

# 위성 TDMA와 ATM 접속에서 최적의 부분 타임스탬프에 의한 CDV 보상 기법

정 하 재<sup>†</sup> · 김 정 호<sup>††</sup> · 오 창 석<sup>†††</sup>

## 요 약

B-ISDN 서비스를 신속하게 전개하기 위하여 지상 ATM과 위성망의 결합이 추진되고 있다. 이때 위성 TDMA와 ATM의 전달방식의 차이로 발생하는 셀 지연 변이(CDV)는 셀의 전송 품질을 저하시킨다. 본 논문에서는 기존의 CDV 보상 기법의 단점을 보완하는 부분 타임 스탬프 방식을 제안하였다. 이때 CDV를 최소화하고 위성 채널의 효율을 높이기 위해 부분 타임 스탬프의 최적화 개념을 도입하였다. 제안 기법의 성능을 평가하기 위하여 CDV 분포 폭을 평가 기준으로 하는 모의 실험을 통해 CDV 보상 성능의 우수함을 확인하였다.

## Compensation Mechanism of Cell Delay Variation by Optimum Partial Timestamps on the ATM-to-Satellite Interface

Ha-Jae Chung<sup>†</sup> · Jeong-Ho Kim<sup>††</sup> · Chang-Suk Oh<sup>†††</sup>

## ABSTRACT

In order to achieve the rapid deployment of services, B-ISDN network is being combined with terrestrial ATM and satellite network. Cell delay variation (CDV) generated by the difference of transfer mode between TDMA and ATM deteriorates transmission quality of the network system. We proposed the Partial Timestamps algorithm to supplement the problems of existing CDV compensation methods. To minimize CDV and to utilize the satellite channels efficiently, only the optimized timestamps of a few cells within a control unit time of TDMA are selected and transmitted to the receiving earth station. The CDV compensating efficiency of Partial Timestamps is evaluated by simulation. It is confirmed that CDV compensation capability of the proposed mechanism is superior to the other methods.

### 1. 서 론

전세계적으로 차세대 초고속 정보통신망 구축을 위한 세부적인 사업계획이 수립되었으며 각 정부 주관하에 체계적으로 진행되고 있다. 초고속 정보통신망 구축의 초기 단계에는 전적으로 지상 광 케이블을 이용할 계획이었지만, 지상망 단독에 의한 초고속 정보통신망의 구축에는 한계가 있음을 인식하고 위성망과의 연동을 고려한 지상/위성 혼합망이 제안되었다. 혼합망에서 위성은 주로 지상망의 보완 및 대체망으로서의 역할을 수행하게 될 것으로 전망되며, 특히 장거리 국제 통신망의 구축 및 초고속 정보통신망 구축의 초기 단계에 광 케이블 설치가 어려운 지역을 서비스하기 위해 위성망이 적극적으로 활용될 것이다[1, 2].

초고속 정보통신망이 지상/위성 혼합망을 지향함에 따라 차세대 위성 B-ISDN/ATM 망을 구축하기 위한 다양한 위성망 구축사업이 추진되고 있다. 지상 B-

† 정 회 원 : 한국전자통신연구원 벤처산업기술부

†† 종 신 회 원 : 대전산업대학교 컴퓨터공학부

††† 정 회 원 : 충북대학교 컴퓨터공학과

논문접수 : 2000년 3월 29일, 심사완료 : 2000년 8월 22일

ISDN은 다수의 사용자에게 다양한 유형의 멀티미디어 서비스를 제공하기 위하여 통계적 다중화 측면에서 매우 우수한 성능을 가지는 ATM 전송방식을 기반으로 발전되어 왔다. 지상 네트워크인 ATM은 고정된 길이의 패킷인 셀을 이용하여 수 Kbps의 저속 데이터 통신에서부터 수백 Mbps 이상의 다양한 전송 속도와 품질로 서비스들을 효과적으로 지원하기 때문에 B-ISDN 서비스를 위한 가장 적절한 방식으로 채택되었다.

한편 위성 B-ISDN 망에서는 제한적인 주파수 자원을 효율적으로 이용할 수 있고, 다양한 전송속도의 서비스를 잘 수용할 수 있으며, 위성 채널의 처리율을 증가시키는 TDMA 시스템이 최선의 다원 접속 방법으로 인식되고 있다. 위성 TDMA 링크에서 TDMA 시스템은 결정적인 멀티플렉싱만을 수행하기 때문에 ATM에서 문제가 되는 셀 충돌은 발생하지 않는 장점이 있다. 그러나 위성 회선은 주파수 자원이 상대적으로 제한적이고 채널 운용환경이 열악하므로, 대역폭이 넓고 채널 신뢰성이 우수한 광 케이블을 기반으로 개발된 ATM 전송방식을 수용하기 위해서는 해결되어야 하는 많은 문제점이 있다.

그중에서 TDMA 시스템은 미리 할당된 타임 슬롯인 TDMA 버스트로 셀이 전송되기 때문에 ATM/TDMA 변환시에 셀 지연 변이(CDV : Cell Delay Variation)를 발생하게 되는데, 이는 지상망의 교환노드 및 수신단 말에서 버퍼의 오버플로우, 언더플로우의 원인이 되며 셀 손실율의 열화로 이어질 수도 있다. 따라서 위성 수신국에서는 CDV 보상이 필수적으로 요구된다. 더욱이 B-ISDN은 CBR, VBR과 같은 다양한 서비스를 지원하기 때문에 CDV 문제는 혼합망의 구축에 있어 매우 중요한 주제이며, 전체 링크에 매우 심각한 ATM QoS의 성능 저하의 원인이 된다[1-3].

이와 같은 CDV에 의한 성능 열화를 방지하기 위한 다양한 보상 알고리즘들이 이미 제안된 바 있다. 또 부가정보 비트 수, 채널 에러에 대한 신뢰성, 수신 시스템의 복잡성 등의 측면에서 더욱 개선된 CDV 보상 성능을 추구하는 방법에 대한 연구가 진행되고 있다 [4-16].

본 논문에서는 기존 CDV 보상방식의 단점을 보완하여 CBR 서비스뿐만 아니라 VBR 서비스가 요구하는 서비스 품질에 따라 동적으로 대처할 수 있는 최적의 부분 타임스탬프를 이용하는 CDV 보상 기법을 제안하였다. 제안 기법의 목적은 기존 타임 스탬프 방식

에서 문제가 되는 부가 타이밍 정보를 줄여 위성회선 효율을 높이면서, 셀 간격정보 방식보다는 아주 우수한 CDV 보상 성능을 나타나게 하고자 하는 것이다. 제안한 방식의 성능을 검증하기 위하여 VBR 서비스에 대해서 모의 실험하였다. 실험을 위한 입력 트래픽으로는 2-상태 MMPP(Markov Modulated Poisson Process) 모델을 사용하였으며 시뮬레이터로는 BONEs(Block Oriented Network Simulator)를 사용하였다.

논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 위성 TDMA와 ATM 접속시에 발생하는 CDV와 기존의 CDV 보상 기법에 대한 문제점을 분석하며, 3장에서는 타임스탬프의 최적화를 유도하고, 부분 타임 스탬프 방식의 CDV 보상 기법을 제안하며, 4장에서는 모의 실험을 통해 제안한 방식의 성능을 평가 고찰하며, 5장에서 결론을 맺는다.

## 2. CDV 발생과 보상기법

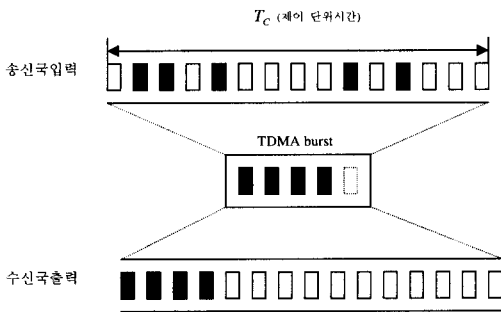
위성 통신의 장점인 폭 넓은 서비스 영역의 지원, 방송 및 동보 서비스 측면에서 B-ISDN에 다각적으로 활용되는 방안이 연구되고 있다. 위성에 탑재되어 있는 중계기는 지상의 여러 지구국이 공동으로 자유로이 사용하며 어느 지구국에서도 통신회선을 간단히 설정할 수 있다는 것이 위성통신의 가장 큰 특징이다. 할당된 무선주파수 대역을 몇 개의 채널로 나누고 다수의 지구국이 그 중의 적당한 채널에 액세스하여 회선을 접속하는 방법이 다원접속이다.

