOHA 프로토콜과 같은 완전 분산 방식을 통해 대역 할당을 극히 단순화할 수 있는 반면 채널의 수율을 극대화하기 위해서는 보다 복잡한 예약 방식으로 구현될 수 있다. 여기서 동적 슬롯 할당을 구현하기 위해서는 각 단말기들의 트래픽 상황을 나타내는 파라미터와 이에 관련된 제어 정보를 주고받을 수 있는 시그널링 체계가 요구된다[5]. 이와 같은 시그널링 체계를 도식화하면 (그림 1)과 같다.



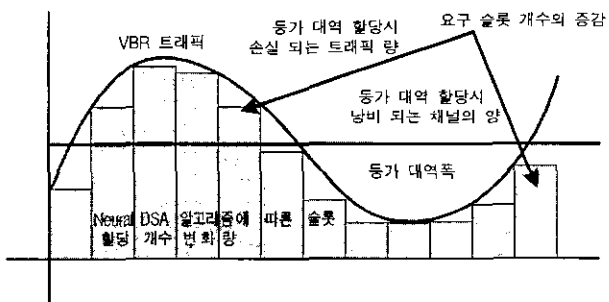
(그림 1) 동적 슬롯 할당을 위한 시그널링 구조

각 단말기들은 최초 호 설정 단계에서 서비스 트래픽 부류에 의해 결정되는 정적 파라미터와 호 진행 중 버퍼의 대기 행렬 길이와 잔여 수명 등의 변화를 나타내는 동적 파라미터를 통해 자신의 대역 요구 상황을 기지국에 알려주어야 한다. 이때 사용되는 슬롯 할당 알고리즘에 따라 이러한 파라미터 정보의 종류와 설정 방법이 결정되어야 한다. 또한 이와 같은 동적 파라미터를 전송하기 위해서는 효과적인 신호 방식이 요구되며 이는 크게 in-band 와 out-of-band 신호 방식으로 구분된다. In-band 신호 방식(ATM 셀 헤더의 GFC 필드를 이용하여 동적 파라미터를 전송하는 방식)은 상향링크로 전송되는 셀에 piggybacking 함으로써 적시에 필요한 정보를 전송할 수 있으나 전송할 수 있는 정보량이 극히 제한된다는 단점이 있다[6]. 한편 out-of-band 방식은 많은 정보를 전송할 수 있으나 일반적으로 지정된 신호 슬롯(임의접근 슬롯 : RACH)을 경쟁에 의해 접근해야 하므로 적시에 정보를 전송할 수 없는 경우가 발생한다. DSA의 경우 트래픽 별 별도의 대역 할당 방식을 고려하지 않고, 동적 파라미터 전송 시 특정 필드를 사용하여 전송하기 때문에 오버헤드 비트가 발생한다. 그리고 슬롯 단위의 예약 요청으로

비트 발생률이 가변적인 트래픽에 대하여 손실이나 지연이 발생하는 문제점을 가지고 있다. 또한 MASCARA는 상향과 하향 링크의 경계가 가변적으로 구현의 어려움이 따르고 트래픽 발생이 주기적인 경우 예약 모드로 전송하고 비 주기적인 경우에는 경쟁 모드로 전송하기 때문에 비 주기적인 트래픽에 대해서는 손실이나 지연이 발생한다. 따라서 이러한 문제점과 단점을 보완하기 위해서는 비 주기적인 트래픽에 대하여 동적 슬롯 할당 알고리즘이 필요하고 시그널링에 소요되는 대역의 제한성 및 신호 프로토콜의 효율성 등과 연계된 사안으로서 이에 대한 최적화가 수행되어야 한다[7-10].

### 3. NDSA (Neural Dynamic Slot Assignment) 알고리즘 및 시스템 구조

멀티미디어 서비스 망의 확장과 멀티미디어 이동 통신 서비스들에 대한 요구가 증가함에 따라 그 사용이 증가될 VBR 트래픽은 발생률의 순시적인 변동 특성과 QoS 요구 사항을 동시에 고려하여 슬롯 할당이 수행되어야 무선 구간에서의 통계적 다중화 이득을 극대화 할 수 있다. 본 논문은 이러한 최적 슬롯 할당 환경을 위하여 NDSA 알고리즘을 적용하여 지금까지 제안된 알고리즘의 문제점들을 해결하고 채널 사용 효율을 높이고자 하였다. (그림 2)는 NDSA 알고리즘 개념도를 나타낸 것이다. VBR 트래픽 발생에 따른 대역폭 할당은 평균 대역폭(등가 대역폭)을 할당함으로써 발생하는 셀손실과 채널의 낭비를 막기 위하여 트래픽 발생에 따라 적응적으로 슬롯을 할당함으로써 순시적으로 변하는 VBR 트래픽에 대하여 QoS를 보장하고 채널 사용 효율을 높이는 개념이다.



