

셀 지연 변이를 고려한 연결 수락 제어에 관한 연구

곽동용*, 권율

한국전자통신연구원

A CAC Mechanism Considering Cell Delay Variation

*Dong-Yong Kwak, Yool Kwon

ETRI

Email: dykwak {ykwon} @nice.etri.re.kr

요약

본 논문은 CDV (Cell Delay Variation) 허용 한계 τ 를 지나치게 크게 설정함으로써 발생하는 대역의 비효율성을 줄일 수 있는 새로운 연결 수락 제어 알고리즘을 제시하고자 한다. 제안한 연결 수락 제어 알고리즘은 셀 지연 변이 허용 한계 τ 의 지나친 설정을 줄이기 위하여 CDV 측정 메커니즘을 사용하고, 그리고 ATM 스위치에 심각한 영향을 주는 worst 트래픽을 효과적으로 제어하기 위하여 셰이퍼를 사용한다. 또한, 제안된 연결 수락 제어 알고리즘의 성능 분석을 위해 기존의 방법과 시뮬레이션을 통해 대역 이용률에 대한 성능 분석을 수행하였다. 그 결과 제안 알고리즘이 대역 이용률에서 기존 방식 보다 더 개선되었음을 확인하였다.

I 서론

ATM 망에서 예방적 트래픽 제어 기술로 사용되고 있는 두개의 트래픽 제어 메커니즘, 사용 파라미터 제어 (Usage Parameter Control: UPC) 와 연결 수락 제어 (Connection Admission Control: CAC)는 매우 중요한 기능이지만, 실제 시스템에 적용되기 위해서는 많은 문제점들이 해결되어야 한다. 구체적인 예로, ATM 망에 들어 오는 입력 트래픽은 ATM 계층의 셀 다중화, OAM (Operation And Maintenance) 셀 및 물리 계층의 오버헤드 삽입으로 인한 지연 때문에 단말에서 발생된 원래의 셀 흐름과 매우 다른 형태로 변경되는 셀 지연 변이 현상이 발생한다. 셀 지연 변이는 UPC의 감시 파라미터로 설정되어야 하는데, 너무 크게 설정하면 트래픽 계약을 위반한 셀들을 망으로 허용 시키는 문제점이 발생한다. 이는 단순히 사용자가 선언한 트래픽 파라미터에 의존한 연결 수락 제어는 셀 지연 변이에 의해 각 연결들이 요구한 서비스 품질을 확실하게 보장할 수 없다는 것을 의미한다. 그러므로 최근에는 UPC와 CAC를 연계하여 주어진 UPC 감시 파라미터에 잘 순응된(conforming) 트래픽으로 판정되어 망으로 전송될 수 있는 가장 worst한 트래픽을 고려한 CAC에 관한 많은 연구가 진행되고 있다[7][8]. 비록 이 방법은 사용자의 서비스 품질을 안전하게 보장할 수 있는 CAC 메커니즘을 제공할 수 있지만, 셀 지연 변이를 너무 크게 설정하게 되면 지나치게 큰 worst 트래픽이 입력으로 가정되어 대역의 이용률이 급격히 떨어지는 문제점이 발생한다.

따라서 본 논문에서는 worst 트래픽에 가장 큰 영향을 미치는 셀 지연 변이 값을 실 시간으로 효과적으로 측정할 수 있는 방법 제안과 worst 트래픽을 효과적으로 제어할 수 있는 셰이

퍼를 제어한다. 그리고 이 두 방법을 이용한 CAC 방법을 제시하고, 기존에 제안된 다른 CAC 방법과 시뮬레이션을 통하여 대역 이용률에 대한 성능 분석을 비교하고자 한다.

서론에 이어지는 제 II장에서는 제안된 셀 지연 측정 메커니즘과 셰이퍼를 제시한다. 제 III장에서는 본 논문에서 제안한 CAC 알고리즘을 소개하고, 제 IV장에서는 대역 이용률에 대한 성능을 분석한다. 마지막으로 제 V장에서는 결론을 맺는다.

