

위성 TDMA 전송에서 가변타임스탬프 방식의 셀 지연변이 보상의 모델과 해석

(A Study on the Modeling and Analysis of Cell Delay Variation Compensation using Variable Timestamp Method in the Satellite TDMA Transmission)

김 정 호* 박 진 양**
(Jeong-Ho Kim) (Jin-Yang Park)

요 약

광범위한 지역의 서비스 영역을 지원하기 위하여 지상/위성 혼합망을 구성한다. 위성 TDMA가 ATM 접속에 따른 CDV 보상을 위하여 기존의 지상 CDV 보상기법이 적용되어 왔다. 기존의 타임 스탬프 방식과 셀 계수 방법의 단점을 지원하기 위하여 CDV 보상을 위한 새로운 가변 타임 스탬프 방식을 제안하였다. 본 제안된 방식에서 VBR 서비스를 표현하기 위해 지상국의 셀 입력 트래픽 모델을 위한 MMPP 모델로 선택하였다. 모의 실험을 통하여 VBR 서비스의 보상 능력이 셀 계수 방법과 비교할 때, 타임스탬프 수 N_{ts} 가 증가할수록 CDV 보상능력은 증가하고 CDV 분포 폭이 줄어들었음을 알 수 있었다.

ABSTRACT

In order to cover a widespread service range, terrestrial/satellite-mixed network is being combined with terrestrial ATM network. This dissertation analyzes and investigates several previously existent CDV compensation methods in order to compensate CDV arising from interfacing satellite TDMA and ATM. Specifically to supplement the problems of timestamp and cell number counting methods, new Variable Timestamp method for CDV compensation is proposed. To evaluate the proposed method, MMPP(Markov Modulated Poisson Process), which can express VBR service very well, is selected as a cell input traffic model of terrestrial transmitting earth station. After several simulation, it is also confirmed that CDV compensation capability for VBR services is very superior to the cell number counting method. In this case, as the timestamp number N_{ts} increases, CDV compensation capability increases, and the CDV distribution length is reduced.

* 정희원 : 한밭대학교 정보통신컴퓨터공학부 교수

** 종신회원 : 인하공업전문대학 컴퓨터정보과 교수

논문접수 : 2001. 10. 29.

심사완료 : 2001. 11. 7.

※ 2001년 한밭대학교 교내연구과제의지원으로 수행된 것임.

1. 서론

초고속 정보통신망이나 멀티미디어 서비스를 구축하기 위하여서는 지상망 단독에 의한 구축에는 한계가 있음을 인식하고 위성망과 연동을 고려한 지상/위성 혼합망이 제안되어 왔다. 지상/위성 혼합망을 지향함에 따라 멀티미디어서비스를 위한 차세대 위성 B-ISDN/ATM 망을 구축하기 위한 다양한 위성망 적용이 시도되고 있다.

TDMA 시스템은 미리 할당된 타임 슬롯인 TDMA 버스트로 셀이 전송되기 때문에 ATM/ TDMA 변환시에 셀 지연 변이(CDV: Cell delay Variation)를 발생하게 되는데, 위성 수신국에서는 CDV 보상이 필수적으로 요구된다. 더욱이 B-ISDN은 고정 비트율 서비스 뿐만 아니라 가변 비트율 서비스와 같은 다양한 서비스를 지원하기 때문에 CDV 문제는 혼합망의 구축에 있어 매우 중요한 주제이며, 전체 링크에 매우 심각한 ATM QoS의 성능 저하의 원인이 된다.

CDV에 의한 성능 열화를 방지하기 위한 다양한 보상 알고리즘들이 이미 제안되어, S. Agnelli, D.M. Chitre, Nakayama 등의 연구에서 Leaky bucket, 타임 스탬프, 셀-비트 표현, 의사 STM(Synchronous Transfer Module), 셀 간격정보 방법 등이 개발되었다. 이외에도 부가정보 비트 수, 채널 에러에 대한 신뢰성, 수신 시스템의 복잡성 등의 측면에서 더욱 개선된 CDV 보상 성능을 추구하는 방법에 대한 연구가 진행되고 있다[1, 2].