(그림 2) Neural DSA 알고리즘 개념도

#### 3.1 프레임 구조

본 논문에서 제안한 NDSA MAC 프레임 구조는 접속 방식에서 ETSI BRAN에서 현재 고려되어지고 있는 TDMA 프레임 기반의 동적 예약 슬롯 할당 방식의 표준화 방식에 맞추어 구성하였다. 이중화 방식은 상향 링크와 하향 링크 간의 경계가 가변적인 비대칭 구조의 TDD 방식이 표준으로 채택되었으나 본 논문에는 하향 링크의 데이터 양을 고려하지 않았기 때문에 상·하향 링크의 경계가 가변이 아닌 고정된 형식을 취하였다.

#### 3.2 제안한 NDSA 알고리즘

기존 MAC 프로토콜은 그 전송량이 다양하게 변화하는 VBR 트래픽의 상황에 맞게 적응적으로 슬롯을 할당하지 못하는 평균 대역폭 할당 방법, 즉 변화하는 트래픽의 정보를 알기 위해 더 많은 오버헤드 정보를 전달해야 하는 out-of-band 방식과 특정 필드를 이용한 in-band 방식을 사용하였다[9]. 하지만 전자는 셀 손실이나 지연에 관계되는 트래픽 QoS 문제를 후자는 다른 특정 슬롯을 사용해야 하는 채널 대역폭의 낭비를 초래하였다. 따라서 본 연구에서 제안한 NDSA 알고리즘은 이러한 문제점들을 보완할 수 있는 방식으로 기존 ATM 셀 헤더 부분의 GFC 필드를 사용하여 오버헤드 비트 문제를 줄이면서 in-band 신호 방식으로 무선 단말기의 버퍼 상태 변화와 셀 발생률 변화에 관계되는 동적 파라미터를 데이터와 함께 piggyback하여 전송하였다. 그러나 GFC 필드의 4비트만을 사용하여 버퍼의 상태 변화와 셀 발생률 변화에 관한 모든 정보를 전송할 수 없게 되므로 버퍼 상태의 변화와 셀 발생률 변화에 대한 증감 상태를 각각 2비트로 부호화하는 상대적인 정보를 적용하였다. 이 때 사용되는 각각의 2비트( $a_0, a_1, b_0, b_1$ )는 각각 다음과 같다.

$$a_0 = a_1 = 0$$

$$\text{if}(g_{i-1}^i > g_{i-2}^i) \text{ then } a_0 = 1 \tag{1}$$

$$\text{if}(g_{i-1}^i > g_{i-2}^i + \Delta) \text{ then } a_1 = 1.$$

여기서 첫 번째 2비트( $a_0, a_1$ )는 무선 단말기의 셀 발생률 변화를 나타낸다.

$i-1$ 번째 프레임 주기 동안 셀 발생률( $g_{i-1}$ )을 측정하여  $i-1$ 번째 프레임에서 발생한 셀 수가  $i-2$ 번째 프레임에서 발생한 셀 수보다 많았다면  $a_0$ 은 1로 세팅하고 정해진 문턱값( $\Delta$ ) 이상이 되었으면  $a_1$ 을 1로 세팅한다. 대기 행렬 길이 변화를 나타내는 2비트( $b_0, b_1$ ) 역시 이와 같은 형태로 부호화한다.

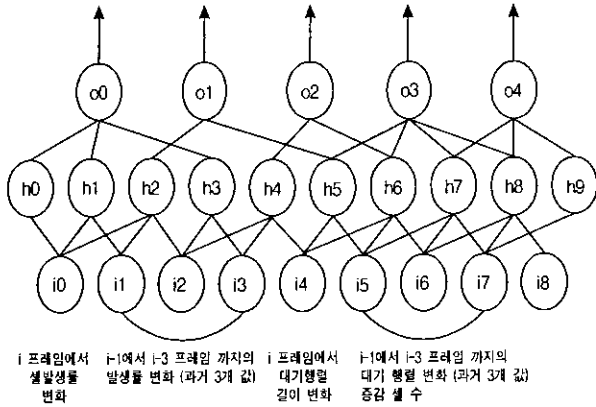
$$b_0 = b_1 = 0$$

$$\text{if}(q_{i-1}^i > q_{i-2}^i) \text{ then } b_0 = 1 \tag{2}$$

$$\text{if}(q_{i-1}^i > q_{i-2}^i + \Delta) \text{ then } b_1 = 1.$$

즉,  $i-1$ 번째 프레임 주기 동안 발생한 셀 수가 그 전 프레임( $i-2$ )에서 발생한 셀 수보다 많았을 경우 즉 버퍼의 길이가 증가하면 일단  $b_0$  비트를 1로 세팅하고, 그 증가의 폭이 정해진 문턱 값( $\Delta$ )을 넘게 되었을 경우에는  $b_1$ 을 1로 세팅한다.

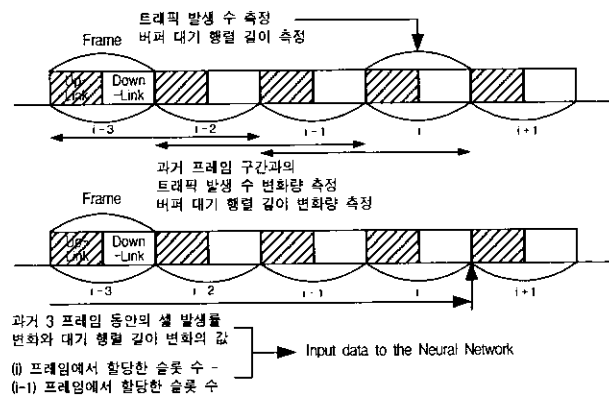
이렇게 각각 2비트로 부호화 된 2개의 정보 값과  $i-1$ 에서  $i-3$ 프레임까지 얻은 각각 3개의 정보 값, 그리고 현재 프레임에서 할당된 슬롯 수와 과거에 할당된 슬롯 수의 차이를 계산한 1개의 정보 값이 기저국 스케줄러 신경회로망 입력으로 사용된다.



