

ATM 스위치에서의 QoS 향상을 위한 출력큐잉 제어 기법에 관한 연구

정희원 이상태*, 김남희*, 노기용*, 전병실**

A Study on the Output Queuing control scheme for QoS Improvement in ATM Switch

Sang-tae Lee*, Nam-hee Kim*, Gi-young Noh*, Byoung-sil Chon** *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 ATM 스위치의 출력버퍼에서 각 트래픽의 등급에 따라 다양한 셀 손실율과 지연율을 갖는 트래픽에 대하여 실시간으로 폐기되는 셀의 비율을 측정하여, 셀 손실율의 비율을 제어함으로써 손실에 민감한 트래픽의 셀 손실에 대한 요구사항을 만족시킬 수 있도록 하고, 지연에 민감한 트래픽에 대하여 지연율을 감소시킬 수 있는 새로운 셀 폐기 및 스케줄링 기법을 제안하였다. 본 제어기법에서는 3개의 주소버퍼와 1개의 공통버퍼 및 공통버퍼의 주소를 관리하는 유류 어드레스 버퍼를 두어 버퍼의 이용율을 높일 수 있도록 하였으며, 셀 지연율을 감소시키기 위하여 기존의 셀 스케줄링 기법을 보완하여 지연에 민감한 트래픽의 지연율을 감소시킬 수 있도록 하였다. 그리고, 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 기존의 우선순위제어 기법들과 제안된 기법을 셀 손실율과 평균지연을 비교하였고, 제안한 셀폐기 알고리즘 I만을 적용시켰을 때와 알고리즘 II를 적용시켰을 때의 셀 손실율과 셀 지연율을 비교·분석하였다. 시뮬레이션 결과 제안된 기법이 기존의 기법에 비해 셀 손실율과 평균지연에 있어 성능이 향상되었음을 확인하였다.

ABSTRACT

In this paper, we propose a new cell discarding and scheduling scheme which reduce cell loss rate by measuring, in real time, the number of discarded cells in the queuing system with a different loss priority for each class of service such that each class of service meets its cell loss rate requirements and reduce average delay rate for the traffic that is sensitive in average delay rate in output buffer of the ATM switch. In proposed scheme, we use three address buffers, one common buffer, and idle address buffer which is control the address in common buffer for improving the buffer utility and delay requirements can be reduced by the modified existing cell scheduling scheme. Throughout the computer simulation, the existing scheduling scheme and proposed scheme are compared with respect to cell loss rate and average delay time. And, in proposed scheme, we compare cell discarding algorithm I with algorithm II in cell loss rate and average delay time.

According to the simulated results, the proposed scheme has improved performances than the other schemes with respect to cell loss rate and average delay time.

I. 서 론

ATM 망에서는 셀을 통계적 다중화(statistical

multiplexing)하여 전송하기 때문에 여러 가지 다른 특성의 서비스들을 유연하게 수용할 수 있고 대역폭을 효율적으로 사용할 수 있다. 그러나 대역폭의

* 한국표준과학연구원(stlee@kriss.re.kr)

** 전북대학교 전자공학과

논문번호 : 98444-1011, 접수일자 : 1998년 10월 11일

과다 사용은 버퍼에서의 셀 지연이나 셀 손실율과 같은 서비스의 질(QoS : Quality of Service)을 저하시킨다^[12]. 그리고, 호가 셋업(setup) 될 때 각 서비스는 지연 우선순위와 손실 우선순위에 따라 서비스 등급이 할당된다. 예를 들면 고정비트율(constant bit rate)의 비디오 신호는 엄격한 셀 손실과 셀 지연에 모두 민감하고 데이터와 같은 신호는 셀 지연에는 그다지 민감하지 않지만 셀 손실에 있어서는 민감하다. 또한 음성신호는 셀 손실에 있어서는 민감하지 않지만 셀 지연에 있어서는 엄격한 지연율을 요구한다. 이렇듯 트래픽의 종류가 다양해짐에 따라 각 서비스마다 요구하는 서비스 품질이 다르므로 이를 만족시키기 위해서는 과밀시에 셀 손실율 요구치가 낮은 서비스에 속한 셀들을 우선적으로 폐기시키고, 전송지연 요구치가 엄격한 서비스의 셀을 먼저 처리해 줄 필요성이 있으며, 이러한 필요성을 만족시켜줄 수 있기 위해서는 효율적인 셀 폐기 및 지연을 고려한 스케줄링 기법을 통해 제어를 하는 것이다^[13-8].

이러한 서비스 종류에 따른 셀 손실이나 지연의 요구사항을 만족시키기 위해서 많은 기법들이 제안되어 왔는데 이는 크게 셀 손실에 민감한 트래픽을 효율적으로 처리하기 위한 손실우선순위 제어와 셀 지연에 민감한 트래픽을 위한 지연우선순위로 나누어 볼 수 있다^[9-13]. 그러나 기존의 우선순위 기법들은 지연 우선순위나 손실 우선순위의 둘중 한 기법에만 치중되어 왔고, 비디오 신호와 같이 지연과 손실 모두에 민감한 데이터를 처리하는데 있어서는 많은 문제점이 있다^[14-16].

이러한 문제점들을 해결하기 위해 손실에 민감한 트래픽과 지연에 민감한 트래픽 모두를 고려한 NTCD/MB(Nested Threshold Cell Discarding/Multiple Buffer) 기법 등이 제안되었다^[17,18]. 그러나 이는 손실에 민감한 트래픽 보다는 지연에 민감한 트래픽을 먼저 서비스하고 난 후 손실에 민감한 데이터를 서비스함으로써 상대적으로 손실에 민감한 트래픽의 성능이 저하되는 문제가 발생하였고, 기존의 우선순위 제어 기법들은 비디오 신호와 같이 지연과 손실 모두에 민감한 데이터를 처리하는데 있어서는 많은 어려움이 있다^[15-21]. 따라서, 본 논문에서는 트래픽의 각 클래스별 셀 손실율의 비율로 셀을 폐기 할 수 있는 셀 폐기 제어 기법 및 지연에 민감한 트래픽에 대해서 지연율을 줄일 수 있는 새로운 셀 스케줄링 제어방식을 제안하였다. 제안된 셀 폐기 및 스케줄링 제어방식에서는 공통버퍼를

두어 각 클래스별로 독립된 버퍼를 사용함으로써 발생하는 버퍼의 효율성의 저하를 개선하여 버퍼의 효율성을 높였으며, 또한 idle 어드레스 버퍼를 두어 공통버퍼의 주소를 관리할 수 있도록 하였다.