본 논문에서는 기존 방식의 단점을 보완하여 CBR 서비스뿐만 아니라 VBR 서비스가 요구하는 서비스 품질에 따라 동적으로 대처할 수 있는 가변

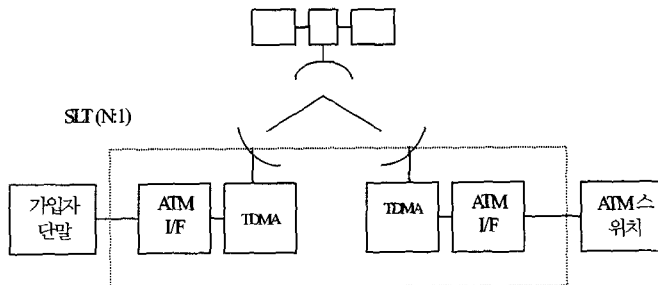
타임 스탬프 방식의 CDV 보상 기법을 제안한다. 가변 타임 스탬프 방식의 목적은 기존 타임 스탬프 방식에서 문제가 되는 부가 타이밍 정보를 줄여 위성 회선 효율을 높이면서, 셀 간격정보 방식보다는 우수한 CDV 보상 성능을 나타나게 하고자 하는 것이다. 제안한 방식의 성능을 검증하기 위하여 VBR 서비스에 대해서는 모의 실험을 통하여 성능을 평가한다. 모의 실험을 위한 입력 트래픽으로는 VBR 서비스를 잘 표현하는 2-상태 MMPP(Markov Modulated Poisson Process) 모델을 도입하였으며, Nts 변화에 대한 CDV 분포폭, Tc 변화에 대한 CDV 분포폭을 해석하여 개선효과를 검증하였다.

2. 위성 TDMA/ATM 접속과

셀 지연 변이 보상기법

2.1 위성 회선의 구성

위성 TDMA 방식이 ATM과 접속하여 B-ISDN 서비스를 지원하기 위한 위성 시스템의 전제 조건은 다음과 같다. 먼저 위성은 복수개의 지상 빔간을 상호 접속 가능하게 하는 구성이어야 한다. 또 지상에 배치되는 지구국에서는 기존의 B-ISDN/ATM망의 능력을 고려하여 위성 구간을 155 Mbps 정도의 전송 속도를 지원하는 것으로 가정한다. 위성계의 B-ISDN 적용 형태로 [그림 1]의 가입자 구간 적용 형태를 나타내었다. 가입자 구간 적용 방법은 SLT (Subscriber Line Terminal)에 복수의 사용자가 수용될 수 있도록 N:1의 관계로 접속된다.



[그림 1] 가입자 액세스 응용
[Fig. 1] Members Access Application

2.2 TDMA 프레임 구조

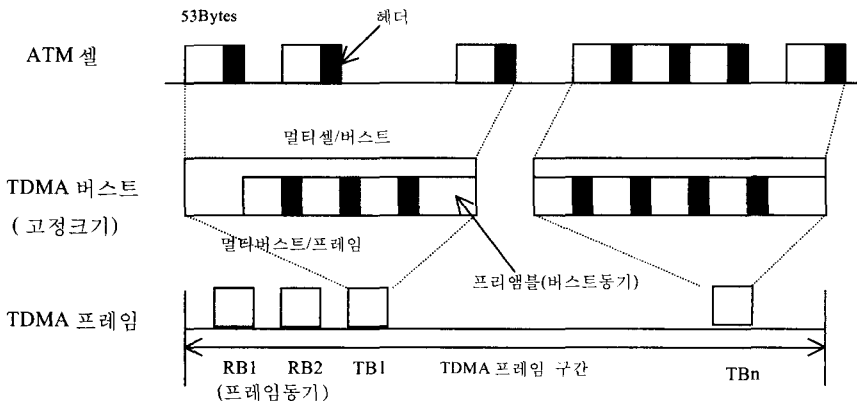
일반적으로 TDMA 프레임의 구조는 2개의 기준 버스트(RB: Reference Burst)와 n개의 트래픽 버스트(TB: Traffic Burst) 및 버스트 사이를 구별하는 가드 타임(Guard Time)으로 구성된다. [그림 2]에 TDMA 버스트 프레임 구조를 보이고 있다.