다원접속 방법에는 여러가지가 있으나 위성 통신 시스템에서는 B-ISDN 서비스를 직접적으로 제공하기 위하여 디지털 전송 방식에 적합한 TDMA 방식이 지배적으로 선호되고 있다. 그러므로 지상 송수신 지구국에는 고속 TDMA 전송을 지원하는 기능이 필요하며, 특히 155Mbps 이상의 고속 TDMA의 전송 기술은 B-ISDN 실현에 아주 중요하다[4-5].

### 2.1 CDV 발생

TDMA를 적용하여 초고속 정보통신망을 지상/위성 혼합망으로 구축할 경우, 위성으로 입력되는 ATM 셀은 망 변수제어에 따라 위성 TDMA 타임 슬롯에 할당되어 전송된다. 또 TDMA 트래픽 버스트에는 캐리어 재생 부호, 유니크 워드 등의 프리앰블부가 부가된다. 이 프리앰블부에 의한 전송 효율의 저하를 최소화

하기 위해 버스트에 여러 셀을 모아서 동시에 전송한다. 따라서 시분할 동시 버스트의 전송을 전제로 할 때, 지상의 송신국으로 입력되는 트래픽과는 다른 버스트적인 트래픽을 수신국에서 출력하게 된다. 이러한 트래픽 특성의 변화는 교환노드 및 수신단말에서 버퍼의 오버/언더 플로우의 원인이 될 수 있으며 셀 지연 변이를 가져오게 된다. ATM/TDMA 변환에 따른 CDV는 위성 TDMA를 경유하는 송수신 지구국 간의 셀 도착시간 혹은 셀 간격의 차이로 정의된다[6-8].



(그림 1) ATM/TDMA 변환

(그림1)은 ATM/TDMA 셀 전달 및 변환과정을 도식화하여 나타내고 있다. 지상망은 ATM 전송방식을 통하여 정보가 없을 경우에는 빈 셀을 삽입하고, 필요할 경우 빈 셀을 제거하고 유효 셀을 추가함으로써 전체 채널 효율과 전송 속도를 높인다. 그러나 위성의 경우 본질적으로 대역 제한이 심한 통신 환경이기 때문에 지상망의 빈 셀을 포함한 입력 셀 트래픽을 그대로 위성 타임 슬롯에 할당하여 전송한다는 것은 매우 비효율적인 위성 채널 사용 방법이다. 채널 효율을 높이기 위하여 위성의 대역폭은 지상망의 최고 전송 속도와 평균 전송 속도의 사이로 압축 할당한다. 따라서 지상의 송신국은 입력 셀 스트림으로부터 단지 전송할 정보가 있는 유효 셀만을 추출하여 효율적으로 전송하는 것이 일반적이다. (그림1)의 TDMA 버스트에 있는 점선 부분은 수신측에서 CDV 보상시에 사용될 셀 간격에 관한 타이밍 정보이며,  $T_c$ 는 송신국 지상망 트래픽의 위성 채널 할당 제어 단위시간을 나타낸다.

2.2 CDV 보상 기법[1, 3-6, 17, 18]

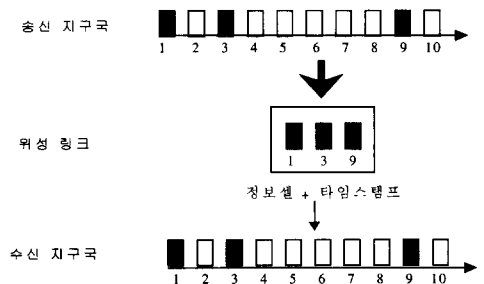
일반적으로 통신망에서 송신국의 입력 셀 전송 타이밍을 정확히 파악하고 있는 경우, 수신국의 출력에서

는 타이밍 정보를 이용하여 발생한 CDV 분포 폭에 상당하는 시간만큼 전체를 버퍼로 지연시키고, 그 후에 입력시의 셀 전송 타이밍 정보에 따라 송출 제어를 하면 입력시의 트래픽을 재현할 수 있다. CDV 보상 방법으로는 타임 스탬프 방식 외에 여러가지 방안이 제안된 바 있다. 본 장에서는 기존의 2가지 보상기법의 문제점을 분석한다.

2.2.1. 기존 방식의 문제점

● 타임 스탬프 방식

이 방식은 (그림 2)와 같이 사용자 정보 셀의 입력시에 입력 시각을 나타내는 타임 스탬프를 부가하여 출력 처리시에 이 타임 스탬프를 기준으로 출력하는 방식이다. 본 방식을 적용하기 위해 TDMA 프레임 주기를 20ms로 하면 53바이트의 셀 당 약 2바이트 정도의 부가 타이밍 정보량이 필요하게 된다. 이것은 전송 속도의 약 4%에 해당하며, 155Mbps 전체로 보면 약 6Mbps가 된다. 이는 무시할 수 없는 위성회선에서의 전송용량 손실로 발생한다.

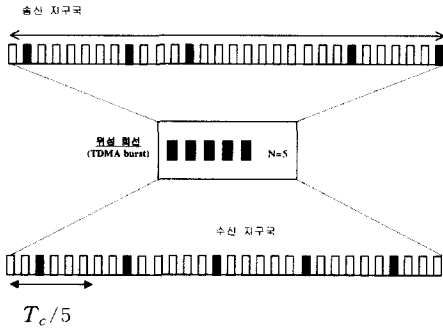


(그림 2) 타임 스탬프 보상 방법

● 셀 간격정보 방식

송신국에서 입력 셀 흐름을 제어 단위시간  $T_c$ 로 분할하여 하나의 TDMA 버스트에 맵핑시키고,  $T_c$  내의 유효 셀의 개수(N)를 함께 전송하면 수신국에서는 이를 이용하여  $T_c$  내에서 근사적인 평균 셀간 간 ( $T_c/N$ )으로 재 송출하는 알고리즘이다. 이 방법의 성능과 오버헤더는 제어 단위시간을 어떻게 설정하느냐 하는 데에 따라 영향을 많이 받는다. 그리고 이 방법은 제어 단위시간  $T_c$  내에 셀이 일정율로 재생되므로 CDV를 완전히 제거할 수가 없다. 셀 트래픽의 도착을 변화가 심할수록 CDV 보상 능력이 저하되며 또 다른 지연과 버퍼 오버플로우가 발생할 수 있다. 또 본 방

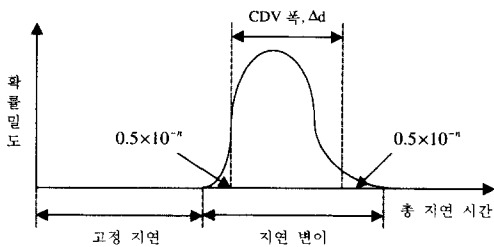
법은 VBR 서비스에 있어서는 CDV 보상 능력이 현저히 떨어지므로 B-ISDN의 다양한 멀티미디어 서비스 등에는 적용하기 어렵다.



(그림 3) 셀 간격정보 방법

2.2.2 CDV 품질 기준

CDV에 대한 QoS의 척도 즉, CDV 품질은 (그림 4)와 같이 특정 확률에서 CDV 분포 길이인 ΔCDV로 나타내고 평가한다. CDV에 대한 요구 품질은 미디어에 따라 크게 다르며, 각 미디어에 대해 품질의 요구 값이 다양하게 규정되어 있다. 그림에서 지연 시간은 전과 지연과 교환 노드에서의 처리 지연 등의 고정 부분과 대기 시간의 차이에 따른 지연 변이 부분으로 구분된다. 이 변이 부분의 경사 부분이 10E-n으로 되는 CDV 값의 폭 Δd를 사용하여 즉, (n, Δd)의 조합으로 CDV 분포 폭에 관한 요구 품질을 규정하고 있다 [5-18]. 위성망의 경우는 CDV에 대한 요구규격이 아직 미정이지만 위성망에서도 지상망과 같은 수준의 CDV 분포 폭을 적용할 수 있을 것으로 판단된다.



(그림 4) CDV 분포 폭 정의

3. 부분 타임 스탬프 제안

CDV 보상기법에 적용할 타임 스탬프의 최적화와

다중 타임 스탬프의 최적화 방법을 정의하며, 최적화를 이용한 부분 타임 스탬프 방식의 CDV 보상 기법을 제안한다.