또한, 제안한 셀 폐기 기법을 사용하여 각 클래스별로 다양한 셀 손실율을 계산함으로써 기존의 단순히 손실율에 있어 셀을 우선순위가 높고 낮음으로 구분해서 폐기하는 여러 기법들에 비해 매우 엄격하게 셀 폐기율을 결정함으로써 다양한 트래픽의 셀 손실율을 만족시킬 수 있도록 하였다. 셀 스케줄링에 있어서는 기존의 버퍼에 진입한 셀에 타임 스탬프를 붙여 셀이 서비스 받을 시점의 시간에서 셀이 버퍼에 진입할 때의 시간의 차에다 그 셀의 지연 민감도를 나타내는 urgency time을 더하여 지연율을 계산하는 EDD 기법을 수정하여, 좀더 지연율을 정확히 계산해서 셀을 서비스 할 수 있는 셀 스케줄링 기법을 제안하여 셀 서비스 시 지연 요구사항에 엄격한 셀을 먼저 서비스 받을 수 있도록 하였다. 제안된 셀 폐기 및 스케줄링 기법의 성능을 평가하기 위하여 기존의 우선순위 제어 방식들과 시뮬레이션을 통하여 비교함으로써 제안된 기법의 제어방식을 검증하였다. 본 논문의 구성은 서론에 이어 2장에서 다양한 트래픽의 셀 손실 및 지연율 등의 트래픽 특성을 만족시켜 줄 수 있는 새로운 셀 폐기 및 스케줄링 제어 기법을 제안하였다. 그리고 3장에서는 시뮬레이션을 통한 제안된 모델의 성능을 평가하기 위해 트래픽 발생 패턴 및 시뮬레이션 결과를 분석하여, no priority, fixed priority, front-end priority control scheme과 셀 손실 및 셀 지연율에 대한 비교 및 제안한 셀 스케줄링 제어기법만을 대상으로 알고리즘 I만을 적용시켰을 때와 알고리즘 II(알고리즘 I 포함)를 적용시켰을 때의 셀 손실율과 셀 지연율을 비교·분석하였다. 그리고 끝으로 4장에서는 결론을 기술하였다.

II. 제안된 셀 폐기 및 스케줄링 기법

1. 제안된 셀 폐기 및 스케줄링을 위한 제어 구조
본 논문에서 제안한 제어기법의 구조는 그림 1과 같다. 제안한 구조는 입력 셀 제어부(input cell controller), 3개의 주소버퍼(address buffer)와 각 어드레스 버퍼에 대한 셀 카운터(cell counter) 및 타이머(timer), 유휴 주소 버퍼(idle address buffer), 공통버퍼(common buffer) 및 셀 스케줄링 제어부(cell scheduling controller)로 구성되어 있다. 입력

제어부는 ATM 스위치를 통해 출력 버퍼에 도착한 셀을 헤더부분의 클래스 정보에 따라 각 클래스에 해당하는 버퍼에 저장한다. 본 구조에서는 각각 독립된 3개의 주소 버퍼를 두어 물리적인 셀은 공통 버퍼에 저장하고 그 주소에 해당하는 주소만을 각각의 클래스 별로 주소 버퍼에 저장한다.

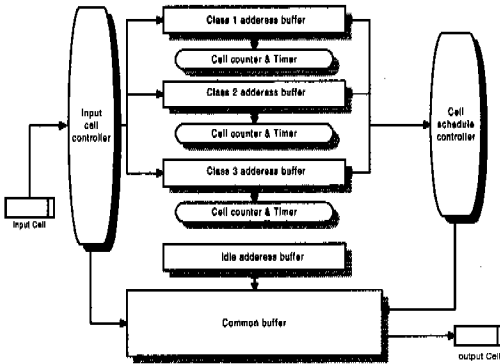


그림 1. 제안된 셀 스케줄링 제어 구조

그리고 각 어드레스 버퍼에는 셀 카운터와 타이머를 두어 버퍼에 진입한 셀에 대한 셀 개수 및 셀이 버퍼에 진입하여 서비스 받을 시점까지의 시간을 계산할 수 있도록 하였다. 셀 스케줄링 제어부는 클래스 3개에 해당하는 각각의 어드레스 버퍼의 가장 앞단에 있는 셀의 지연 우선순위를 고려해 셀을 서비스할 수 있도록 하는 모듈로서 각 어드레스 버퍼에 쌓여 있는 셀의 수 및 셀이 버퍼에 진입하여 서비스 받을 시점까지의 시간 및 각 클래스에 대한 지연 민감도를 고려하여, 서비스 받을 셀을 공통버퍼에서 꺼내 출력링크로 전송할 수 있도록 하였다. 또한, 해당 셀이 지연 허용도를 초과한 셀에 대해서는 폐기를 할 수 있도록 하였다. 유휴 어드레스 버퍼는 공통버퍼에서 서비스 받는 셀에 대한 주소를 관리하는 버퍼로서 공통버퍼에서 셀이 서비스를 받게 되면 그 셀의 주소를 다시 입력셀이 이용할 수 있도록 하여 공통셀에 대한 전체적인 주소를 관리할 수 있도록 하였다. 공통버퍼는 크기를 256으로 하여 셀 스케줄링 제어부에서의 물리적인 셀 저장을 할 수 있도록 하였다.

2. 제안된 셀 폐기 정책

본 논문에서 제안한 셀 폐기 기법은 기존의 셀 폐기 기법들이 단순히 셀의 손실 우선순위가 높고 낮음으로 분류하여 셀 폐기를 결정하였던 것에 반해 각 클래스 별로 셀 손실율이 다름을 감안할 때,

좀더 트래픽의 특성에 적합한 세밀한 손실제어가 이루어지기 위해서는 각 클래스에 대한 손실율에 따라 제어를 할 필요성이 있다. 따라서 본 논문에서의 제안한 셀 폐기 기법은 클래스 등급에 따른 셀 손실율에 따라서 셀 폐기를 할 수 있는 그림 2 및 그림 3의 알고리즘 I, II를 제안하였으며, 제안한 셀 폐기 알고리즘에 대한 흐름도 및 설명은 다음과 같다. 제안한 알고리즘을 설명하기 전에 알고리즘에 나오는 용어에 관해 간략하게 요약하면 클래스 1(H), 클래스 2(M), 클래스 3(L)의 목표 셀 손실율을 각각 T_H , T_M , T_L 이라고 하고, 제안된 알고리즘에서 측정된 셀 손실율을 M_H , M_M , M_L 이라고 하면 본 논문에서 제안한 셀 폐기 알고리즘은 선택적으로 셀을 폐기시킴으로써 측정치 값인 M_M / M_H , M_L / M_H 이 목표치인 T_M / T_H , T_L / T_H 의 값에 접근하게 함으로서 각 클래스의 셀 손실율을 만족시킬 수 있도록 하는 제어 방식이다.