(그림 3) NDSA 신경망 구조

(그림 3)은 NDSA 알고리즘에서 사용한 신경망 구조를 나타낸다. 그리고 (그림 4)는 NDSA의 신경회로망 입력으로 사용된 입력 패턴 추출 과정을 나타낸 것이다.

따라서 신경회로망의 출력 값으로는 셀 발생률과 버퍼의 길이 변화량이 문턱 값 이상이 될 때에는 2개의 슬롯을 더 할당하고 둘 중 한 쪽만 문턱 값을 넘을 경우에는 1개, 그리고 변화량이 없을 때는 0개, 그리고 전 프레임에서 1개 또는 2개를 더 할당받았지만 현재 프레임에서는 셀 발생률과 대기 행렬의 길이가 감소했을 경우에는 각각 1개, 2개를 할당량에서 감소하도록 신경망을 학습시켜 무선단말기의 셀 발생률 변화와 대기 행렬 길이 변화에 따라 기지국이 슬롯 할당량을 조절함으로써 오버헤더를 갖지 않으면서도 가변적인 VBR 트래픽을 적응적으로 대처할 수 있게 하였다. 그리고 전체 슬롯 할당은 CT-MPDU(Cell Train MAC Protocol Data Unit) 단위로 슬롯을 예약 받을 때 트래픽 종류, 트래픽의 발생률과 버퍼에서의 대기 행렬 길이에 따라 그 우선순위를 결정하여 슬롯 할당량을 결정하도록 하였다[11, 12].



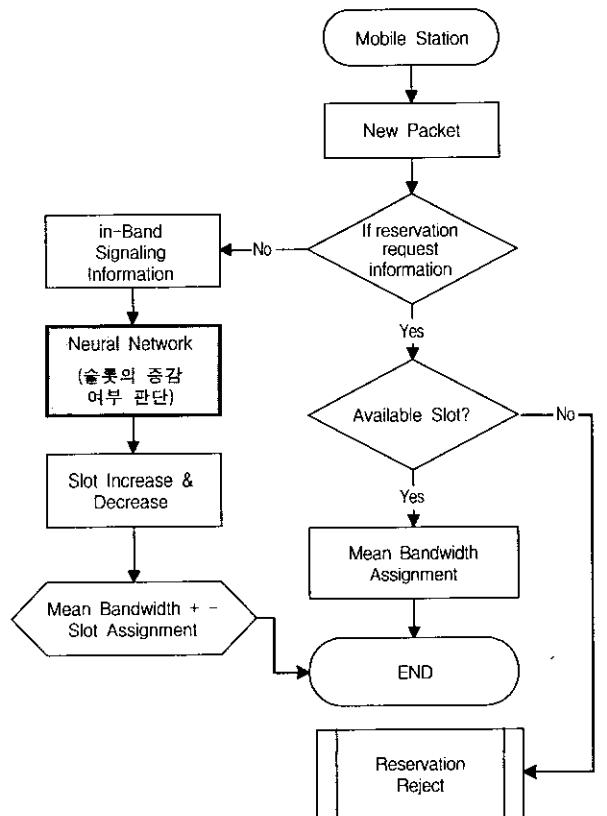
(그림 4) NDSA 신경망의 입력 패턴 구성

(그림 5)는 NDSA 슬롯 할당 알고리즘을 나타낸 것이다. 먼저 예약에 성공한 이동국은 동적 파라미터를 데이터와 함께 전송하고 최초 예약 요청을 수행하는 이동국의 경우 경쟁 채널을 통해 기지국으로 대역 요청 정보를 전송한다. 이것을 수신한 기지국에서는 예약 요청을 하는 경우에는

현재 남아 있는 슬롯수를 검사한 다음 유휴 슬롯이 남아 있을 경우, 최대 셀율(cell rate)과 평균 셀율의 중간 정도의 대역폭을 할당하게 된다. 만약 유휴 슬롯이 없다면 그 이동국에 대한 슬롯 요청은 거절된다. 기지국에서 수신한 데이터 셀이 동적 파라미터를 포함한 데이터 셀일 경우 동적 파라미터를 선택하여 이전 프레임에서 할당된 슬롯 정보와 함께 신경회로망의 입력으로 사용된다. 그리고 신경망 출력에서 결정된 증가 또는 감소 슬롯 수와 이전에 할당된 슬롯 수를 더하여 다음 프레임에 할당된 슬롯 수를 하향 채널을 통해 이동국으로 보내게 된다. 이렇게 할당된 슬롯에 따라 이동국은 상향 채널을 통해 데이터를 전송하게 된다.