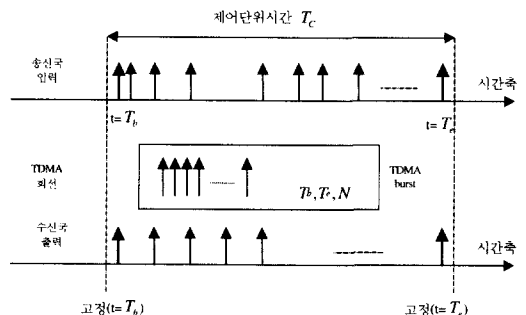
3.1 타임 스탬프 최적화

먼저 (그림 5)처럼 타임 스탬프 수  $N_b = 2$ 인 경우를 생각한다. 여기서 송신국 입력의 제어 단위시간  $T_c$  내에서의 k번째의 셀 입력 시각을  $t(k)$ 라 하고, 수신국 출력의  $T_c$  구간 내에서 k번째 셀 출력 시각을  $T(k)$ 라 하자. TDMA 버스트에는 입력 셀 수 N인 셀 스트림의 처음과 끝 유효 셀의 타임 스탬프 정보를  $T_b, T_e$ 라 하자. 여기서 기존의 타임 스탬프 방식처럼 출력시에 최초와 최후의 셀 송출 타이밍을 타임 스탬프  $T_b, T_e$ 에 따라 고정하고, 그 이외의 셀은 셀 간격정보 방법처럼 최초와 최후의 타임 스탬프 셀 사이에 균등하게 되도록 배치하여 송출하는 경우를 가정한다. 이때, 제어 단위시간  $T_c$  내에 N개 셀의 입력이 있을 경우, k번째 셀의 송출 타이밍  $T(k)$ 는 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$T(k) = T_b + \frac{T_e - T_b}{N - 1} \times (k - 1) \quad (1)$$

식 (1)은 수신국에서  $t = k$  때 입력된 셀이 수신국에서  $T(k)$ 에서 재전송됨을 의미한다. 이와 같은 경우에 k번째 셀의 CDV 값은 식 (2)와 같이 표시할 수 있다.

$$k\text{번째 셀의 CDV} = T_b + \frac{T_e - T_b}{N - 1} \times (k - 1) - k \quad (2)$$



(그림 5) 최적 타임 스탬프 계산

$N_b = 2$ , 즉 2개의 타임 스탬프의 수신측에서의 송출 시간 설정 방법은 종래의 타임 스탬프 방법이라면 단

순히 입력시의  $T_C$  구간 내에서의 최초와 최후의 입력 시간인  $T_b$ 와  $T_e$ 를 출력시에 그대로 적용할 것이다. 그러나 본 논문에서는 두개의 타임 스탬프만 있는 경우, 타임 스탬프 사이에 균등 간격으로 배열되는 나머지 셀들에 대하여 CDV 분포 폭이 최소화되는 조건을 유도하기 위하여 타임 스탬프를 최적화 하는 방법을 고찰한다.

먼저  $T_C$  구간 내에서 셀의 입력시와 출력시의 CDV 값의 2차 모멘트의 합을 평가 함수  $V(T_b, T_e)$ 라 하고, 이를 최소로 하는  $[T_b, T_e]$ 의 조합을 유도하여 이를 근거로 식 (1)에 따라 셀 출력을 산출한다. 평가함수  $V(T_b, T_e)$ 는 식 (3)과 같다.

$$V(T_b, T_e) = \sum_{k=1}^N \{t(k) - T(k)\}^2 \quad (3)$$

평가 함수의 최소화 조건은 다음 식 (4)로 표시된다.

$$\frac{\partial}{\partial T_b} V(T_b, T_e) = \frac{\partial}{\partial T_e} V(T_b, T_e) = 0 \quad (4)$$

따라서 식 (2)를 최소화하는  $T_{ob}$  및  $T_{oe}$ 는 식 (3), (4)를 이용하여 다음 식 (5), (6)과 같이 구해진다.

$$T_{ob} = \frac{4}{N} \sum_{k=1}^N t(k) - \frac{6}{N(N+1)} \sum_{k=1}^N \{t(k) \times k\} \quad (5)$$

$$T_{oe} = -\frac{2}{N} \sum_{k=1}^N t(k) + \frac{6}{N(N+1)} \sum_{k=1}^N \{t(k) \times k\} \quad (6)$$

결국, 두 타임스탬프 구간 내에 셀 입력마다  $t(k)$  및  $k \times t(k)$ 의 합을 계산하는 것으로 두 기준 타임 스탬프 사이의 CDV 분포를 최소화 하는 최적화된  $T_b$  및  $T_e$ 를 구할 수 있다. 단,  $N=2$ 인 경우 즉, 셀이  $T_b, T_e$ 뿐인 경우에는 최적화할 필요가 없으므로 식 (5), (6)은  $N \geq 3$ 인 경우에만 의미가 있다.

### 3.2 CBR 입력시의 보상 특성

CBR 신호에 대한 타임스탬프 최적화 방법을 평가하기 위하여 다음 식으로 표현되는 입력 트래픽을 가정한다.

$$t(k) = t_0 + T_0 \times k + \delta(k) \quad (7)$$

여기서  $t_0$ 는 입력 트래픽의 임의의 초기값이고,  $T_0$ 는

CBR 신호로 도착하는 셀의 간격이며,  $\delta(k)$ 는 전송로 상에서 받는 여러 요인으로 부가된 CDV 요소로 가정한다. 그리고  $T_C$ 구간 내에  $N$ 개의 셀이 있다고 가정하고 식 (7)을 식 (5)와 (6)에 대입한 후 CDV 요소  $\delta(k)$ 에 의해 타임 스탬프 최적화에 영향을 미치는 항목만 따로 분리하여 정리하면 식 (8) 및 (9)로 표현된다.

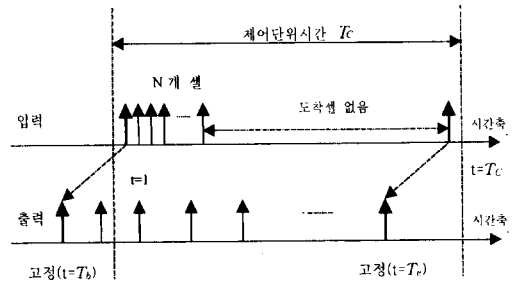
$$\Delta T_{ob} = \sum_{k=1}^N \left\{ \frac{4(N+1) - 6k}{N(N+1)} \times \delta(k) \right\} \quad (8)$$

$$\Delta T_{oe} = \sum_{k=1}^N \left\{ \frac{6k - 2(N+1)}{N(N+1)} \times \delta(k) \right\} \quad (9)$$

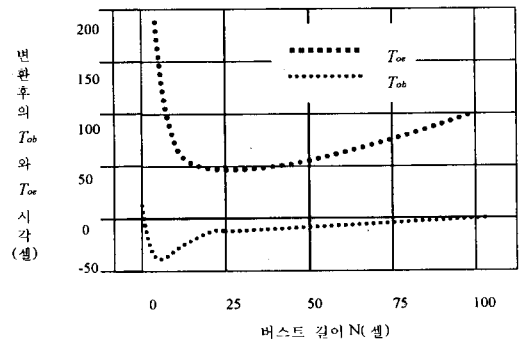
식 (8), (9)로 미루어 볼 때  $\delta(k)=0$ 인 완전한 CBR 신호이면,  $\Delta T_{ob} = \Delta T_{oe} = 0$ 이 되어 출력도 완전한 CBR 신호를 출력하게 됨을 알 수 있다. 즉 CBR인 경우는 최적화가 필요 없으며 시작과 끝 셀의 최적화 타임 스탬프는 최적화 전의 처음과 끝 셀의 발생 시간과 동일하며  $T_{ob} = t(1), T_{oe} = t(N)$ 가 된다.

### 3.3 최적 타임 스탬프 범위의 조건

식 (5), (6)의 타임 스탬프의 최적화 조건을 고찰해



(그림 6) CDV를 최대로 하는 입력 패턴



(그림 7) 최악의 입력 패턴에서 최적 타임 스탬프의 변환 ( $N_{is}=2$ )

보기로 한다. 버스트 성이 강한 VBR 신호에 적용한 경우를 가정한다. (그림 6)에 나타난 것과 같은 최악의 버스트적인 트래픽이 입력한 경우, 즉 셀이  $T_C$  구간의 일부분에 완전히 치우친 경우에 대하여 검토한다. 이런 입력에 대하여 버스트 부분의 셀 수  $N$ 을 파라미터로 하여 식 (5), 식 (6)에서 구한  $T_{ob}$ 와  $T_{oe}$ 의 변동 상황을 (그림 7)에 나타내었다.