여기에서,

$$Loss\ weight\ M = \frac{T_M}{T_H} \times \frac{\rho_M}{\rho_H}$$

$$Loss\ weight\ L = \frac{T_L}{T_H} \times \frac{\rho_L}{\rho_M}$$

과 같이 정의를 하고, Loss weight 값은 weighted round robin 서비스에서의 대역폭과 같은 개념이다. ρ_H, ρ_M, ρ_L 은 각 클래스 1(H), 클래스 2(M), 클래스 3(L)의 부하량으로 가정한다. 그러므로 전체적인 부하량은 ρ 는 $\rho_H + \rho_M + \rho_L$ 과 같다고 할 수 있다. 시뮬레이션 용이상 부하율인 ρ_L, ρ_M, ρ_H 는 1로 하였고, $T_L = 10^{-6}$, $T_M = 10^{-8}$, $T_H = 10^{-9}$ 으로 하였다. 이는 트래픽 특성상 셀 손실율이 T_H 는 비디오 신호, T_M 는 컴퓨터 데이터, T_L 는 음성신호로 설정하였기 때문에 이에 근접한 셀 손실율을 선택하였다.

예를 들면 $T_L = 10^{-6}$, $T_M = 10^{-8}$, $T_H = 10^{-9}$ 이고 $\rho_L = \rho_M = \rho_H$ 이라면 Loss weight M = 10, Loss weight L = 1000과 같다. 이는 클래스 3(L)의 셀이 1000개 폐기될 때, 클래스 2(M)의 셀은 10개가 폐기되고, 클래스 1(H)의 셀이 1개 폐기되는 것과 같은 의미이다. 이와 같은 방식으로 셀을 폐기함으로써 기존의 셀 폐기방식들이 가졌던 단점들을 개선하여 각각의 클래스의 셀 손실율을 정확

하게 폐기시킬 수 있다는 장점이 있고 제어방식은 다음과 같다.

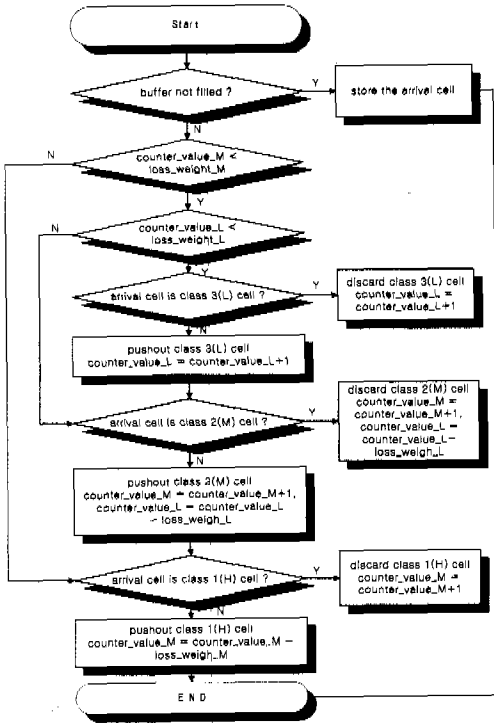


그림 2. 제한된 셀 폐기 알고리즘 I의 흐름도

셀이 버퍼에 도착하여 버퍼가 차지 않았으면 버퍼가 찰 때까지 셀을 계속 받아들인다. 여기에서 counter value 값은 클래스 3(L)의 셀의 수 및 클래스 2(M)의 셀의 수를 카운트하는 기능을 가지게 함으로서 클래스 3의 셀이 100개 폐기됨에 따라 클래스 2의 셀은 10개가 폐기되고, 클래스 1의 셀은 1개가 폐기될 수 있도록 하기 위해 필요한 매개변수이다. 만일 버퍼에 셀이 가득차게 되면 3가지의 경우로 나누어 볼 수 있다. 즉, 도착한 셀이 클래스 3(L)의 셀이면 이 셀을 폐기시키고, 만약 다른 클래스의 셀이면 클래스 3의 셀이 100개가 폐기될 때까지 버퍼 안에 있는 클래스 3의 셀을 축출(push-out) 기법을 사용해 폐기시키고 그 자리에 도착한 셀을 삽입한다.

이때, 버퍼에서 축출하는 클래스 3의 셀은 버퍼의 가장 앞단에 있는 셀을 폐기하게 되는데 이는 셀이 버퍼의 가장 앞단에 있을수록 지연이 많이 되었기 때문에 손실될 확률이 다른 셀에 비해 크기 때문이다. 이와 같은 방식으로 셀을 폐기시키다가 클래스

3의 폐기된 셀의 수가 100개가 넘어서면 도착하는 셀이 클래스 2(M)의 셀이면 폐기시키고, counter value M의 값을 1증가시키고, 다시 counter value L의 값에서 Loss weight L의 값을 감소시킴으로 다시 counter value L의 값이 1000개가 될 때까지 counter value L의 값을 증가시킨다. 그리고, 도착한 셀이 클래스 2(M)의 셀이 아닌 경우에는 클래스 1의 셀이 100개가 폐기되었으므로 축출기법을 사용해 버퍼 안에 있는 클래스 2의 셀을 폐기시키고 앞서 설명한 것과 같은 방식으로 제어를 하게 된다. 셀을 폐기시키다가 클래스 2의 폐기된 셀의 수가 10개 이상이 되면 셀 폐기율에 따라 클래스 1의 셀을 폐기시키는데 이 방식도 마찬가지로 클래스 2의 폐기된 셀의 수가 10개 이상이 되었을 때 도착한 셀이 클래스 1의 셀이면 폐기시킨다.

그리고 counter value M의 값을 다시 초기화시키기 위하여 counter value M의 값에서 Loss weight M의 값을 빼고, 도착한 셀이 클래스 1의 셀이 아니면 축출기법을 사용해 버퍼 안에 있는 클래스 1의 셀을 강제로 축출하고 counter value M의 값을 초기화시키게 된다. 이와 같은 알고리즘을 사용함으로써 셀의 비율에 따라 셀 폐기율을 제어 할 수 있다.

알고리즘 I은 클래스 1(H), 2(M), 3(L)에 대한 부하율이 같을 때 적용시킬 수 있고 각 클래스에 대한 부하율이 달라질 경우에는 특히, 클래스 1과 클래스 2의 셀 부하량이 많아지게 되면 버퍼가 차기 전에 버퍼의 대부분을 클래스 1과 클래스 2의 셀이 점유하게 되어 클래스 1, 2의 셀 손실이 급격히 증가하게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 셀 손실에 민감한 클래스 즉, 본 논문에서는 클래스 1과 클래스 2의 셀 들에 대한 버퍼내의 저장용량을 확보할 필요성이 있다. 이를 위해서 알고리즘 II를 두어 클래스의 부하량이 변화할 때 이에 대응하여 셀 손실율을 제어 할 수 있도록 하였다.