II 셀지연변이 측정과 셰이퍼 메커니즘

2.1 1-포인트 CDV 측정

ITU-T SG 13 I.356에서 제안한 1-포인트 셀 지연 변이 측정 메커니즘은 한 개의 관측 지점에 도착한 연속적인 셀들의 실제 도착 시간과 기준 셀들의 도착 시간의 차이에 근간하여 정의된다. T 는 최대 셀 전송 속도 r 의 역수로서, 최소 셀 간격을 나타낸다. y_k 는 1-포인트 셀 지연 변이를 나타내며, 셀의 기준 도착 시간(c_k)과 관측 지점에서의 셀의 실제 도착 시간(a_k) 간에 차이로 정의된다. 즉 $y_k = c_k - a_k$ 이다. 다음 기준 도착 시간(c_k)은 식 (1)과 같이 정의된다.

$$\begin{aligned} c_k &= a_k = 0, \\ c_{k+1} &= c_k + T \quad \text{if } c_k \geq a_k, \\ c_{k+1} &= a_k + T \quad \text{otherwise.} \end{aligned} \quad (1)$$

1-포인트 셀 지연 변이 y_k 의 값이 양수라는 것은 k 번째 도착한 셀이 기준 셀 도착 시간(c_k)보다 일찍 도착하였음을 나타내며, 이를 셀 clumping이라 한다. 셀 지연 변이 허용 한도 τ

는 소스(source)에서 발생된 원래의 트래픽이 셀 지연 변이를 일으키는 기능(셀 다중화 장치, 버퍼에서의 큐잉)에 의해 변형된 정도를 나타내며, 셀 지연 변이 최대 허용한도 τ_{max} 는 식 (2)와 같이 y_i 개의 값중 가장 큰 값으로 정의된다.

$$\tau_{max} = \text{Maximum}(y_1, y_2, \dots, y_n) \quad (2)$$

2.2 리키 버킷 알고리즘

ATM 망에 도착하는 트래픽은 셀 지연 변이에 의해 소스에서 발생된 원래의 트래픽 형태와 매우 다른 트래픽 형태로 바뀌게 된다. ITU-T SG 13 I.371에서는 셀 지연 변이에 의해 다른 형태로 변경되는 트래픽을 효과적으로 감시하기 위해, <그림 1>과 같이 최대 셀 전송 속도(r)와 셀 지연 변이 허용 한도 τ 를 감시 파라미터로 하는 리키 버킷 알고리즘을 제안하였다[1].

이 알고리즘에서 사용하는 파라미터 및 카운터의 변화를 살펴 보면, T 는 최대 셀 전송 속도(r)의 역수로 셀 간의 최소 셀 간격을 나타내며, α_k 는 k 번째 셀이 리키 버킷에 도착한 시간을 나타낸다. X 는 예상도착 시간과 실제 도착 시간 간에 차이를 누적하는 카운터이며 식 (3)에 따라 변한다.

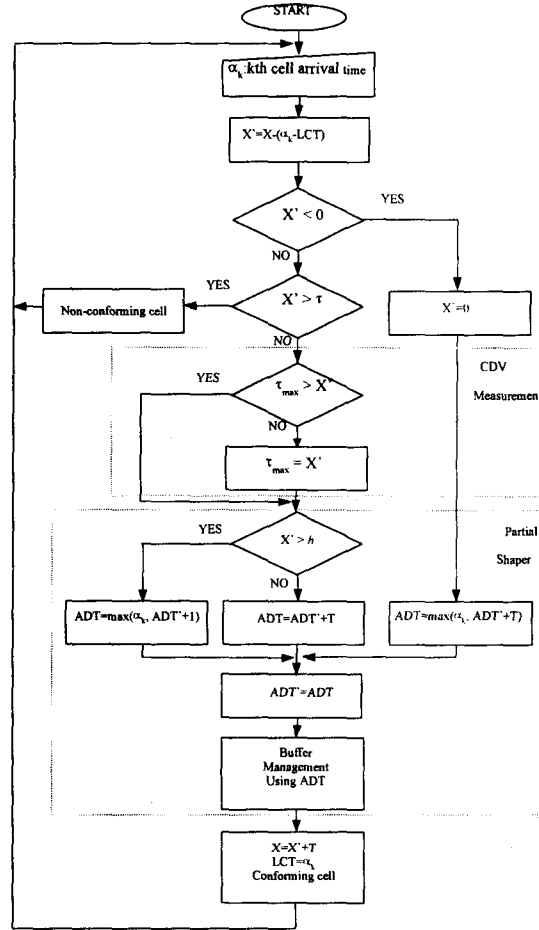
$$\begin{aligned} X_{k+1} &= T && \text{if } (X_k - (\alpha_{k+1} - LCT) < 0, \\ X_{k+1} &= (X_k - (\alpha_{k+1} - LCT) + T && \text{if } 0 \leq (X_k - (\alpha_{k+1} - LCT) \leq \tau, \\ X_{k+1} &= X_k && \text{otherwise.} \end{aligned} \quad (3)$$