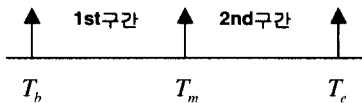
여기서  $T_C = 200$  셀 간격으로 계산하였다. 이 결과에서 버스트 영역이  $T_C$  구간 내에 치우친 경우에는 구간  $[1, T_C]$ 를 넘어서  $T_{ob}$ ,  $T_{oe}$ 가 위치하게 되는 경우도 있는 것을 볼 수 있다. 그러나 이러한 상황은 자기  $T_C$  구간을 벗어나 전후의  $T_C$  구간에 셀을 출력하게 되므로 또 다른 클리핑 현상을 초래할 위험성도 있다. 따라서 식 (5), (6)의  $T_{ob}$  및  $T_{oe}$ 에 식 (10)과 같이 최적 타임 스탬프가  $T_C$  구간을 벗어나지 못하게 하는 조건을 부가하여야 한다.

$$k(1) \leq T_{ob} \leq \frac{k(1) + k(N)}{2} \leq T_{oe} \leq k(N) \quad (10)$$

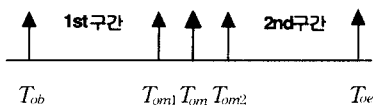
### 3.4 다중 타임 스탬프의 최적화

#### 3.4.1. $N_b = 3$ 인 경우의 최적화

(그림 8)과 같이  $T_C$  내에 입력된 셀의 타임 스탬프를 각각  $T_b, T_m, T_e$ 라 하자. 먼저 앞에서 기술한 최적화 방법을 이용하여 (그림 8)의 첫째 구간을 최적화하여 구해진 최적 타임 스탬프를  $T_{ob}, T_{om1}$ 라 하자. 그리고 (그림 8)의 두 번째 구간에서 구해진 타임 스탬프를  $T_{om2}, T_{oe}$ 라 하고 (그림 9)와 같이 나타낸다. 이때  $T_{om1}$ 과  $T_{om2}$ 는 입력이 CBR 트래픽인 경우를 제외하



(그림 8) 제어 단위시간 내에 세 개의 타임 스탬프

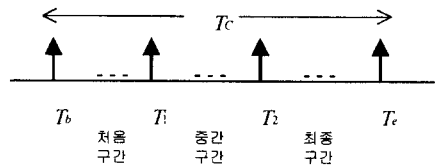


(그림 9) 첫번째/두번째 구간의 최적화 타임 스탬프

면 일치하는 경우가 거의 없다. 이때  $T_m$ 의 최적화된 타임 스탬프는 (그림 9)에서 처럼  $T_{om} = (T_{om1} + T_{om2}) / 2$ 로 정의한다.

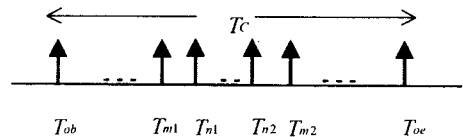
#### 3.4.2. $N_b \geq 4$ 인 경우의 최적화

(그림 10)과 같이 제어 단위시간  $T_C$  내에 포함된 유효 셀 중에  $T_b, T_1, T_2, T_3$ , 4개의 타임 스탬프를 설정하는 경우를 가정한다. 이 때에는 최적화되어야 하는 구간이 3개 존재하며,  $N_b$ 가 2, 3인 경우와 마찬가지로 모든 타임 스탬프의 최적화 값이  $T_C$ 구간을 벗어나 위치하지 않게 해야된다.



(그림 10) 제어 단위시간 내에 네개의 타임 스탬프

(그림 10)의  $T_C$ 범위 내의 처음과 끝 유효 셀이 있는 구간에 대해 최적화가 먼저 이루어져야 한다. 처음과 끝 셀은  $T_C$  범위 전체의 기준이 될 뿐만 아니라  $T_C$  범위를 벗어나지 않도록 먼저 위치 시켜야 하기 때문이다. 이때 구한 타임 스탬프를 (그림 11)에 나타내고 있다. 처음 구간에서 구한 최적화된 타임 스탬프를  $T_{ob}, T_{m1}$ 이라 하고, 마지막 구간에서 구한 최적 타임 스탬프를  $T_{m2}, T_{oe}$ 라 하자. 이때 구해진  $T_{ob}$ 와  $T_{oe}$ 는 시작 유효 셀과 끝 셀에 대한 최적 타임 스탬프로 먼저 그 값을 고정한다.



(그림 11) 첫번째와 마지막 구간의 최적화 타임 스탬프

이어서 (그림 10)의  $T_1$ 과  $T_2$ 로 표시된 가운데 타임 스탬프 억압 구간에서 구한 최적 스탬프를 (그림 11)처럼  $T_{n1}$ 과  $T_{n2}$ 라 하자. 이때 동일 타임 스탬프  $T_1$ 과  $T_2$ 와 관련해 최적화한  $T_{m1}$ 과  $T_{n1}$ ,  $T_{m2}$ 와  $T_{n2}$ 가 CBR 트래픽인 경우를 제외하고는 서로 일치할 수가 없다.

따라서  $T_1$ 과  $T_2$ 의 최종 최적화 타임 스템프  $T_{o1}, T_{o2}$ 는 자신이 속한 양쪽 타임 스템프 CDV 억압 구간에 보상에 도움이 되도록 정해져야 한다. 두 번의 최적화 과정에서 구해진 값의 중간값을 취하는 것이 적절하므로  $T_{o1} = (T_{m1} + T_{n1})/2$ ,  $T_{o2} = (T_{m2} + T_{n2})/2$ 로 정의한다.

한편,  $N_b$ 가 5 이상인 경우의 타임 스템프 최적화는  $N_b$ 가 3, 4와 같은 방법으로 최적화를 적용하기에는 계산이 너무 복잡하고 시간이 많이 소요될 뿐만 아니라, 최적화의 효과를 입증하기도 쉽지 않다. 그리고  $N_b$ 가 클 경우는  $N_b$ 에 비례하여 CDV 발생 가능 범위를 더욱 억압하므로, 유효 셀의 처음과 끝의 타임 스템프를 포함하는 단순 부분 타임 스템프 방법만으로도 충분한 보상효과를 낼 수 있는 것으로 판단되어 따로 정의하지 않는다.

4.5 부분 타임 스템프 방식

일반적으로 CDV는 CDV 분포 폭  $\Delta CDV$ 에 상응하는 절대지연에 의해 해석되므로, 입력시 셀 전송 타이밍을 정확히 파악하고 있을 경우 출력에서 발생할 CDV 분포 폭에 상당하는 시간만큼 전체를 버퍼로 지연시키고, 그 후에 입력시의 셀 전송 타이밍에 따라 송출하면 입력시의 트래픽 상태를 재현할 수 있다.

4.5.1 부분 타임 스템프의 CDV 보상기법

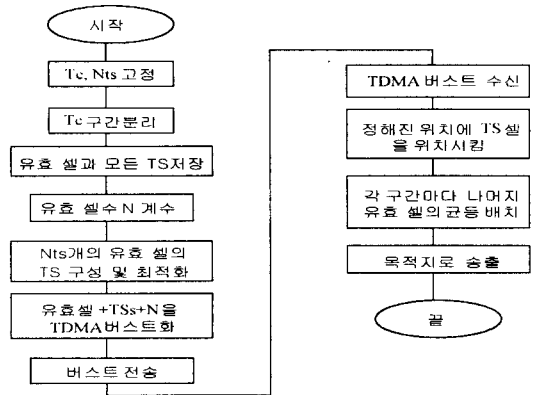
본 논문에서는 타임 스템프 방식과 셀 간격정보 전송 방법의 단점을 보완하는 부분 타임 스템프 방식의 CDV 보상 기법을 제안하며 내용은 다음과 같다.

먼저 회선 설정시 서비스의 요구에 의해 발생된 타임 스템프 설정 수  $N_b$ (최소 2이상)를 정하고, 송신측에서는 입력되는 셀 스트림을 정해진 제어 단위시간 간격  $T_c$ 마다 끊어서 이 간격 동안에 입력되어지는 유효 셀과 유효 셀의 타임 스템프를 저장하고, 유효 셀 수  $N$ 을 계수한다. 그리고 설정된 부분 타임 스템프 수  $N_b$ 만큼의 유효 셀의 타임 스템프를 선택한다. 이때 타임 스템프는 최소한 2개 이상이며,  $T_c$  구간 내의 처음과 끝 유효 셀의 타임 스템프는 반드시 포함하며,  $N_b$ 가 3 이상인 경우의 나머지 타임 스템프는  $T_c$  구간 내의 유효 셀 중에서 등 간격 순번으로 선택한다.

선택된 타임 스템프는 앞에서 유도한 타임 스템프 최적화 방법을 이용하여 최적화된 타임 스템프를 계산

하고 나머지 셀에 대한 타임 스템프는 버린다. 마지막으로 유효 셀과 함께 몇 개의 최적화된 부분 타임 스템프 그리고 유효 셀 수 정보  $N$ 을 TDMA 버스트화하여 위성 회선으로 보낸다.