알고리즘 II의 경우는 알고리즘 1에서는 $\rho_L = \rho_M = \rho_H$ 와 같은 가정이었을 때는 문제가 발생하지 않는다. 즉, $\rho_L = \rho_M = \rho_H = 1$ 이었을 때는 M_M / M_H , M_L / M_H 이 목표치인 T_M / T_H , T_L / T_H 에 근접할 수가 있어 셀 비율에 따라 셀 폐기율을 제어 할 수가 있다. 그러나 ρ_H, ρ_M 의 비율이 ρ_L 의 비율에 비해 상당히 높아질 때 즉, $\rho_H / \rho_L = 10$ 이라면 상대적으로 클래스 1과 클래스 2의 셀 들이 버퍼를 점유하게 됨으로서 버퍼가 찼을 때 도착하는 셀이 클래스 1 또는 클래스 2의

셀일 경우 이미 버퍼에 클래스 1과 클래스 2의 셀로 점유되어 있을 경우이므로 도착한 클래스 1, 2의 셀이 버퍼에 도착했을 때 버퍼가 거의 클래스 1과 클래스 2의 셀로 점유되어 있어 도착한 셀들은 폐기되어 알고리즘 I에서와 같은 셀의 비율에 따른 폐기 제어가 어렵게 된다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위한 방법으로 제안한 알고리즘으로 클래스 1과 클래스 2에 대한 버퍼내의 셀 저장 용량을 정해 줌으로서 문제를 해결 할 수 있다. 즉, 버퍼에 도착한 손실 우선순위가 낮은 클래스 3(L)의 셀을 버퍼가 차지 않았어도 버퍼로 진입하는걸 제어함으로써 가능하다. 알고리즘 II에서는 *High_max*, *Mid_max*와 같은 매개변수를 사용해서 제어를 하였다. 이 값들은 버퍼가 차지 전에 버퍼 안에서의 클래스 1셀과 클래스 2셀에 대한 최대값을 의미한다. 또한 Q_H , Q_M 은 현재 버퍼에 들어있는 클래스 1과 클래스 2의 셀의 수를 의미한다.

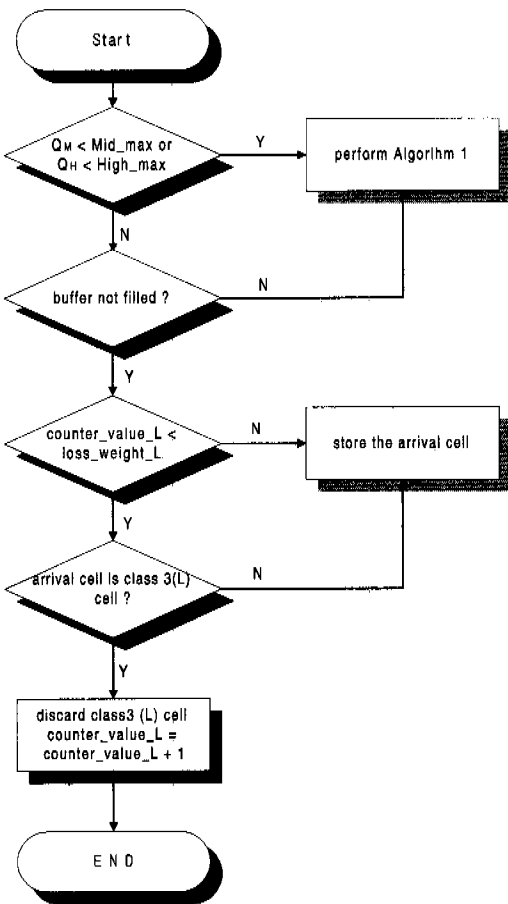


그림 3. 제안된 알고리즘 II의 흐름도

제안한 셀 폐기 알고리즘 II는 다음과 같은 방법으로 제어된다. 현재 버퍼에 들어있는 클래스 1의 셀수 (Q_H)와 클래스 2의 셀수(Q_M)가 모두 최대값인 *High_max*, *Mid_max* 보다 작을 때는 알고리즘 I과 같은 방식으로 수행하고, 두 값중 하나라도 최대값을 넘어서면, 버퍼가 차지 않았을 경우에 도착하는 셀이 클래스 3의 셀이면 폐기시키고 *counter value L*의 값을 증가시킨다. 그리고 도착하는 셀이 클래스 1이나 클래스 2의 셀이면 셀을 버퍼로 진입시킨다.

이와 같은 방식으로 셀을 받아들이다가 *counter value L*의 값이 *Loss weight L*의 값을 넘어서면 들어오는 모든 셀을 클래스에 관계없이 받아들이다가 버퍼가 차면 다시 알고리즘 I과 같은 방법으로 수행한다.

3. 제안된 셀 스케줄링 정책

셀 스케줄링은 각 클래스별로 할당되어 있는 주소 버퍼의 가장 앞단에 있는 셀의 지연 우선순위를 고려하여 지연이 가장 오래된 것부터 우선순위를 적용해 서비스를 한다. 또한, 각 클래스별 어드레스 버퍼의 가장 앞단의 서비스 받을 셀의 지연 한계치가 넘어서 셀에 대해서는 폐기를 시키는 방식으로 제어를 하게 되는데 제어 방법은 다음과 같다. 각 클래스의 어드레스 버퍼에는 셀 카운터와 타이머가 있어 셀이 버퍼에 진입하게 되면 셀이 들어온 시점의 시간과 또한 서비스 받을 시점의 시간을 알면 셀이 버퍼에서 어느 정도의 지연이 되었는가를 알 수 있다.

또한, 셀 카운터를 이용함으로써 현재 각 클래스의 어드레스 버퍼에 어느 정도의 셀이 저장되어 있는가를 알아봄으로서 셀의 전체적인 지연정도를 알 수 있다. 그리고 클래스에 따른 셀의 지연정도를 각기 다르기 때문에 이에 해당하는 각 클래스별로 다른 매개변수를 할당하여 제어 할 수 있도록 하였다. 클래스 1의 경우는 지연과 손실에 모두 민감하면서 지연면에서도 클래스 3에 비해 민감하므로 매개변수 값을 크게 하고, 클래스 2의 경우는 손실에는 민감하고 지연에는 그다지 민감하지 않으므로 매개변수 값을 낮게 한다.

클래스 3의 경우는 손실에는 민감하지 않은 반면 지연에 민감하나 클래스 1 보다는 지연에 민감하지 않으므로 지연에 대한 매개변수 값을 클래스 2보다는 크고 클래스 1보다는 낮은 값을 준다.