그리고 X' 은 보조 변수로서 셀이 도착한 시점에서의 셀 지연 변이 값을 나타내며, $0 \leq X' \leq \tau$ 일 때만 잘 순응한 셀로 판단된다. LCT(Last Conformance Time)는 마지막으로 준수한 셀의 도착 시간을 나타낸다. 여기서 X' 은 y_i 와 동일하므로 1-포인트 셀 지연 변이 최대 허용 한도 τ_{max} 는 측정 구간 동안 나타난 X' 값 중 가장 큰 값이다. 따라서 본 논문에서 측정 구간 단위로 구하고자 하는 τ_{max} 는 리키버킷 알고리즘을 <그림 1>의 상단 점선 부분과 같이 수정하여 구해진다. 수정된 부분은 현재 도착한 셀이 잘 준수한 셀로 판단되는 경우 위에서 수정된 X' 값과 τ_{max} 값을 비교하여 X' 값이 더 크면 τ_{max} 값을 현재 X' 값으로 대체한다. 그리고 τ_{max} 값은 매 측정 구간 시작 시 0으로 초기화된다.

2.3 Partial 셰이퍼

<그림 1>에서 하단의 점선 부분은 본 논문에서 제안한 셰이퍼를 실현하기 위해 $LB(T, \tau)$ 알고리즘에 새로 추가된 기능이다. 제안된 셰이퍼 알고리즘은 전단의 리키 버킷 알고리즘에서 잘 순응된 셀로 판정된 경우에만 적용되며, 임계 값 h 의 범위는 $0 \leq h \leq \tau$ 이며, 트래픽의 지연 특성에 따라 결정된다. 즉 지연에 민감한 트래픽에

대해서는 0 값 가까이에서 결정되고, 지연에 민감하지 않는 트래픽에 대해서는 τ 값 가까이에서 결정된다. ADT (Actual Departure Time)는 셰이퍼를 실제 떠나는 시간을 나타내며, 임계 값 h 이전에 도착한 셀들에 대해서만 최소 셀 간격 T 로 엄격하게 셀 간격 조정 기능이 적용되며, 임계 값 h 이후에 도착하는 셀들은 셀 간격 조정 기능이 적용되지 않는다. ADT'는 가장 최근에 셰이퍼를 떠난 셀의 시간을 나타낸다. 그리고 ADT에 근간한 버퍼 관리 알고리즘에 대한 실제 구현 및 방법은 참고 문헌 [3][4]에 잘 나타나 있다.



<그림 1> 제안된 CDV 측정 메커니즘 및 셰이퍼

2.4 셰이퍼를 떠난 Worst 트래픽 형태

최대 셀 전송 속도 r 와 셀 지연 변이 허용 한도 τ 가 주어진 $LB(r, \tau)$ 메커니즘에서 잘 순응한 셀로 판정되어, 연속해서 망으로 들어 갈수 있는 최대 셀의 수 a 는 식 (3)과 같다[1][10].

$$a = 1 + \lfloor \tau / (T - 1) \rfloor \quad (3)$$

여기서 $[x]$ 는 x 의 정수 부분을 나타낸다. 그리고 식(3)과 같은 형태의 셀이 주기적으로 발생하는 경우, 셀 간에 최대 셀 간격 s 는 식 (4)와 같다[1][10].