수신측에서는 송신측에서 보내온 총 유효 셀 수  $N$ 을 확인하고, 처음과 끝 셀을 포함한  $N_b$ 개의 타임 스템프가 있는 셀을 타임 스템프의 타이밍 정보에 따라 먼저 배치하고, 각 타임 스템프 사이에 포함된 타임 스템프가 없는 나머지 유효 셀들은 해당 타임 스템프 사이에 균등한 간격으로 셀을 배열한다. 이때  $N_b = 2$ 이면 유효 셀의 처음과 끝에만 타임 스템프가 있는 경우이다. (그림 12)는 부분 타임 스템프 방식의 셀 트래픽 처리 과정을 보이고 있다.



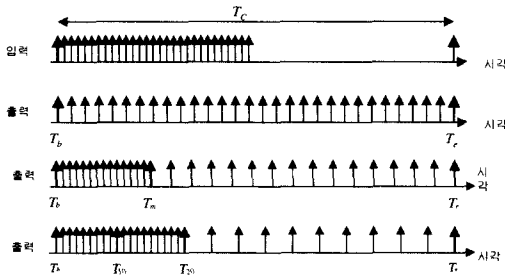
(그림 12) 부분 타임 스템프 흐름도

4.5.2 부분 타임 스템프 방식의 적용

본 절에서는 CDV가 최대가 되는 최악의 입력 패턴을 설정하고 부분 타임 스템프 방식을 적용하여, 타임 스템프 수별 발생 CDV의 크기를 기준으로 보상 성능을 평가 고찰한다. 즉, 큰 값의 CDV 발생이 예상되는 하나의 특별한 셀 패턴을 도착 입력으로 할 때, 발생된 CDV 크기의 누적을 산출해 봄으로써 타임 스템프 수에 따라 CDV가 보상되는 정도를 예측하고자 한다.

(그림 13)에서 보인 입력 패턴은  $T_c = 59$  셀이고 도착 평균 셀 수  $N = 30$ 이며, 타임 스템프 수는  $N_b = 2, 3, 4$ 인 경우이다. 각 경우에 대한 보상 출력을 보이고 있다. 이 세가지 경우 발생한 CDV의 누적 총합을  $L_{CDV}(2), L_{CDV}(3), L_{CDV}(4)$ 라고 할 때 이들간의 관계는 계산에 의해 다음과 같음을 알 수 있다.

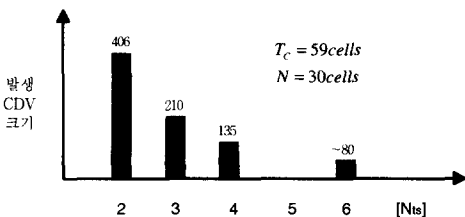
$$L_{CDV}(2) \geq L_{CDV}(3) \geq L_{CDV}(4) \geq L_{CDV}(\text{최대 } N_b) \quad (11)$$



(그림 13) 최악 입력 패턴의 CDV 보상 ( $N_b=2,3,4$ )

식 (11)에서 타임 스탬프 수  $N_b$ 가 작을수록 CDV 발생량이 크다는 것을 알 수 있으며,  $N_b=0$ 은 셀 간격 정보와 같은 방법을 의미한다. 반면에  $N_b$ 가 클수록 CDV 발생량은 작아지며,  $N_b$ 가 점점 커져 타임 스탬프 수  $N_b=N$ 이 되면, 이는 종전의 '풀' 타임 스탬프 방식과 같다. 또 입력 트래픽이 CBR인 경우는 타임 스탬프의 수에 무관하게 되어  $L_{CDV}(2) = L_{CDV}(3) = L_{CDV}(4) = 0$  이어서 타임 스탬프를 사용할 필요가 없으며 셀 간격정보 방법으로도 충분하다고 볼 수 있다.

(그림 14)는 최악의 입력 패턴에 대한 타임 스탬프 설정 수별 CDV 발생 크기를 나타내고 있다. 타임 스탬프가 많을수록 발생 CDV의 크기는 줄어드는 것을 알 수 있다. 특히 최악의 패턴이 발생하는 경우처럼 발생 셀의 분포가 고르지 않을수록 부분 타임 스탬프 보상 방법은 효력을 나타내며, CBR에 가까운 서비스 일수록 부가된 타임 스탬프는 불필요한 정보가 되어 위성회선의 전송용량의 효율을 떨어뜨리게 된다.



(그림 14) 최악의 패턴시 총 CDV 길이 비교

또 이 그래프를 통하여 타임 스탬프로 구분된 CDV 억압 구간의 수에 반비례하여 CDV 발생 누적 길이가 줄어드는 것도 확인할 수 있다. 즉,  $N_b$ 가 3, 4, 6인 경

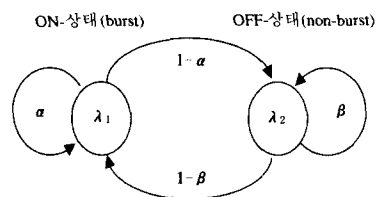
우는 타임 스탬프 억압 구간이 하나인  $N_b=2$  경우에 비해 각각 대략 1/2, 1/3, 1/5 정도의 크기를 보이고 있다. 따라서 서비스가 요구하는 최악의 지연 변이의 수준을 미리 알 경우 부분 타임 스탬프 방식은 그 범위를 만족시키는 만큼의 최소한의 타임 스탬프 만을 설정함으로써, 부가 타이밍 정보를 최소화하여 위성 채널의 용량을 최대로 활용할 수 있게 할 수 있다.

#### 4. 실험 및 성능평가

본 장에서는 모의 실험을 통하여 제안한 방식의 성능을 확인한다. TDMA 데이터 할당 방식은 동적 요구 할당 방식으로 하며 위성링크를 통해 B-ISDN 서비스를 지원할 수 있는 환경을 기반으로 한다. 제안한 방식의 결과로 나타나는 CDV 분포 폭을 도출하여 다른 방식과 성능을 비교한다. BONEs를 이용하여 위성통신 환경과 설계 내용을 모델링하여 모의 실험하며, 라이브리리로 제공되지 않는 설계 기능 블록은 프로그램하였다. 실험을 위한 입력 트래픽 모델로는 VBR 트래픽을 잘 표현하는 2-상태 MMPP를 가정하였다.

##### 4.1 MMPP 트래픽 입력 모델 및 시험환경

MMPP 도착 모델은 시간에 따라 전송 속도의 변화의 차가 심한 멀티미디어 데이터 트래픽과 같은 버스트성 트래픽의 발생을 정확하게 표현한다. 화상 압축과 같은 VBR 신호의 응용을 고려할 경우, 포아송 입력 모델 이상으로 버스트성이 강한 MMPP 모델로 평가할 필요가 있다. 2-상태 MMPP 모델은 상태에 따라 도착율이 서로 다른 이중 스토케스틱 포아송 프로세스로서, 패킷화된 영상압축 데이터 트래픽처럼 버스트와 비버스트 상태 특성을 동시에 갖는 버스트 성의 트래픽 발생에 대한 모델로 주로 사용된다. 모델의 상태 전이도는 (그림 15)와 같다.



(그림 15) 2-상태 MMPP 도착 모델



본 모델에는 ON과 OFF의 두 가지 상태가 존재하며 두 상태 사이를 왕래하는 특성을 가지며, 상태가 ON 혹은 OFF인지에 따라 셀이  $\lambda_1$  혹은  $\lambda_2$ 의 도착율로 도착한다. 이때 ON 상태에서 ON 상태로, 또는 OFF 상태에서 OFF 상태로 변이할 확률을 각각  $\alpha$  및  $\beta$ 라고 할 때, ON과 OFF 상태의 평균 길이는 각각  $1/\alpha (= L_{bur})$ ,  $1/\beta (= L_{nbur})$ 로 표시된다.

본 실험에서는 MMPP 모델의 파라미터인  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ 와  $L_{bur}$ ,  $L_{nbur}$  그리고 부분 타임 스템프에서 중요한  $N_b$ 를 변수로 하여 모의 실험하고, 부분 타임 스템프 방식의 CDV 보상 특성과 성능을 평가한다. 본 실험에서 사용되는 파라미터의 설정은 <표 1>과 같다. 실험에서 사용된 변수는 위성 회선을 통해 실제 멀티미디어 응용이 가능한 범위를 예상하여 설정하였다.