이것을 요약해 보면 다음과 같다.

- 가. 무선 단말기에서 패킷이 발생하면 기지국에서는 슬롯 요청 정보인지 데이터 정보인지를 검사한다.
- 나. 슬롯 요청 정보일 경우 가용 슬롯의 유무를 검사하고 가용 슬롯이 없을 경우에는 예약에 대한 요청이 거절되고 가용 슬롯이 존재하면 평균 대역폭으로 슬롯 할당을 수행한다.
- 다. 데이터 정보일 경우 동적 파라미터를 신경회로망 입력 값으로 사용하여 슬롯의 증감 여부를 판단한다.
- 라. 증감된 슬롯 수와 이전에 할당받은 슬롯 수를 더하여 다음 프레임에 할당될 슬롯 수를 할당한다.



(그림 5) NDSA 흐름선도

### 3.3 제안한 NDSA 시스템 구조

본 논문에서 제안한 NDSA 알고리즘을 구현한 시스템은 표준화가 진행되어지고 있는 부분을 최대한 수용하려고 했다. 전체 프레임은 고정길이이고 접속 방식과 이중화 방식을 TDMA/TDD로 구성하였으며 제어 블록과 데이터 전송 블록으로 분리해서 구성하였다. 제어 블록에서는 트래픽의 발생 양에 따라 CT-MPDU 양을 요청하기 위한 값과 동적 파라미터, 그리고 다른 파라미터들이 삽입되고 경쟁으로 인하여 충돌될 경우에는 재전송(ARQ) 기능을 수행한다. 데이터 전송 블록에서는 전송하였던 데이터에 대한 ACK 신호와 슬롯의 증감 상태 정보를 바탕으로 데이터를 전송하게 된다.

처음 큐가 비어 있는 상태에서 이동 단말기는 경쟁을 통해 예약 요청을 하고 경쟁에서 생긴 충돌은 ARQ 신호에 따라 다시 재전송 하는 기능을 갖게 된다. 본 논문에서는 슬롯을 요청할 때와 달리 슬롯이 추가 감소하는 NDSA 시스템에서 충돌이나 폐기가 셀 단위로 이루어지므로 ARQ의 재전송 실행 단위는 셀 단위로 구성했으며 Contention 구간에서의 접속 방식은 Slotted ALOHA 방식을 이용하였다[3, 13].

그리고 기존의 DSA 방식을 NDSA와 비교하기 위해 슬롯 요청과 데이터 전송이 슬롯 단위가 아닌 프레임 단위로 이루어지는 DSA++/TDD 방식으로 구성하였으며 경쟁 방식과 슬롯 단위의 예약 그리고 우선 순위를 버퍼 대기 행렬 길이에 두었다. 본 NDSA는 MASCARA로 제안된 시스템과 동일하게 MPDU 단위로 예약을 요청하고 트래픽 별로의 우선 순위와 버퍼 대기 행렬 길이에 따른 우선 순위를 두었다.

그러나 하향 링크 데이터를 고려하지 않았기 때문에 하향 링크 구간의 길이와 상향 링크 구간의 길이를 동일하게 가정하였다. (그림 6)은 본 논문에서 제안한 NDSA 시스템 구조를 나타낸 것이다.

## 4. NDSA 성능 평가

### 4.1 시뮬레이션 조건

본 논문에서는 NDSA 알고리즘의 성능 평가를 위해 BONEs (Block Oriented Network Simulator) 3.6을 사용하여 무선 ATM 시스템 환경을 구축하여 실험하였으며 비교 대상인 DSA++/TDD와 MASCARA 역시 BONEs tool로 구성하였다. 그리고 본 논문에서 사용한 무선 단말기의 트래픽 모델은 uniform 트래픽, poisson 트래픽, bursty 트래픽의 3가지를 가정하였다. Uniform 트래픽 발생기는 평균 버스트 사이즈가 1이고 평균 inter-pulse 시간이 일정한 간격을 유지하는 것으로 CBR 트래픽 단말기로 가정하였으며 poisson 트래픽 발생기는 평균 버스트 사이즈가 1이고 평균 inter-pulse 시간이 poisson 분포를 따르는 VBR 트래픽 단말기로 가정하였다.

그리고 버스트한 트래픽 발생기는 펄스가 단위시간당 펄스가 발생하는 버스트 구간과 펄스가 발생되지 않는 silent 구간으로 구성되는데 파일 전송과 같은 송신원 모델로서 ABR 트래픽 단말기로 가정하였다.