$$s = 1 + a(T-1) \quad (4)$$

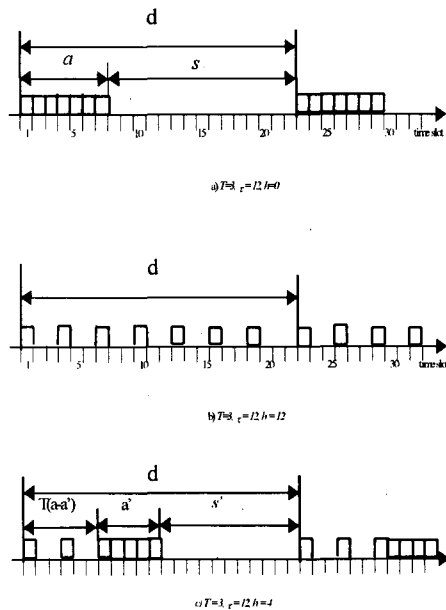
<그림 2>는 $(a+s)$ worst 트래픽이 본 논문에서 제안한 셰이퍼에 도착했을 때, 임계값 h 의 위치에 따라 셰이퍼를 떠나는 트래픽 형태를 나타낸다. <그림 2>의 a)는 셰이핑 기능이 없는 LB 만 있는 경우와 동일하며, 제안된 셰이퍼 알고리즘의 임계값 h 를 0으로 설정하는 것과 같다. <그림 2>의 b)는 균집 된 셀들이 모두 일정한 간격 T 로 엄격하게 셰이핑된 기존의 방식과 동일하며 [3][4], 여기서의 임계값 h 는 12이다. <그림 2>의 c)는 임계값 h 에 의해 부분적인 셰이핑이 수행된 경우를 나타낸다. 여기서 a' 은 식 (5)에 나타난 바와 같이 식 (3)의 τ 를 $\tau-h$ 로 대체하여 구한다.

$$a' = 1 + \lfloor (\tau-h) / (T-1) \rfloor \quad (5)$$

그리고 s' 은 식 (6)에 나타난 바와 같이 a' 을 식 (4)에 대입하여 구한다.

$$s' = 1 + a'(T-1) \quad (6)$$

본 논문에서 제안한 셰이퍼는 서비스 특성에 따라 셀 지연이 허용되는 범위까지 셰이핑을 하면서, 부분적으로 수행된 셰이핑 이득을 얻기 위해 한개의 임계값 h 를 리키 버킷 알고리즘 내에 설정하였다.



<그림 2> 셰이퍼를 통과한 트래픽 형태

다음으로 주어진 $LB(r, \tau)$ 를 통과할 수 있는 가장 worst 한 트래픽 $(a+s)$ 형태가 본 논문에서 제안한 셰이퍼를 통과할 때 임계값 h 의 위치에 따라 발생하는 전체 셀 지연은 세가지로 분류된다.

i) $h=0$ 일때 (셰이퍼가 없는 경우)

$$s_{min} = 0 \quad (7)$$

ii) $h=\tau$ 일때 (모든 셀들이 셰이핑되는 경우)

$$s_{min} = (T-1) \sum_{i=1}^{a-1} i \quad (8)$$

iii) $partial = 0 \leq h \leq \tau$ 일때(부분셰이핑이 수행되는 경우)

$$s_{min} = (T-1) \sum_{i=1}^{(a-d)} i + d'((a-d')(T-1)) \quad (9)$$

식 (9)에서 첫번째 부분은 부분적으로 셰이핑된 셀들의 지연을 나타내고, 두번째 부분은 셰이핑이 안된 셀들에 대한 지연을 나타낸다. 식 (7), (8), (9)의 버퍼 크기는 식 (10)과 같은 관계를 가진다.