위와 같은 여러 요소를 고려하면 다음과 같은 식

으로 지연율의 민감도를 표현할 수 있다.

지연율 = $[(E_i - S_i) + N_i + U_i]$ 로 표현이 가능하다. 여기에서 E_i 는 셀이 서비스 받을 시점의 시간(ms)을 나타내고, S_i 는 셀이 버퍼에 도착한 시간을, N_i 는 각 어드레스 버퍼에 저장되어 있는 셀의 수이고, U_i 는 각 클래스의 셀에 대한 지연 민감도를 나타낸다.

이 식을 이용하여 셀 스케줄링 제어부에서는 각 클래스별로 나누어진 각 어드레스 버퍼의 가장 앞단에 있는 셀에 대한 지연 민감도를 계산하여 그 값이 가장 큰 값을 먼저 서비스하도록 하였다. 여기에서, U_i 값은 클래스 1인 비디오 신호의 경우 지연에 민감하므로 100, 클래스 2인 데이터의 경우는 손실에는 민감하지만 지연에는 그다지 민감하지 않으므로 10, 클래스 3의 음성신호의 경우는 지연에 민감하므로 100을 주었는데 이들 값은 트래픽의 종류에 따라 변경이 가능하고, E_i 의 값은 셀이 버퍼에 진입할 때 그 셀에 타임스탬프를 붙여 셀이 버퍼에 진입한 순간의 시간에 버퍼의 가장 앞단에 위치했을때(Head of Line)까지 더한 시간을 나타낸다.

즉 $E_i - S_i$ 를 계산함으로써 셀이 버퍼에 진입한 후 서비스를 받을 때까지 어느 정도의 시간이 경과(delay) 했는지를 나타낸다.

III. 시뮬레이션 및 성능평가

1. 트래픽 소스 모델링

본 논문에서는 비디오(Class 1)의 통화유량으로는 2 state MMPP(Markov Modulated Poisson Process)를 따른다고 가정하였으며, 비디오 신호는 손실과 지연에 있어 민감한 특성이 있고, 통화유량원의 정보송출속도는 가변이므로, 고속 20Mbps, 저속 10Mbps의 2가지 전송속도를 가정하고, 각각의 지속시간의 평균은 지수분포를 따른다. 각 구간에서는 고속에서 0.021ms, 저속에서 0.042ms의 평균을 갖는 포아송 분포로 셀이 발생된다고 가정하여 트래픽을 발생시켰고, 특성은 다음과 같다^[12,13].

- ϕ_1, ϕ_2 는 각 상태에서의 평균 지속시간의 역수
- λ_1, λ_2 는 각 상태에서의 Poisson process의 도착률
- r_1, r_2 는 각각의 천이율, 평균도착율 λ , 분산 계수 $I(t)$ 일 때

$$\lambda = \frac{r_1 \lambda_1 + r_2 \lambda_2}{r_1 + r_2} \quad I(\infty) = 1 + \frac{2(\lambda_1 - \lambda_2)^2 r_1 r_2}{(r_1 + r_2)^3 \lambda_M}$$

데이터(Class 2)의 통화유량은 손실에는 민감하지만 지연에는 민감하지 않은 특성이 있으며 PP(Poisson Process)를 따른다고 가정하고, 데이터 단말기의 데이터 생성속도는 1200bps로 가정하고, 셀의 평균 도착시간 간격은 평균이 0.353s인 지수분포를 따른다. PP에 근거하여 발생된 셀 발생확율은 다음과 같다^[14,15].

$$d(j) = \frac{\lambda_d^j e^{-\lambda_d}}{j!}$$

음성(Class 3)의 통화유량으로서 IPP(Interrupted Poisson Process)를 가정하였다. 음성은 지연에 민감하지만 손실에는 민감하지 않은 특성이 있으며, 음성통화유량원은 발음구간과 묵음구간으로 구성된 패턴을 생성하며, on-off 구간이 각각 평균 α^{-1}, β^{-1} 을 갖는 지수분포이고 λ 는 트래픽 발생율, λ_v 는 비디오 트래픽 발생율, T는 도착주기를 나타낸다. 발음구간에 대해서는 32Kbps의 코딩을 가정하여, 13.25ms 마다 셀이 균등한 간격으로 발생된다고 가정하여 트래픽을 발생하였고 셀 발생 확률은 아래의 식과 같다^[12].

$$\lambda = \frac{\beta}{T(\alpha + \beta)}, \quad v(i) = \frac{\lambda_v^i e^{-\lambda_v}}{i!}$$

2. 시뮬레이션 및 결과분석

본 절에서는 제안한 제어 기법과 no priority, fixed priority control, front-end priority control 기법간 각 클래스 별로 셀 손실율과 평균지연율 클래스 1에 대해서만 비교·분석하고, 제안한 셀 스케줄링 제어기법만을 대상으로 알고리즘 I만을 적용시켰을 때와 알고리즘 II(알고리즘 I 포함)를 적용시켰을 때의 셀 손실율과 셀 지연율을 비교·분석하였다.

그림 4는 class 1에 대한 제안한 기법과 no, fixed, front-end 기법간의 셀 손실율을 비교한 그림으로 손실율이 가장 낮은 것은 fixed 우선순위 제어 방식이다. 이와 같은 원인은 fixed 우선순위는 제어 방식 특성상 지연에 민감한 클래스의 셀을 순서적으로 서비스하는 방식으로, 클래스 1의 셀을 서비스하고, 클래스 1의 서비스가 완전히 끝나면, 즉 클래스 1에 해당하는 버퍼에 셀이 하나도 없을 경우에 클래스 3의 버퍼에 있는 셀을 서비스한다.

이와 같은 방식으로 클래스 3의 셀이 완전히 서비스 받고 난 후에 클래스 2의 셀을 서비스하게 되므로

로 그림에서와 같이 셀 손실율이 다른 기법들에 비해서 현저히 낮음을 확인할 수 있다. 그러므로 fixed 우선순위 기법은 셀 손실 우선순위가 높은 클래스 2의 셀 손실 QoS를 만족시킬 수 없는 단점이 있다.

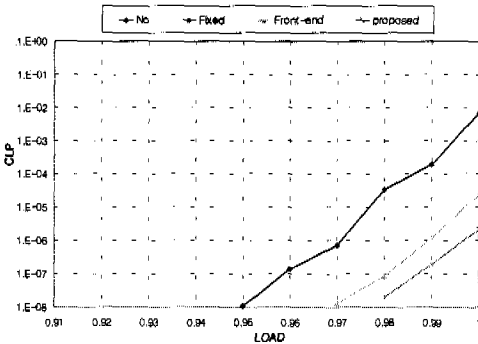


그림 4. Class 1의 셀 손실율

그리고 no priority 기법은 셀 손실율이 높음을 알 수 있는데 이는 no priority는 셀이 버퍼에 진입하는 순서대로 서비스를 하게 된다.