<표 1> 시뮬레이션을 위한 파라미터

기 호	의 미	범 위
$T_c$	셀 제어시간	1.0ms, 2/3ms
$\lambda_1$	ON 상태의 셀 발생률	1.0
$\lambda_2$	OFF 상태의 셀 발생률	가변(0.005,0.05)
N	$T_c$ 구간내 도착 셀 수	가변
$N_b$	부분 타임 스템프 수	가변(2, 3, 4)
$L_{bur}(1/\alpha)$	ON 상태의 길이	가변(10,20)
$L_{nbur}(1/\beta)$	OFF 상태의 길이	가변(10,20)

4.2 실험결과 및 고찰

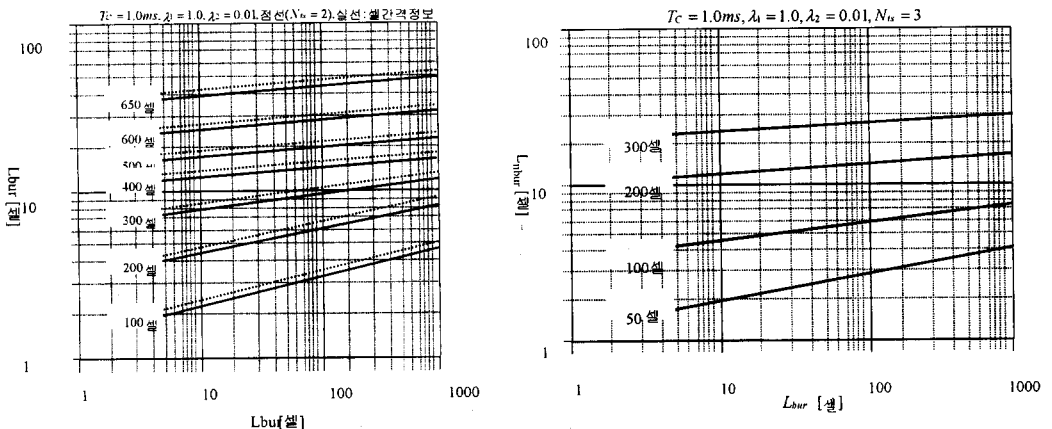
모의 실험은 데이터 전송율의 변화가 심한 VBR 신

호 위주로 이루어 졌다. 네트워크 시뮬레이터에서는 각각의 CDV(셀 단위로 표시) 값에 대한 발생횟수를 누적하고 전체 시행회수로 나누어 정규화하여 각 발생 CDV의 빈도 수에 비례하는 확률밀도 함수를 도출하였다. 이를 위해 전송속도는 SDH 기반으로 한 155Mbps로 간주하였으며, 위성의 대역폭은 지상망 대역폭의 100%로 하였다. 즉, 지상망의 트래픽을 대역 압축 없이 위성 링크에 그대로 전송하는 것으로 가정하였다.

4.2.1 MMPP 상태 길이와 CDV 분포 폭

(그림 16)은  $T_c = 1.0ms$ ,  $\lambda_1 = 1.0$ ,  $\lambda_2 = 0.01$ 로 설정하였을 때, 셀 간격정보 방식과  $N_b = 2$ 와 3인 부분 타임 스템프 방식에서 버스트 상태 길이와 비버스트 상태의 길이 그리고 CDV 분포 폭 간의 관계를 비교해 보이고 있다. 왼쪽 그래프는  $N_b = 2$ 일 때 부분 타임 스템프와 셀 간격정보 방식을 나타내며, 오른쪽은  $N_b = 3$ 일 때 부분 타임 스템프 방식에 대한 것이다.

왼쪽 그래프는  $N_b = 2$ 일 때 MMPP 입력 트래픽 모델에서 버스트 상태의 길이  $L_{bur}$ 과 비버스트 상태 길이  $L_{nbur}$ 의 길이에 따라 두 방식의 CDV 발생 차이를 종합적으로 파악할 수 있는 그래프이다. 먼저 그림에서 알 수 있는 것은 두 방법 모두  $L_{bur}$ 가 일정할 때,  $L_{nbur}$ 이 커지면 CDV가 증가함을 알 수 있으며, 반면에  $L_{nbur}$ 이 일정할 때  $L_{bur}$ 이 증가하면 오히려 CDV는 감소함을 알 수 있다. 감소하는 정도는 그래프에서 동일 크기의 CDV를 나타내는 직선의 기울기에 비례하는



(그림 16)  $L_{bur}$ ,  $L_{nbur}$ 과 CDV 분포 폭 ( $N_b = 2, 3$ )

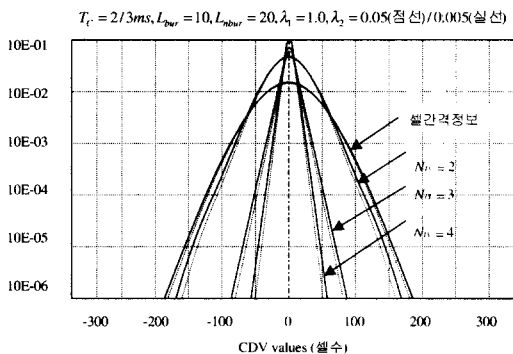
것을 알 수 있다. 기율기가 크면 빨리 감소하며 기율기가 작으면 감소율이 작아진다.  $L_{bur}$ 이 증가하거나  $L_{nbur}$ 이 감소하면 제어 단위시간 내에 셀의 수가 상대적으로 증가하게 되어, CDV 발생 폭이 줄어들 가능성이 크며, 반면에  $L_{nbur}$ 이 증가하거나  $L_{bur}$ 이 감소하면 제어 단위시간 내에 셀의 도착율이 작아져 CDV 폭이 크게 발생할 가능성이 높아짐을 알 수 있다.

왼쪽 그래프는 또 셀 간격정보 방식과  $N_b = 2$ 인 부분 타임 스탬프 방식과의 관계도 보이고 있다. 여기서  $L_{bur}$ 과  $L_{nbur}$ 이 어떤 조건에 있든지  $N_b = 2$ 인 부분 타임 스탬프 방식이 셀 간격정보 방법보다 CDV 분포 폭이 항상 작게 발생하는 것을 알 수 있다.  $N_b = 2$ 인 부분 타임 스탬프 방식은  $T_C$  구간 내의 처음과 마지막 셀의 정확한 시각표에 의한 효과로 인하여, 버스트 성이 심한 입력 트래픽일수록 상대적으로 CDV 발생 억압 정도가 더 크게 나타남을 알 수 있다.

(그림 16)에서  $N_b = 2$ 와 3인 경우를 비교해 보면, 부분 타임 스탬프 수  $N_b$ 가 커지면 타임 스탬프 수가 커진 만큼 타임 스탬프 간의 간격이 좁아지며, 좁아진 간격 만큼 CDV를 억압하는 효과가 나타나 CDV 발생 폭이 좁아짐을 알 수 있다.  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ 와  $T_C$ 의 설정 값에 따라 다르겠지만  $N_b = 2$ 에서 3으로 뒤으로 CDV 분포 폭은 거의 반으로 줄어드는 것을 확인할 수 있다.

#### 4.2.2 $N_b$ 와 $\lambda_2$ 의 변화에 대한 CDV 비교

(그림 17)은  $N_b$ 와  $\lambda_2$ 의 변화에 대한 발생 CDV의 변화를 나타내고 있는데, 먼저  $N_b$ 를 크게 설정할수록



(그림 17)  $N_b$ 와  $\lambda_2$ 에 대한 CDV 비교

CDV 폭은 급격히 감소함을 볼 수 있다. 이는 타임 스탬프가 많으면 이로 인해 CDV 발생 가능 구간이 좁아지며, CDV 발생 폭이 억압되는 효과 때문이다.  $N_b$ 가 2인 경우 셀 간격정보 방법에 비해 상대적으로 감소효과가 작게 나타나는 것은  $T_C$  구간 내에 유효 셀의 처음과 끝에만 타임 스탬프를 부가하기 때문이다.  $N_b$ 가 3과 4인 경우는  $T_C$ 가 2, 3개의 CDV 발생억압 구간으로 나누어지는 효과가 있어, 2인 경우보다는 발생 CDV가 대략 50%와 30% 정도로 감소함을 볼 수 있다.

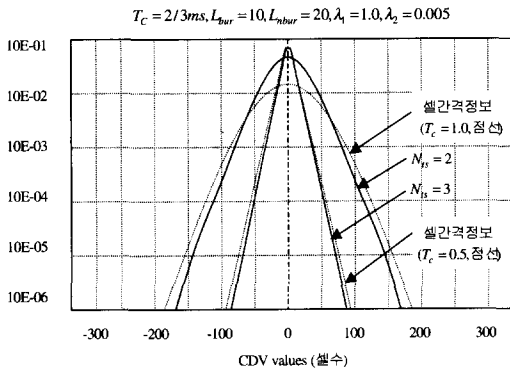
또  $\lambda_2$ 의 변화에 따른 CDV 보상의 변화 정도도 비교하고 있다. 비버스트 상태의 평균 도착율인  $\lambda_2$ 가 클수록  $T_C$  구간 동안 도착 셀이 고루 분포할 가능성이 크므로, 달리 말하면 도착 트래픽 특성이 점점 CBR 특성에 가까워지므로 버스트 성이 억제된다. 따라서 셀 간격정보 방식과 부분 타임 스탬프 방식 양자 모두 정도의 차이는 있지만 CDV 발생이 억압됨을 볼 수 있다. 그러나 두 경우를 비교해 볼 때, 셀 간격정보 방식의 경우는  $\lambda_2$ 의 크기 변동에 대해 CDV 변화가 작게 나타나지 않는 것을 볼 수 있다. 반면에 제한한 방식은 입력 트래픽의 변화에 좀더 민감하게 반응함을 확인할 수 있다.