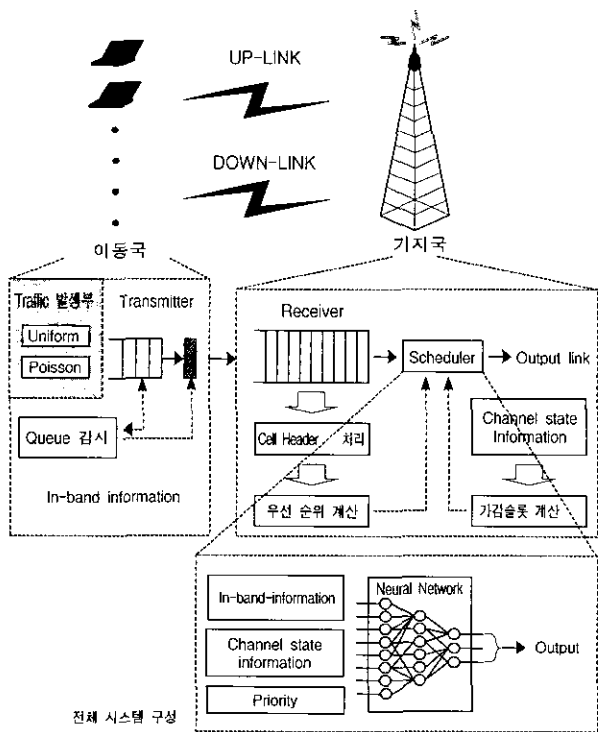
### 4.2 성능 평가 결과

<표 1>은 NDSA 알고리즘 시뮬레이션을 위해 설정한 파라미터 값을 나타낸다.

<표 1> 시뮬레이션 파라미터

파라미터 값	설정 값
Load	0.1~1.0
Channel Speed	21,200,000 bps
Frame Length	2 ms
Learning rate	0.35
Buffer size	(20, 50, 100)
Slot Size	1 ATM Cell
Simulation Time	Frame * 1000

프레임 길이는 현재 표준화 진행 과정에서 제안되고 있는 2ms 고정 길이를 사용하였으며 무선 단말기 개수는 CBR 트래픽 단말기 5~10개, VBR 트래픽 단말기 5~10개, ABR 트래픽 단말기 6개를 사용하여 시뮬레이션 조건을 다양하게 변화시켰으며, 그리고 신경회로망의 은닉층 또한 다양한 조건에 따라 파라미터 값을 변화시켜 시뮬레이션 한 결과 최적의 은닉층 값을 갖는 9×10×5의 다층 퍼셉트론을 사용하였으며 학습률은 0.35값으로 하여 시뮬레이션 하였다. 실험 결과는 다양하게 변화시킨 결과 값들의 평균 값을 사용하였다. 그리고 버퍼 크기 설정은 버퍼 크기 변화에 따른

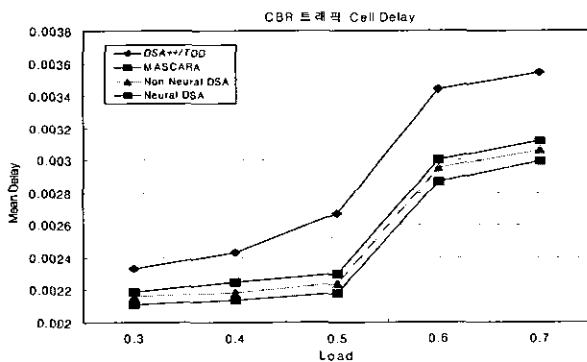


(그림 6) NDSA 시스템 구조

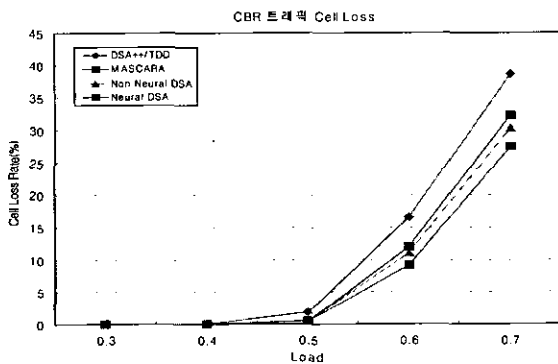
셀 손실을 즉 CBR 트래픽의 경우  $10^{-4} \sim 10^{-6}$ , VBR 트래픽의 경우  $10^{-6} \sim 10^{-9}$ , ABR 트래픽의 경우  $10^{-9} \sim 10^{-12}$ 을 목표로 하여 얻을 수가 있었고 하나의 슬롯 크기는 한 개의 ATM 셀로 가정하였다.

본 논문에서는 DSA++/TDD를 TDMA 기반에서 대역 할당 요청 시 필요한 슬롯 수를 버퍼 대기 행렬 길이의 우선권에 따라 동적으로 예약하는 방식으로 구성하였다. 무선 단말기의 버퍼가 빈 상태에서 패킷이 발생했을 때 무선 단말기는 경쟁 모드로 동작하여 상향 링크를 통해 랜덤 접속 방식에 의해 슬롯 예약 요청을 수행하였다. 예약 요청 시 현재 버퍼에 새로 출현하여 대기 중인 셀 수를 상향 링크로 전송되는 셀 내부에 piggybacking 하여 함께 전송하고 중앙의 기지국은 버퍼에서 대기하고 있는 셀 수를 나타내는 동적 파라미터를 이용하여 전송된 셀들의 우선권을 계산하고 매 슬롯을 우선권이 높은 단말기에 할당하였다. 그러나 DSA++/TDD는 버퍼에서 대기하고 있는 셀 수를 동적 파라미터로 사용하기 때문에 4비트의 GFC 필드를 사용할 수 없다. 따라서 동적 파라미터 전송을 위한 오버헤드 비트 문제가 예상된다.