즉, 먼저 버퍼에 들어오는 순서대로 셀을 서비스를 하게 되므로 버퍼에 진입하는 셀이 버스티한 경우는 셀 손실이 많고, 그렇지 않은 경우에는 셀 손실이 적다.

셀 발생에 따른 셀 손실 비율이 3 : 1 : 6 으로 가정하였기 때문에 no priority 기법은 클래스 3의 셀 손실율이 가장 크고 클래스 1, 클래스 2의 순으로 나타난다. No priority 우선순위 기법은 각 클래스의 셀 발생에 따른 부하 변동에 따라 현격한 셀 손실 확율을 나타내므로 버스티한 셀 발생에 따른 셀 손실율의 증가를 제어할 수 없다는 단점이 있다. 제안한 기법의 경우는 다른 비교 대상에 비해 부하에 따라 커다란 영향 없이 선형적으로 증가함으로써 안정된 셀 손실율을 보여주고 있으며 각 클래스의 셀 손실율과 부하에 따른 일정한 비율로 셀이 폐기되고 있으므로 한정된 자원에서 가장 효율적인 서비스를 할 수 있고, 지연 및 손실 우선순위를 만족시키고 있다.

Front-end 기법의 경우 셀 손실율면에서는 class 1과 class 3에서는 성능이 다른 기법들에 비해 손실이 많이 되고 있는데 이는 class 2에서 셀 손실에 대한 보상이 상당히 이루어지고 있기 때문이며 지연에 따른 영향으로 보여진다. Fixed 기법은 지나친 클래스 1셀의 손실로 셀 손실로 인해 지연 우선순

위를 만족할 수 있으나 손실 우선순위는 만족시킬 수 없는 단점이 있다.

그림 5는 클래스 1 셀의 지연율에 있어서는 fixed 기법이 가장 낮은 셀 지연율을 나타내는데 이는 앞서 그림 4에서와 같이 fixed의 경우는 지연에 민감한 순위로 클래스의 셀을 완전히 서비스하고 순서적으로 지연에 낮은 클래스를 서비스하게 됨으로서 발생하는 요인으로 볼 수 있고, 제안된 우선순위 제어의 경우는 부하가 낮을 때에는 front-end나 no priority과 거의 비슷하거나 낮은 반면 부하가 높아 질수록 성능이 좋아짐을 확인할 수 있다. 그러므로 클래스 1의 지연 우선순위 정책은 fixed 기법이 가장 좋은 성능을 보이고 제안된 우선순위 제어 기법이 다른 우선순위 기법보다 나은 성능을 보이고 있다.

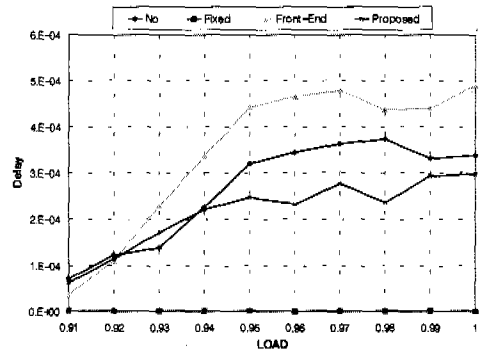


그림 5. Class 1의 평균지연율

그림 6과 7은 제안한 셀 스케줄링 제어기법만을 대상으로 셀 손실율과 셀 지연율을 비교한 그림으로 전체적인 그래프의 특성은 class 1의 셀 손실율이 가장 낮고, 다음으로 클래스 2와 클래스 3의 순서로 셀 손실율이 높아짐을 알 수 있다. 지연율의 경우는 클래스 3의 지연율이 가장 낮고, 다음으로 클래스 1의 지연율이 클래스 3에 비해 큰 차이는 없지만 약간의 지연율이 낮음을 알 수 있고, 다음으로 클래스 2의 경우는 지연율면에서 다른 두 클래스보다 현저히 낮음을 알 수 있다.

이는 클래스 1의 경우 입력 트래픽의 손실과 지연에 매우 민감한 비디오 신호이므로, 셀 손실율에서는 class 3에 비해서 현저히 손실율이 낮고 클래스 2에 비해서는 약간의 차이가 나며 지연율에서는 클래스 3의 음성보다는 약간 높지만 거의 같은 수준으로서 비디오 신호에 대한 셀 손실과 지연에 대한 제어가 잘 이루어지고 있음을 알 수 있다.

클래스 2는 손실에 민감하지만 지연에는 그다지 민감하지 않은 데이터 신호로서 셀 손실율에서는 손실에 민감한 비디오 신호와 약간의 차이를 보이지만 매우 좋은 손실율을 나타내고 지연의 경우, 지연에는 민감하지 않다는 트래픽 특성상 클래스 2도 역시 우선순위 제어가 잘 이루어지고 있다.

클래스 3의 경우는 지연에는 민감하지만 손실에는 그다지 민감하지 않은 음성 신호인 점을 감안할 때 셀 손실면에서는 손실율이 높은 반면 지연율에서는 비디오 신호와 거의 같은 레벨을 나타냄으로서 제어가 잘 이루어지고 있음을 알 수 있다.

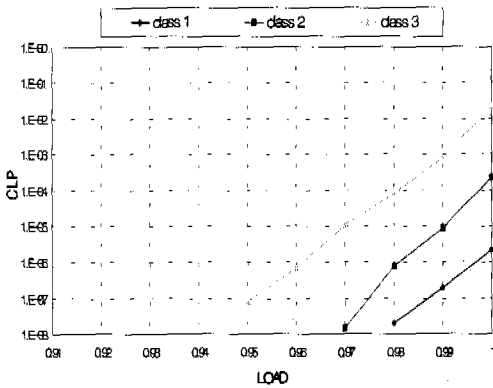


그림 6. 제한한 우선순위 제어에서 class 1, 2, 3의 셀 손실율

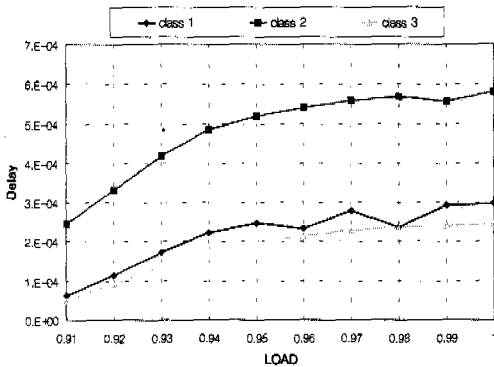


그림 7. 제한한 우선순위 제어에서 class 1, 2, 3의 평균지연율.