$$s_{min} \leq s_{partial} \leq s_{max} \quad (10)$$

식 (10)은 제안한 셰이퍼가 임계값의 위치를 조절 함으로서 셰이퍼에서 발생하는 지연을 적절하게 조절할 수 있음을 나타낸다. <그림 2>의 각 경우에 대해 7개의 셀들이 겪는 전체 셰이핑 지연을 살펴보면, a)의 경우는 0이고, b)의 경우는 42 셀 타임 슬롯(평균 셀 지연 = $42/7 = 6$), c)의 경우는 26 셀 타임 슬롯(평균 셀 지연 = $26/7 = 3.71$)이다. 그리고 가장 많은 지연을 겪는 셀은 7번째 타임 슬롯에 도착한 셀로서 부분적인 셰이핑을 수행하는 c)에서는 4 셀 타임 슬롯이고, 균집 된 모든 셀들을 엄격하게 셰이핑하는 b)에서는 12 셀 타임 슬롯이다.

III 제안된 연결 수락 제어 메커니즘

연결 수락 제어는 호 설정 단계에서 요청된 연결의 수락 여부를 결정하기 위해서 망에서 취해지는 일련의 행위들로 정의된다. 만약 각 연결의 트래픽 특성을 사전에 알 수만 있다면, 시스템은 최대 수용 가능한 연결을 구할 수 있다. 그러나 평균 셀 전송 속도 또는 버스트 크기는 예측하기가 어렵기 때문에 worst 트래픽을 고려한 자원 할당에 대한 연구는 매우 중요하다.

셰이퍼를 통과한 연결 i 의 트래픽 스트림은 평균(λ_i) 과 분산(C_i)을 입력 트래픽으로 사용하는 Generalized Geometric (GGeo) 분포로 규정 지워질 수 있다 [10]. 각 연결 ($i=1, \dots, N$)들의 GGeo

스트림들에 대한 파라미터들은 아래의 식 (11), (12)로 정의된다.

$$\lambda_i = r_i / S \quad (11)$$

여기서 S는 스위치 출력 포트의 셀 전송 속도를 나타낸다.

$$C_{a,i}^2 = \frac{(a_i - 1)(R/r_i - 1)^2}{(R/r_i)^2} \quad (12)$$

스위치의 출력 포트에 도착하는 트래픽은 N개의 독립된 스트림들의 중첩이며, 각각의 연결이 웨이퍼를 통과하고, $GGeo(\lambda_i, C_i^2)$, $i=1, \dots, N$ 에 의해 모델된다면, 종체적인 스트림은 평균 셀 전송 속도 λ 와 C_a^2 를 가진 $GGeo(\lambda, C_a^2)$ distribution으로 정의된다.

$$\lambda = \sum_{i=1}^N \lambda_i \quad (13)$$

$$C_a^2 = \frac{\lambda}{\sum_{i=1}^N \frac{\lambda_i}{C_{a,i}^2 + \lambda_i + 1}} - \lambda - 1 \quad (14)$$

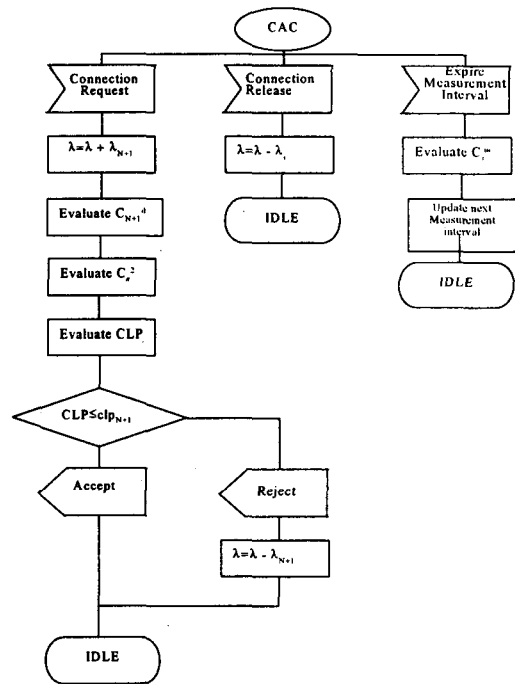
SDL (Specification and Description Language)로 도식된 제안한 연결 수락 제어 알고리즘의 절차는 그림 3과 같다. (N+1)번째 사용자가 트래픽 계약 (r_{N+1}, clp_{N+1})를 가지고 연결을 요청하면 전체 평균 및 분산은 측정된 CDV 허용 한계 τ 와 (N+1)번째 사용자의 트래픽 계약에 근간하여 식 (13)과 (14)을 통하여 구해진다. 셀 손실률 (CLP)은 maximum entropy method를 통해 구해진다[10].