이 실험결과를 통해 제안 알고리즘이 셀 간격정보 방식보다 우수한 CDV 보상 성능을 나타냄을 알 수 있는데, 이는 셀 간격정보 방식의 경우 트래픽의 버스트 성에 의하여 보상능력이 열화 되는 것에 반하여, 부분 타임 스탬프 방식은 부분 설정된 타임 스탬프가 CDV 발생 범위를  $N_b$  크기에 반비례하여 억압하므로  $T_C$  구간 내에서 CDV 발생 가능성을 줄이기 때문이다. 즉,  $L_{bur}$ ,  $L_{nbur}$ ,  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ 의 변화로 버스트 성이 강한 트래픽일수록 부분 타임 스탬프 보상방법이 셀 간격정보 방식보다 상대적으로 CDV 보상 능력이 더욱 뛰어난 것을 알 수 있다.

#### 4.2.3 $T_C$ 값에 대한 CDV 비교

(그림 18)은 제어 단위시간  $T_C$ 에 따른 제안 알고리즘과 셀 간격정보 방법의 CDV 확률 분포를 나타내고 있다. 여기서  $\lambda_1 = 1.0$ ,  $\lambda_2 = 0.005$ ,  $L_{bur} = 10$ ,  $L_{nbur} = 20$ 이다. 그래프에서 보듯이 제안 방식과  $T_C$ 구간 구분 방법이 거의 비슷한 성능을 보이고 있으나 부분 타임 스탬프

램프 방법이 약간 성능이 나은 것으로 나타난다. 그 이유는  $T_C$ 의 구간을 나눌 때 셀 간격정보 방식은 타임 구간  $T_C$ 를 단순히  $n$  등분하나, 제안 방법은 구간 내의 유효 셀 수를 기준으로 하는 논리적 등분 방법이므로, 등분 방법의 차이가 성능의 차이로 나타나는 것으로 생각된다. 또 부분 타임 스템프 방법에서는  $T_b$ 와  $T_e$ 에 의해 이미 CDV가 추가적으로 더 보상되는 효과를 나타내기 때문인 것으로 판단된다.



(그림 18)  $T_C$  값에 대한 CDV 비교

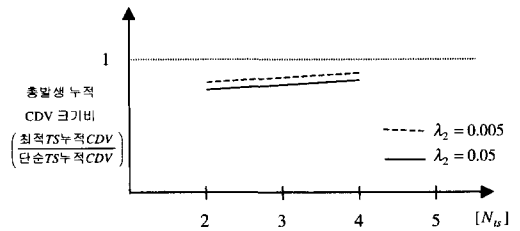
$T_C$ 에 따른 성능 변화를 고찰해 보면  $T_C$ 의 변화에 따라 CDV가 비례적으로 변화함을 알 수 있다. 그러므로 CDV에 민감한 서비스의 경우에는  $T_C$ 를 작게 설계하는 것이 바람직하다고도 볼 수 있다. 그러나 통상 프리앰블과 여러 ATM 셀로 구성되는 TDMA 버스트는 채널 효율을 높이기 위하여 고정되어 있다. 뿐만 아니라 버스트의 크기를 줄이면 부가되는 프리앰블 정보의 크기가 상대적으로 증가하므로 위성 전송용량의 효율이 떨어지고, 전체 위성망의 효율성에 영향을 미친다. 제안된 보상방식의 경우에는 타이밍 정보의 부담이 거의 없이 CDV를 충분히 억압할 수 있는 효과가 있으므로, 시스템 설계에 장점이 있으며 적용 서비스의 품질에 따라 융통성 있게 대응할 수 있다.

4.2.4 단순 부분 타임 스템프와 최적 부분 타임 스템프

부분 타임 스템프 방식에서는  $N_b$ 개의 타임 스템프를 서비스의 요구 품질에 따라 최적화 적용 여부를 판단한다. 부분 타임 스템프를 최적화하지 않고도 서비스 요구 품질을 만족할 수 있으면 복잡한 계산이 요구

되는 최적화 과정은 생략하는 것이 경제적이다. 본 항에서는 동일한 실험 환경과 입력 트래픽을 기준으로 최적화한 부분 타임 스템프와 최적화 하지 않은 단순 부분 타임 스템프 경우를 비교한다.

(그림 19)는  $L_{bur} = 10, L_{nbur} = 20, \lambda_1 = 1.0$ 으로 하는 데이터 트래픽을 두 가지 경우에 적용하였을 때,  $N_b$ 의 크기에 따라 발생하는 총 누적 CDV 발생 크기의 비를 보이고 있다. (그림 19)를 통해 다음과 같은 사실을 알 수 있다.



(그림 19) 총 누적 CDV 크기의 비교

- $N_b$ 가 클수록 누적 CDV의 크기의 비가 1에 가까워 짐을 알 수 있는데,  $N_b$ 가 클수록 최적화의 효과가 상대적으로 감소함을 알 수 있다.  $N_b$ 가  $N$ 과 같은 경우는 '풀' 타임 스템프에 해당되어 누적 CDV 크기의 비는 1에 도달한다.
- 또  $N_b$ 가 2, 3 그리고 4의 각 경우마다 최적화 효과가 일정하지 않은 이유는 다중 타임 스템프에서  $T_C$  구간의 가운데 위치한 타임 스템프들이 좌우의 타임 스템프 구간에 동시에 최적화를 만족시키지 못하므로, 정의에 따라 중간 값을 최적 타임 스템프로 취하였기 때문이다.
- $\lambda_2$ 가 클수록 타임 스템프의 최적화 효과는 작아지며 단순 부분 타임 스템프를 적용하는 경우와 비교해 누적 CDV의 차이가 작아진다. 즉,  $\lambda_2$ 가 계속 증가하면 결국  $\lambda_1$ 과 같아질 것이며 이것은 CBR 트래픽이라는 의미이다.

4.2.5 결과 고찰

• CBR 트래픽 CDV 보상

$N_b = 2$ 인 경우에 CBR에 대한 부분 타임 스템프 방식의 보상 특성을 해석에서, 입력 트래픽이 CBR인 경

우의 최적화 타임 스탬프  $T_{ob}$ ,  $T_{oe}$ 는 바로  $T_b$ ,  $T_e$ 와 같음을 알 수 있었다. 즉 제안한 방식도 기존의 타 방식과 마찬가지로 송신측 CBR 입력신호에 대해서는 정확한 입력 타이밍 정보를 수신측까지 전달하며 수신측에서 원 신호를 완전히 재현할 수 있음을 알 수 있었다.

• VBR 트래픽 CDV 보상

모의 실험에서는 2가지의  $T_c$  값에 따라 실험하였다.  $T_c$ 의 크기는 TDMA에 있어 버스트의 크기에 해당하므로, 통상 TDMA의 전송 용량을 크게 하고자 할 때는 버스트 크기를 조정하기보다는 TDMA 프레임에 속한 버스트의 수를 가변하여 전송 서비스에 대응한다. VBR 입력 트래픽에 대한 부분 타임 스탬프 방식의 보상기법 특성은 다음과 같다.

- 타임 스탬프 수  $N_b$ 가 증가하면 CDV 보상 효과는 급격히 개선된다.  $N_b$ 를  $T_c/2$  정도로 하면 거의 입력 트래픽 타이밍 정보를 거의 완벽하게 재현할 수 ( $\Delta CDV \cong 0$ ) 있다. 이때 부가 정보에 대한 부담은 서비스요구 품질과의 절충이 가능하다.
- 비버스트 상태에서 셀 도착율이 커지게 되면 이로 인해 버스트와 비버스트 간의 셀 도착율 차이가 작아지고, 셀이 전체적으로 좀더 고른 분포를 가질 가능성이 높아지므로 CDV 분포 폭을 감소시키는 특성을 보인다.
- 트래픽 버스트 구간이 길어지면  $T_c$ 구간에 유효 셀이 더욱 많이 도착하며 CDV 발생 크기가 작아질 가능성이 높게 나타난다.

부분 타임 스탬프 방식의 VBR 트래픽에 대한 CDV 보상 능력은 셀 간격정보 방식보다는 아주 우수한 성능을 나타낸다. 또  $N_b$ 의 크기를 조정하면 기존의 '풀' 타임 스탬프의 재현 능력에 근접한 성능도 낼 수 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 위성 TDMA와 ATM 망 접속에서 발생하는 CDV를 보상하기 위하여 기존의 타임 스탬프 방식과 셀 간격정보 방식의 단점을 개선하는 부분 타임 스탬프 방식을 제안하였다.