그림 8과 그림 9는 제안된 우선순위 제어 모델에서의 셀 폐기 알고리즘인 알고리즘 I과 알고리즘 II(I을 포함)의 성능을 평가한 것이다.

알고리즘 II는 클래스 1과 클래스 2의 부하가 증가하거나 버스티한 데이터가 발생될 때 버퍼에 셀

손실에 민감한 클래스의 셀들로 채워지므로, 셀 손실에 민감하지 않은 클래스 3의 셀을 버퍼가 채워지기 전에 폐기시키는 알고리즘이다. 즉, 알고리즘 II를 사용함으로써 셀 손실에 민감한 클래스의 부하가 증가함에 따라 부분버퍼 기법의 이점을 살릴 수 있다. 제안된 우선순위 기법은 부하 변동에 따라 안정된 우선순위 제어를 수행할 수 있다.

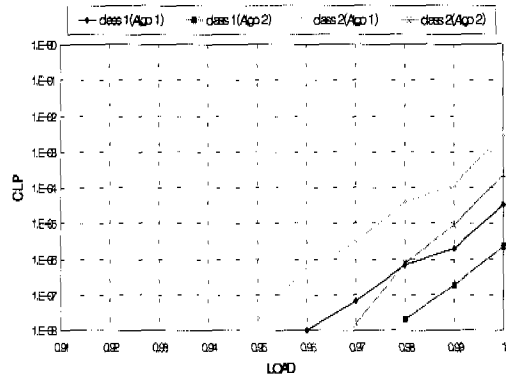


그림 8. 셀 손실면에서의 제안한 알고리즘 I, II의 비교

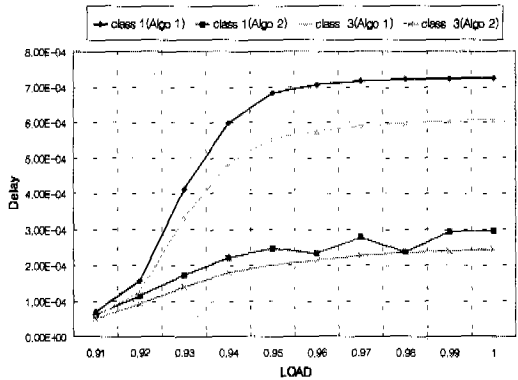


그림 9. 평균지연율에서의 제안한 알고리즘 I, II의 비교

클래스 2에서 알고리즘 I을 사용할 경우에 부하가 0.91에서 0.94까지는 셀 손실율이 10^{-8} 이하를 유지하나, 부하가 0.95 이상에서 1로 증가함에 따라 셀 손실율은 2.5×10^{-8} 에서 3.2×10^{-3} 으로 증가되었다. 알고리즘 II를 사용할 경우에는 부하가 0.95까지는 알고리즘 I을 적용시켰을 때와 마찬가지로 10^{-8} 이하를 유지하였고, 부하가 0.96에서 1까지 셀 손실율은 1.02×10^{-8} 에서 3.26×10^{-5} 으로 알고리즘 I을 적용했을 경우보다 셀 손실율이 크게 향상되었음을 확인할 수 있다. 클래스 I에서는 알고리즘

을 사용할 경우에 부하가 0.91에서 0.96까지는 셀 손실율이 10^8 이하를 유지하나, 부하가 0.97 이상에서 1로 증가함에 따라 셀 손실율은 1.5×10^8 에서 2.26×10^3 으로 증가되었다. 알고리즘 II를 사용할 경우에는 부하가 0.96까지는 알고리즘 I를 적용시켰을 때와 마찬가지로 10^8 이하를 유지하였고, 부하가 0.97에서 1까지 셀 손실율은 2×10^8 에서 2.16×10^6 으로 알고리즘 I을 적용했을 경우보다 셀 손실율이 향상되었음을 확인할 수 있다.

결론적으로 알고리즘 I만을 적용했을 때와 알고리즘 II를 적용했을 때의 클래스 1 및 클래스 2에 대한 셀 손실율은 많은 차이는 나지 않지만 알고리즘 II를 적용했을 때, 알고리즘 I에 비해 약간의 셀 손실율이 향상됨을 알 수 있고, 평균지연에서는 셀 손실율에 비해 비디오 신호나 음성신호 등 지연에 민감한 트래픽에 대해서는 매우 향상된 성능을 확인 할 수 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 ATM 스위치의 출력버퍼에서 각 트래픽의 등급에 따라 다양한 셀 손실율과 지연율을 갖는 트래픽에 대하여 실시간으로 폐기되는 셀의 비율을 측정하여, 셀 손실율의 비율을 제어함으로써 손실에 민감한 트래픽의 손실율을 줄이고, 지연에 민감한 트래픽에 대하여 지연율을 감소시킬 수 있는 새로운 셀 폐기 및 스케줄링 기법을 제안하였다.

기존의 셀 손실율의 제어에 있어 각 클래스 별로 셀 폐기율을 단순히 높고, 낮음의 두 가지로 구분하였으며 이로 인해 서비스 등급별로 다른 셀 폐기율을 만족하지 못하는 문제점을 해결하기 위해 트래픽의 각 클래스별 셀 손실율의 비율을 제어하여 셀을 폐기 할 수 있는 셀 폐기 제어 알고리즘 및 지연에 민감한 트래픽에 대해서는 평균지연을 줄일 수 있도록 하였다. 그리고, 공통버퍼를 두고 각 클래스별로 독립된 버퍼를 사용함으로써 발생하는 버퍼의 효율성의 저하를 개선하여 버퍼의 효율성을 높였으며, 또한 유휴 어드레스 버퍼를 두어 공통버퍼의 주소를 관리할 수 있도록 하였다.

그리고, 본 제안된 셀 폐기 알고리즘 및 스케줄링 기법의 성능을 평가하기 위하여 기존의 우선순위 제어 방식과 제안된 방식을 셀손실율과 평균지연을 시뮬레이션을 통하여 비교하였고, 제안한 셀 폐기 및 스케줄링 제어기법을 대상으로 알고리즘 I

만을 적용시켰을 때와 알고리즘 II(알고리즘 I 포함)를 적용시켰을 때의 셀 손실율과 평균지연율을 비교·분석하였다. 시뮬레이션을 통한 분석결과 제안된 기법의 효율성을 검증하였으며, 앞으로의 연구 과제로는 제안한 방식에 대한 셀 폐기율 및 평균지연을 대기행렬 모델에서 수학적적인 분석을 할 필요성이 있다.