IV 시뮬레이션 결과

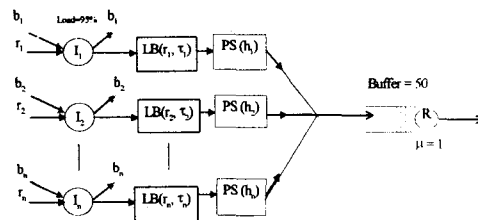
시뮬레이션 모델은 <그림 4>와 같이 N개의 입력 포트와 한 개의 출력 포트를 가진 하나의 노드로 구성된다. 각 입력 포트는 한 개의 CBR 소스와 셀 지연 변이를 발생시키는 효과를 가진 한 개의 Bernoulli 소스로 구성된다.

모든 입력 포트의 속도는 150 Mbps로 고정시켰으며, 큰 값의 1-포인트 셀 지연 변이를 발생시키기 위하여 각 입력 포트의 부하는 95%로 정하였다. 각 CBR 소스는 Bernoulli 소스에 우선하며, 5개의 타입으로 분류되고, 매 연결 요구 시 확률 p_1, p_2, p_3, p_4, p_5 에 따라 랜덤하게 서비스 타입이 결정되며, 서비스 타입 및 특성은 <표 1>과 같다. 버퍼 크기는 50개의 셀을 저장할 수 있는 크기이고, 연결 요구 및 서비스 지속 기간은 exponential 분포를 따르며 평균 연결 요구 시간은 10,000 셀 타임 슬롯이고, 평균 서비스 지속 기간은 200,000 셀 타임 슬롯으로 정하였다. 측정 구간은 2000 셀 타임 슬롯으로 정하였고, 셀 손실률 목표치는 시뮬레이션 계약 때문에 10^{-5} 으로 제한하였다. 여기서의 모든 시간 단위는 셀 타임 슬롯이며, 1 셀 타임 슬롯은 53

octets를 150 Mbps로 전송하는데 걸리는 시간이다. <그림 4.10>은 사용자가 선언한 셀 지연 변이 허용 한도 τ 가 150 셀 타임 슬롯일 때, 선언된 최대 셀 지연 변이 허용 한도 τ 를 근간으로 연결 수락 제어를 수행하는 기존의 방식과 셀 지연 변이 측정에 근간한 연결 수락 제어 방식, 그리고 셀 지연 변이 측정과 웨이퍼를 이용한 연결 수락 제어 알고리즘 방식 간에 대역 이용률에 대한 성능 비교를 보인 것이다. 이 결과에서 기존의 방식은 대역 이용률이 본 연구에서 제안한 방식보다 매우 떨어짐을 보여 주고 있다. 그리고 셀 지연 변이 측정에 근간한 연결 수락 제어 방식($h=0$)은 기존의 방식보다 대역 이용률에서 우수함을 보여 주고 있지만, 셀 지연 변이 측정과 웨이퍼를 이용한 방식($h=30, h=70$)보다는 떨어 짐을 보여 주고 있다.



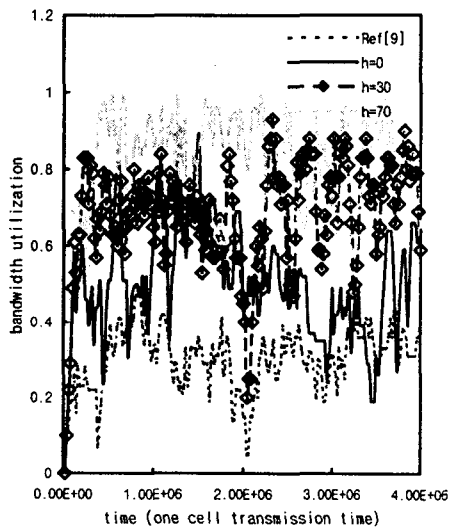
<그림 3> 제안된 CAC의 SDL diagram



<그림 4> 시뮬레이션 모델

(표 1. Service type and characteristics)