DSA++/TDD는 요청과 예약을 단순히 셀 단위로 수행하고 트래픽 별 우선 순위를 고려하지 않았기 때문에 구성상의 단순함이 있었으나 (그림 7)과 (그림 8)에서와 같이 CBR 트래픽의 경우 다른 알고리즘에 비해서 셀 지연과 손실은 높게 나타났고 (그림 12)에서와 같이 처리율은 낮게 나타났다. 반면 다른 알고리즘에서는 거의 비슷한 결과를 얻을 수 있었다.

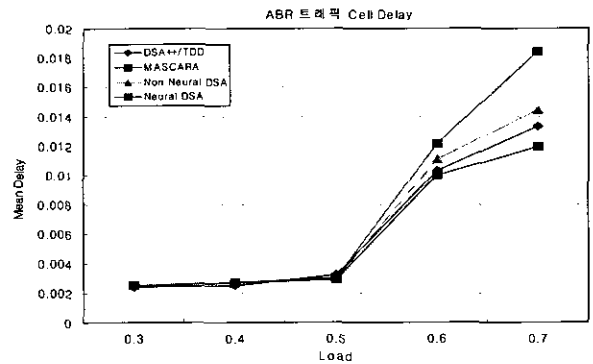


(그림 7) CBR 트래픽 셀 지연



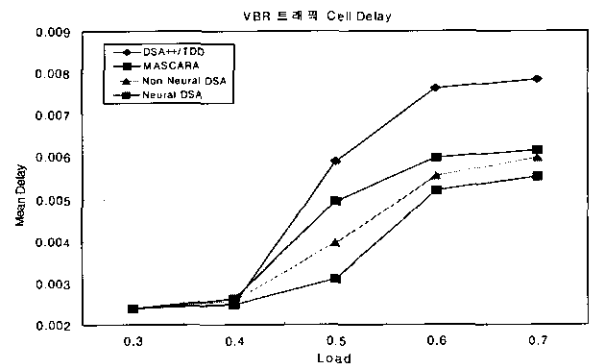
(그림 8) CBR 트래픽 셀 손실율

그러나 (그림 9)와 같이 버퍼 대기 행렬 길이에 따라 우선 순위를 결정하여 슬롯을 할당하므로 ABR 트래픽의 셀 지연에서는 다른 알고리즘 보다 우수한 성능을 보였다. 반면 MASCARA는 슬롯 요청과 예약을 매 프레임마다 기지국에 있는 마스터 스케줄러와 무선 단말기에 있는 슬레이브 스케줄러에 의해 두 단계에 걸쳐 수행하였다.



(그림 9) ABR 트래픽 셀 지연

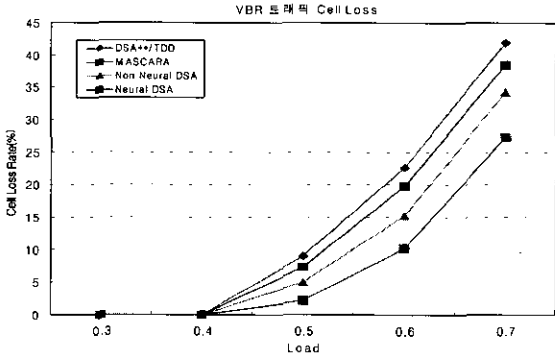
마스터 스케줄러는 각 프레임 단위로 무선 단말의 버퍼 대기 행렬 길이와 트래픽 별 우선 순위를 고려하여 셀 트레인으로 슬롯을 할당하였다. 그리고 각 무선 단말기의 슬레이브 스케줄러는 슬롯 할당 정보를 바탕으로 자신에게 주어진 슬롯을 통해 데이터를 전송하였다. 이와 같이 MASCARA는 CT-MPDU(Cell Train MAC Protocol Data Unit) 단위로 예약하고 전송함으로써 데이터를 전송할 때 지연이나 손실이 DSA++/TDD 보다 향상되었으나 버퍼 대기 행렬 길이를 나타내는 동적 파라미터 전송 방식이 DSA++/TDD와 같기 때문에 오버헤드 비트 문제가 발생하고 VBR 트래픽에 대한 등가 대역폭 할당에 따른 손실과 지연이 (그림 10)과 같이 발생하였다.



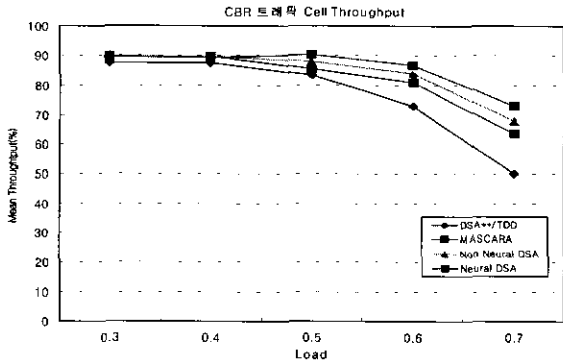
(그림 10) VBR 트래픽 셀 지연

이에 반해 NDSA 알고리즘은 데이터 전송의 효율을 높이기 위해 MASCARA의 셀 트레인 개념을 이용하였고 오버헤드 비트 문제를 없애기 위해 버퍼 상태변화를 이진수로 부호화하여 그 정보를 오프라인 학습된 신경회로망을 통하여 다

음 프레임에 할당할 슬롯 수를 유동적으로 조절함으로써 CBR 트래픽의 QoS를 보장 ((그림 7), (그림 8) 참조)하면서 동시에 VBR 트래픽의 손실이나 지연을 향상시킬 수 있었다.