참고 문헌

- [1] Parviz Yegani, Marwan Krunz, and Herman Hughes, "Congestion Control Schemes in Prioritized ATM Networks," *ICC'94*, pp. 1169-1173. 1994.
- [2] Okada, T. H. Ohnishi and N. Morita, "Traffic Control in ATM." *IEEE Communication Magazine*. Sep. 1991.
- [3] A. Y. Lin and J. A. Silveste, "Priority queueing strategies and buffer allocation protocols for traffic control at an ATM intergrated broadband switching system," *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol. 9, no. 9, pp. 1524-1536, Dec. 1991
- [4] D. W. Petr and V. S. Frost, "Priority cell discarding for overload control in B-ISDN/ATM networks," *Intl. J. of Digital and Analog Commun.*, vol. 9, no. 3, pp. 418-427, Apr. 1991.
- [5] J. R. Jackson, "Some problems in queueing with dynamic priorities," *Naval Res. Logist. Quart.*, vol. 7, no. 3, 1960.
- [6] T. Yang, and J. Pan, "On optimality of a measurement-based loss scheduling scheme," *IEEE INFOCOM'96*, 1996.
- [7] T. Yang, "An Optimal Service Scheduling Policy for Packet Networks with Quality of Service Guarantees," *IEEE GLOBECOM'96*, 1996.
- [8] H. J. Chao and I. H. Pekcan, "Queue Management with Multiple Delay and Loss Priorities for ATM Switches," in *Proc. ICC'94*, pp. 1181-1189, 1994.
- [9] Youngho Lim, John E. Kobza, "Analysis of a Delay Dependent Priority Discipline in an Intergrated Multiclass Traffic Fast Packet

Switch," *IEEE Trans. on Comm.* vol. 38, no. 5, pp. 659-665. May 1990.

[10] S. S. Panwar, T. K. Philips, M.-S. Chen, "Golden ratio scheduling for low delay flow control in computer networks," *IEEE Trans. on Commun.*, vol. 40, no. 4, pp. 765-772, Apr. 1992.

[11] Tutomo MARASE, Hiroshi SUZUKI, TAKEUCHI, "A call admission control for ATM networks based on multiplexed traffic characteristics," *ICC'91*, pp. 193-198, 1991.

[12] Takashi Okuda, Haruo Akimaru, Kazunori Nagai, "Performance Evaluation for Multiclass Traffic in ATM Systems," *IEEE ICC '92*, 1992.

[13] Aurel A. Lazer, etc. "Real Time Traffic Management on Magnet II," *IEEE JSAC* Vol.8, No.3, Apr, 1990.

[14] Shem Tov Levi, Ashok K. Agrawala, "Real-Time System Design," *Mc Graw-Hill*, 1990.

[15] K. Sohraby, I. S. Gopal, A. A. Lazar, and L. Fratta, "Special issue on congestion control in high-speed packet switched networks," *IEEE J. Select. Areas Commun.*, Sep. 1991.

[16] Parviz Yegani, Marwan Krunz, and Herman Hughes, "Congestion Control Schemes in Prioritized ATM Networks," *ICC'94*, pp. 1169-1173. 1994.

[17] Youngho Lim, John E. Kobza, "Analysis of a Delay Dependent Priority Discipline in an Intergrated Multiclass Traffic Fast Packet Switch," *IEEE Trans. on Comm.* vol. 38, no. 5, pp. 659-665. May 1990.

[18] 김번곤, 김진기, 도경주, 김남희, 전병실, "ATM 스위치에서 Windows 기법을 이용한 우선순위 제어," '96 전자공학회 추계학술대회 논문집, vol. 19, no. 2, pp. 521-524.

[19] 조해성, 김남희, 이상태, 정진태, 전병실, "ATM에 적합한 Banyan 스위치 소자의 성능 개선에 관한 연구," '96 통신학회, vol. 21, no. 7, pp. 1756-1764.

[20] 김남희, 이상태, 전병실, "ATM 스위치에서의 서비스 특성에 따른 버퍼관리 기법에 관한 연구," '97 전자공학회 추계학술대회 논문집, vol. 19, no. 2, pp. 521-524.

[21] 이상태, 김남희, 전병실, "ATM에서의 셀손실율에 따른 효율적인 우선순위 제어," '98 전자공학회 하계학술대회 논문집, vol. 21, no. 1, pp.70-73.

이 상 태(Sang Tae Lee)

정회원

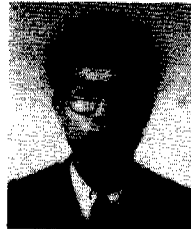


1954년 12월 6일생
 1977년 : 아주대학교 전자공학과 (공학사)
 1992년 : 전북대학교 전자공학과 (공학석사)
 1998년 : 전북대학교 전자공학과 (공학박사)

1985년~현재 : 한국표준과학연구원
 <주관심 분야> 지능망, 광대역통신망, 트래픽제어 등

김 남 희(Nam Hee Kim)

정회원

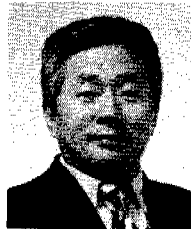


1969년 1월 26일생
 1992년 : 군산대학교 정보통신공학과(공학사)
 1994년 : 전북대학교 전자공학과 (공학석사)
 1997년 : 전북대학교 전자공학과 (공학박사)

1997년 9월~현재 : 한국표준과학연구원 Post Doc.
 <주관심 분야> 지능망, 광대역통신망, ATM 트래픽제어, ATM 스위치구조 등

노 기 용(Gi Young Noh)

정회원

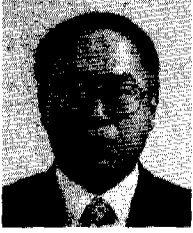


1958년 9월 14일생
 1981년 : 충남대학교 물리학과 (이학사)
 1995년 : 충남대학교 전산학과 (이학석사)
 1988년~현재 : 한국표준과학연구원

<주관심 분야> DB설계, Image Processing, ATM 등

전 병 실(Byoung Sil Chon)

정회원



1945년 2월 14일생

1967년 : 전북대학교 전기공학과
(공학사)

1969년 : 전북대학교 전자공학과
(공학석사)

1974년 : 전북대학교 전자공학과
(공학박사)

1979년 : 미국 Univ. of Notre Dame 전기공학과 객
원교수

1984년 : 전북대학교 전자계산소장

1988년 : 전북대학교 공과대학 교무과장

1994년 : 전북대학교 도서관장

1998년 : 전북대학교 전기전자회로합성연구소 소장

1971년~현재 : 전북대학교 공과대학 전기공학과 교
수

1998년~현재 : 전북대학교 학생처장

<주관심 분야> 지능망, ATM, Interconnection Net-
work, 병렬컴퓨터, VLSI설계, HFC
망, 트래픽제어 등