	peak cell rate(r)	Probability	Minimum cell interarrival time (T= S/r)
Service type I	15 Mbps	$0.0 \leq p1 \leq 0.2$	10
Service type II	15 Mbps	$0.2 < p2 \leq 0.4$	10
Service type III	7.5 Mbps	$0.4 < p3 \leq 0.6$	20
Service type IV	7.5 Mbps	$0.6 < p4 \leq 0.8$	20
Service type V	3.0 Mbps	$0.8 < p5 \leq 1.0$	50



<그림 5> 대역 이용률에 대한 비교

V 결론

본 논문에서 제안한 셀 지연 변이 측정과 셰이퍼를 이용한 연결 수락 제어 방법은 셀 지연 변이 측정을 이용한 연결 수락 제어 방법에서 측정된 셀 지연 변이 값이 큰 경우 발생하는 대역 이용률의 저하를 셰이퍼를 이용하여 보완하고, 셰이퍼를 이용한 연결 수락 제어 방법에서 사전에 지나치게 큰 셀 지연 변이 설정으로 인해 발생하는 대역 이용률 및 셀 지연의 나쁜 영향을 셀 지연 변이 측정으로 보완한 방법으로 대역 이용률에 대한 시뮬레이션 결과도 가장 우수함을 보였다.

앞으로의 연구 방향은 가변 비트 속도 서비스에 대한 셀 지연 변이 영향 및 연결 수락 제어 알고리즘에서 고려하여야 할 트래픽 파라미터를 규명하는 일과 이미 제시된 다른 연결 수락 제어 알고리즘에 적용 및 성능 평가가 계속적으로 이루어져야 할 것이다.

VI 참고문헌

- [1] ITU-T Recommendation I.371, White book, 1996.
- [2] ITU-T Recommendation I.356, White book, 1996.
- [3] Wallmeier, E. and Worster, T., "The spacing policer, an algorithm for efficient peak bit rate control in ATM networks", Proceedings of ISS92, vol. 2, pp.22-26, Yokohama, Japan, October 25-30, 1992.
- [4] Boyer, P., Guillemin, F., Servel, M. and Coudreuse, J., "Spacing cells protects and enhances utilization of ATM network links", IEEE Network, vol. 6, no.5, pp.38-49, Sep.1992.
- [5] M. Bonatti and A. A. Gaivoronski. Worst case analysis of ATM sources with application to access engineering of broadband multiservice networks", Proc. ITC-14, Elsevier Science Publishers, 1994, editors J.Labetoulle and J.W. Roberts.
- [6] B. T. Doshi, "Deterministic Rule Based Traffic Descriptors for Broadband ISDN: Worst Case Behavior and Connection Acceptance Control", Proc. ITC-14, Elsevier Science Publishers, 1994, editors J.Labetoulle and J.W. Roberts.
- [7] J. Boyer, A.Gravy and K. Sevilla, "Resource Allocation for Worst Case Traffic in ATM Networks, First Workshop on ATM Traffic Management WATM'95, pp.1-19, Dec. 1995.
- [8] J.W. Roberts, B. Bensaou, and Y. Canetti, "A traffic control framework for high speed data transmission", Modelling and Performance Evaluation of ATM Technology, Elsevier Science Publishers, pp. 243-262, 1993.
- [9] Andreas Sklirios, "A Connection Admission Control Algorithm for ATM Traffic Distorted by Cell Delay Variation", ITC 14, vol. 1b, pp.1385-1394, France, June 6-10, 1994.
- [10] D.D.Kouvatsos and N.M.Tabet-Aouel, "GGeo-type approximations for general discrete time queueing systems", Proc. Of IFIP Workshop on Modeling and Performance Evaluation of ATM Technology, La Martinique, H.Perros et al.(eds.), Elsevier, Jan. 1993.
- [11] Dennis J. Pai and Henry L. Owen, "An algorithm for bandwidth management with survivability constraints in ATM networks", Proc. IEEE ICC '97, pp.261-266, Montreal, Canada, June 1997