(그림 11) VBR 트래픽 셀 손실율

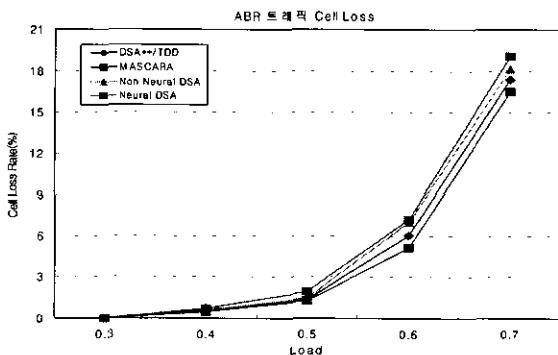


(그림 12) CBR 트래픽 셀 처리율

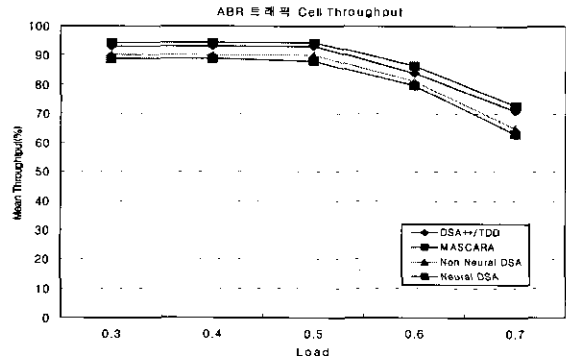
(그림 10)과 (그림 11)은 VBR 트래픽에 대해 NDSA 알고리즘이 다른 알고리즘에 비해 지연이나 손실 면에서 향상되었음을 보여 주고 있다.

그러나 ABR 트래픽 대해서는 별도의 슬롯 할당 알고리즘을 적용하지 않고 CBR, VBR 트래픽의 잔여 대역폭을 이용하였기 때문에 앞서서의 (그림 9)와 같이 NDSA 알고리즘이 다른 알고리즘에 비해서 지연이 높게 나타났다.

여기서 Non NDSA 알고리즘은 NDSA 알고리즘에서 신경회로망 블록을 제외한 알고리즘을 나타내고 있으며 이는



(그림 13) ABR 트래픽 셀 손실율

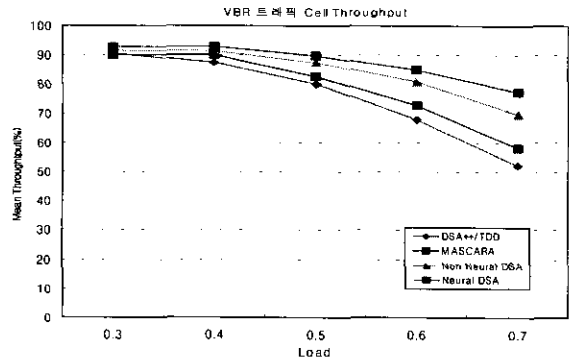


(그림 14) ABR 트래픽 셀 처리율

단순히 NDSA에서 부호화 된 정보를 신경회로망으로 사용하지 않고 십진수 형태로 변환해서 슬롯의 증감을 결정하도록 하였다. 따라서 NDSA 알고리즘 보다 다소 성능이 좋지 않았지만 DSA++/TDD와 MASCARA 알고리즘 보다 향상되었음을 알 수 있었다.

(그림 13)과 (그림 14)는 ABR 트래픽에 대한 손실률과 처리율을 보여주고 있는데 적용했던 알고리즘 모두가 비슷한 형태의 손실률과 처리율을 보여주었다.

(그림 15)는 VBR 트래픽에 대한 처리율을 보여주고 있는데 NDSA 알고리즘을 적용한 시스템이 DSA++/TDD, MASCARA 알고리즘을 적용한 시스템에 비해 효과적으로 개선되었음을 볼 수 있다.



(그림 15) VBR 트래픽 셀 처리율

이와 같이 트래픽 발생에 따라 유동적으로 슬롯을 할당함으로써 NDSA 알고리즘이 DSA++/TDD 알고리즘과 MASCARA 알고리즘 비해서 버퍼에서 발생하는 셀 지연이나 손실을 줄일 수가 있었고 in-band 방식으로 버퍼 대기행렬 길이 변화와 셀 발생률의 변화를 부호화하여 전송함으로써 채널 상에 발생하는 오버헤드 비트 문제를 해결하여 채널의 이용 효율이 향상되었음을 확인하였다.