기존의 CDV 보상 기법들이 CBR 서비스 혹은 VBR

서비스 중 어느 한쪽에 좋은 CDV 보상 성능을 보이거나, 양쪽 서비스에 다 좋은 CDV 보상 성능을 나타내는 경우에는 위성 회선의 용량 효율을 저하시키는 단점을 가지고 있는데 반하여, 제안된 보상 기법은 CBR 서비스에서부터 도착율의 변화가 심한 VBR 서비스의 입력 트래픽까지 다양한 서비스의 요구 품질에 따라 융통성 있게 CDV 문제를 대처할 수 있게 함으로써 사용자 요구에 대한 서비스 품질 보상 능력이 향상되고 위성 채널의 효율을 높일 수 있게 되었다.

성능을 비교한 결과, CBR 서비스인 경우는 기존의 다른 방법과 마찬가지로 부분 타임 스탬프 방식도 입력 셀의 트래픽을 완전히 재현 가능함을 알 수 있었으며, 셀 도착율 변화가 심한 VBR 서비스인 경우는 부분 타임 스탬프의 수에 따라 CDV 보상 성능에 많은 차이가 있음을 확인하였다. 부분 타임 스탬프 방식은 셀 간격정보 방법에 비해 아주 우수한 CDV 보상 성능을 나타내고 있었으며, 입력 트래픽의 분포가 고를수록, 버스트 상태와 비버스트 상태의 셀 도착율 차이가 작을수록 CDV 분포폭이 줄어드는 것을 확인하였다. 이는 제안된 방식에서는 타임 스탬프가 많을수록 셀 간격이 변이할 가능성이 줄고 변이 가능 폭이 억압되기 때문이며, 또 트래픽 특성이 CBR에 가까울수록 변이 발생 폭이 줄어들기 때문이다.

또 위성 회선에서 타이밍 정보는 전송 용량 효율에 영향을 미칠 뿐만 아니라, 위성 채널의 사용 비용에 부담이 될 수 있다. 기존의 타임 스탬프 방식은  $T_c$ 를 1ms로 했을 때 4%의 부가 정보 때문에 위성 회선 용량 효율에 큰 손실을 가져오나, 부분 타임 스탬프 방법은 대상 서비스에 따라, 또  $N_b$ 의 크기에 따라 다르겠지만 거의 무시할 수 있거나, 최대  $N_b = T_c/2$ 까지 응용 서비스의 요구에 따라 선택할 수 있다. 이때 위성 응용에서  $N_b$ 를 얼마로 할 것인지의 결정은 B-ISDN 서비스가 요구하는 요구 품질의 수준과 요구되는 CDV 분포 폭의 수준에 따라 결정될 수 있으므로, 제안한 방식은 위성 회선을 낭비하지 않으면서 최소의 비용으로 다양한 요구를 만족시킬 수 있다.

참 고 문 헌

[1] A. Ohta, et al., "A Study on the ATM Interface of

- Satellite TDMA Systems for B-ISDN Application," Technical Report of IEICE SAT92-52, CS92-58, pp.17-28, 1992. 10.
- [2] K. Okada, et al., "A Study on Satellite-switched TDMA Systems for Applying to the Asynchronous Transfer Mode," Proc. of ICC'92, pp.355-359, 1992.
- [3] D. M. Chitre, et al., "Applications of Satellite Technology to Broadband ISDN Networks," Prepared for NASA Lewis Research Center under Contract NAS3-25092, Mar. 1993.
- [4] A. Ohta, K. Okada, H. Mizuno, "Performance Evaluation of ATM/TDMA Conversion Protocol by Using MMPP Arrival Model," Proc. Of GLOBECOM '94, pp.1351-1357, 1994.
- [5] H. C. Kim, et al., "A New ATM/TDMA of Satellite Conversion Algorithm with CDV Compensation," Proc. of MDMC'96, pp.580-583, 1996.
- [6] M. Nakayama, et al., "A Satellite Communication Trans. Commun.," Vol.E80-B, No.1, pp.103-108, Jan. 1997.
- [7] L. Pocher, H. Leung, D. Gillies, "Real-time Broadband Services with Jitter Control over ATM Satellite Bridges," Communications, ICC 98. Conference Record. 1998 IEEE International Conference on Volume : 1, pp.84-88 Vol.1, 1998.
- [8] R. Mauger, C. Rosenberg, "QoS guarantees for multimedia services on a TDMA-based satellite network, IEEE Communications Magazine," Volume : 357, pp.56-65, July 1997.
- [9] T. Ors, Z. Sun, B. G. Evans, "A MAC protocol for ATM over satellite Telecommunications," 6th IEE Conference on (Conf. Publ. No.451), pp.185-189, 1998.
- [10] H. Michael, "The Role of Satellites in the ATM Era : A Study of Two Possible Network Architectures," Proc. of Globecom'95, pp.1619-1623, 1995.
- [11] W. M. Shvodian, "Multiple priority distributed round robin MAC protocol for satellite ATM," MILCOM 98. Proceedings, IEEE Volume : 1, 1998, Page(s) : 258-262 Vol.1, 1998.
- [12] Y. Sagawa, K. Okada, "Adaptive Satellite Channel assignment Scheme in High-Speed ATM Data Communications," Glovecom'95, IEEE, pp.1652-1656, 1995.
- [13] H. Sato, M. Umehira, "A novel Buffer Scheme for ATM Cell Transport with Improved Cell Delay variation for Wireless ATM," PIMRC'96, IEEE, pp.928-932, 1996.
- [14] K. S. Choi, et al., "Audio and Video Transmission in Satellite Communication Based on ATM - The Compensation of Cell Loss and CDV," Proc. of IEEE ICCS/ISPACS'96, 36.8.1-36.8.5, 1996.
- [15] R. R. Mankarous, "A full Mesh Asynchronous Transfer Mode (ATM) Satellite Communications Network," Proc. Of Milcom'95, pp.11-15, 1995.
- [16] G. M. Woodruff, R. Kositpaiboon, "Multimedia Traffic Management Principles for Guaranteed ATM Network Performance," IEEE Journal on SAC., Vol.8, No.3, pp.437-446, April 1990.
- [17] 김정호, 최경수, "TDMA 방식에서 ATM 전송을 위한 셀 지연 변이의 보상 해석", 한국정보처리학회 논문지 제3권 제2호, pp.295-304, 1996.3.
- [18] 홍완표, 김정호, 나극환, "BISDN 서비스를 위한 위성 TDMA 방법의 ATM 접속 기술 연구", 한국기술사회지 제30권 제1호, 한국기술사회, 1997.2.



### 정 하 재

e-mail : hjchung@etri.re.kr

1981년 경북대학교 공과대학 전자공학과 (공학사)

1983년 경북대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)

2000년 충북대학교 대학원 컴퓨터공학과 (공학박사)

1993년 전자기술사(공업계측제어)

1983년~현재 한국전자통신연구원 책임연구원

관심분야 : 멀티미디어 통신, 멀티미디어 HW 플랫폼, 위성 B-ISDN, 모빌 컴퓨팅, 차세대 인터넷 기술



### 김 정 호

e-mail : jhkim@hyunam.tnut.ac.kr

1980년 경북대학교 전자공학과  
(공학사)

1983년 경북대학교 대학원  
전자공학과(공학석사)

1990년 S.M.E 위원(네트워크 표준  
분야)

1990년 정보처리기술사(전자계산조직응용)

1991년 전자기술사(공업계측제어)

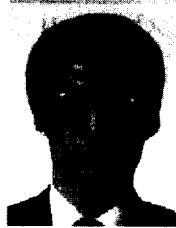
1992년 통신기술사(정보통신)

1983년~1996년 한국전자통신연구원 지상시스템연구부  
실장/책임연구원

1995년 단국대학교 대학원 전자공학과(공학박사)

1996년~현재 대전산업대학교 정보통신 컴퓨터공학부  
컴퓨터공학 및 멀티미디어공학 주임교수

관심분야 : 데이터 통신, 컴퓨터통신, 유무선통신망설계



### 오 창 석

e-mail : csoh@nwork.chungbuk.ac.kr

1978년 연세대학교 전자공학과  
(공학사)

1980년 연세대학교 대학원  
전자공학과(공학석사)

1988년 연세대학교 대학원  
전자공학과 (공학박사)

1985년~현재 충북대학교 컴퓨터공학과 교수

1982년~1984년 한국전자통신연구원 연구원

1990년 미국 스탠포드 대학교 객원교수

관심분야 : 멀티미디어 통신, ATM 네트워크, 차세대  
인터넷 기술, 신경 네트워크