## 5. 결 론

본 논문에서는 현재 무선 ATM 표준화 현황을 고려하면

서 매 프레임마다 여분의 슬롯을 감시하고 in-band 방식의 동적 파라미터를 이용하여 순간적으로 발생하는 VBR 트래픽을 갖는 무선 단말기들에게 그 여분의 슬롯을 효율적으로 할당하는 NDSA 알고리즘을 제안하였다. 제안한 NDSA 알고리즘은 채널의 오버 헤드 비트 문제를 해결하기 위하여 버퍼 상태 변화 정보와 셀 발생률 정보를 부호화하고 ATM 셀 헤더의 GFC 필드를 사용하여 매 프레임마다 전송되는 데이터에 piggyback하였다. 그리고 전송된 동적 파라미터를 기지국의 신경망 슬롯 할당 스케줄러에 보내고 전체 프레임의 슬롯 할당 상태를 파악하여 트래픽 발생이 감소된 무선 단말기를 대상으로 이전에 할당된 슬롯 개수에서 사용하지 않는 슬롯을 트래픽 발생률이 급격히 증가된 무선 단말기에게 그 슬롯을 할당하였다. 따라서 매체 접근 제어에서 추구하는 통계적 다중화 실현에 한층 더 근접할 수 있음을 보였다.

실험 결과에서는 기존의 DSA++/TDD와 MASCARA 슬롯 할당 알고리즘과 비교할 때 제안된 NDSA 슬롯 할당 알고리즘을 적용한 시스템이 셀 손실과 지연에 대해서 약 3~5%, 0.5~1ms 정도 개선되었음을 알 수 있다.

그러므로 제안된 NDSA 알고리즘을 사용하여 무선 ATM 슬롯 할당 방식으로 사용한다면 VBR 트래픽에 대한 서비스 품질을 보장하고 채널 사용 효율을 향상시킬 것으로 기대된다. 추후 과제로는 무선 채널의 수율을 향상시키기 위해서 ABR 트래픽을 고려한 슬롯 할당 알고리즘 연구 개발이 필요하고 신경망 응용 부분을 확장 적용할 수 있는 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

[1] Wittneben and W. Liu, "The European Wireless LAN Standard HIPERLAN: Key Concepts and Tested Results," Proceedings of VTC '97, pp.1317-1321, 1997.  
 [2] Ciotti and J. Borowski, "The AC006 MEDIAN Project-Overview and State of the Art," ACTS Mobile Communications Summit, Granada, Spain, Nov. 1996.  
 [3] 안용화 "무선 ATM 망에서 멀티미디어 지원을 위한 슬롯 할당에 관한 연구", 전자공학회논문지, 제35권 S편 제1호, pp.1-13, 1998.  
 [4] Xiaowen Wu, et al., "Dynamic Slot Allocation Multiple Access Protocol for Wireless ATM Networks," Proceedings of IEEE ICC '97, pp.1560-1565, June, 1997.  
 [5] Jouni Mikkonen, "The Magic WAND: Overview," Proceedings of Wireless ATM Workshop, pp.200-205, Sep. 1995.  
 [6] S. K. Biswas, D. Reininger and D. Raychaudhuri, "UPC Based Bandwidth Allocation for VBR Video in Wireless ATM Links," Proceedings of IEEE INFO COM 97, pp.

1073-1079, 1997.  
 [7] P. Agrawal et al., "SWAN: A Mobile Multimedia Wireless Network," IEEE Personal Communications Mag, pp.18-33, Apr. 1996.  
 [8] Petras, A. Hettich and A. Kramling, "Performance Evaluation of a Logical Link Control Protocol for an ATM Air Interface," Proceedings of IEEE Wireless Communication Systems Symposium, pp.908-912, 1996.  
 [9] D. Raychaudhuri et al., "WATMnet: A Prototype Wireless ATM System for Multimedia Personal Communication," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol.15, No.1 Jan. 1997.  
 [10] D. Petras, "Medium Access Control Protocol for Wireless Transparent ATM Access," Proceedings of IEEE Wireless Communication Systems Symposium, pp.1740-1745, Nov. 1995.  
 [11] M. J. Karol, S. Liu, and K. Eng, "Distributed-Queueing Request Update Multiple Access (DQR-UMA) for Wireless Packet Networks," International Conference on Communications, Conference Record, Seattle, USA June. 1995.  
 [12] Y. J. Kim, H. W. Jung, D.W. Choi, K.H. Kim and C. G. Kang, "MAC Requirements for WATM," ATM Forum/97-0565, July, 1997.  
 [13] Yalun Li, and Steinar Andresen, "An Extended Packet Reservation Multiple Access Protocol For Wireless Multimedia Communication," Proceedings of IEEE PIMRC '94, pp.1254-1259, 1994.



김 영 철

e-mail : yckim@chonnam.chonnam.ac.kr

1981년 한양대학교 전자공학과 졸업 (공학사)

1987년 University of Detroit 전자공학 공학석사

1993년 Michigan State University 전자공학 공학박사

1993~현재 전남대학교 전자공학과 부교수

관심분야 : MPLS over ATM, 정보보안 및 암호화칩 구현, IP 이용 SoC



전 찬 용

e-mail : mjlim@ncuron.chonnam.ac.kr

1999년 목포대학교 전자공학과 졸업 (공학사)

2001년 전남대학교 대학원 전자공학 공학석사

관심분야 : 무선 ATM 트래픽 스케줄링