위성 TDMA 방식에서의 전송 단위가 되는 TDMA 버스트 크기와 ATM 의 전송 단위인 셀의 길이는 경우에 따라 일치할 수도 있겠지만, 버스트에는 고정 크기의 프리앰블 등의 부가 비트가 추가되어야 하는 부담이 있다. 따라서 버스트 크기를 작게 하기 위하여 버스트를 분할하게 되면 버스트의 분할로 인한 손실이 발생하게 되므로, 버스트의 길이는 고정시키고 해당 버스트 수를 가변으로 하는 방법이 주로 사용되고 있다. TDMA 버스트는 채널 효율을 높이기 위하여 프리앰블과 여러 ATM 셀로 구성되어 있으며 TDMA 버스트의 길이는 고정되어 있다. 요구에 의한 동적인 대역폭 할당 방법과 가변 전송 속도를 대처하기 위해서는 TDMA 프레임에 할당되는 TDMA 버스트의 수가 call-by-call로 가변적이어야 한다[3].

2.3 CDV 영향

CDV는 셀들이 망의 여러 부분(스위치, 다중화기, 중간 연결 시스템, 중단 장치 등)에서 다양한 여러 개의 소스로부터 다중화될 때 발생할 수 있으며 집중/분산의 척도라고 할 수 있다. 결과적으로 CDV 문제는 망을 거치면서 축적되어 질 수 있다. 이것은 특히 전달 지연과 CDV에 민감한 영상, 음성, 상호 교환성 서비스 등에 있어서는 치명적인 요인이 될 수 있다. 이들 각 서비스에 대한 CDV의 영향은 다음과 같다[1, 3].

- 영상 : 셀 지연 변이가 20-40ms 보다 크게 되면 영상 재생에 있어서 인식될 정도의 오류가 발생한다.
- 파일 전송 : 동기 오류에 의한 재전송을 필요로 하게 되며 그에 따른 처리율에 문제가 발생한다.
- 영상과 음성의 결합 서비스 : 이 경우에 영상과 음성신호의 정확한 동기를 필요로 한다. 그렇지 않을 경우 skew를 발생시킨다. Skew는 영상과 음성이 복합된 멀티미디어 서비스에서 그림과 음성이 동기화 되지 못함을 나타내는 것으로서, 영상과 음성 신호 사이의 동기화 오류를 발생시키게 되는데, coarse skew와 fine skew 등이 있다. Coarse skew는 영상과 음성 사이의 커다란 지연시간을 의미하며, fine skew는 입 모양과 음



[그림 2] TDMA 버스트 프레임 구조
[Fig. 2] TDMA Burst Frame Architecture

성과의 지연 시간을 의미하는 것으로 이들에 의해 영상과 음성 사이의 불일치를 발생하게 된다.

- 대화형 서비스 : 동기 오류는 재전송을 요구하게 되며 그에 따른 응답 시간의 불규칙성은 생산성을 저하시킨다.

2.4 CDV보상기법의 비교

ATM/TDMA 변환에 따른 CDV는 위성 TDMA를 경유하는 송수신 지구간의 셀 도착시간 혹은 셀 간격의 차이로 정의된다. 또 CDV의 발생 메커니즘이 지상망과는 달리 셀 트래픽을 TDMA 버스트화 함으로써 발생된다. CDV는 B-ISDN/ATM 셀 전송에 있어서 전체 QoS의 저하를 야기할 뿐 아니라, 수신국 지상망의 스위칭 노드에 장애를 일으킬 수 있으므로 이에 대한 보상이 필요하다.

ATM/TDMA 변환에 따른 CDV보상기법이 Leaky Bucket, 셀-비트, 타임스탬프 등의 여러 기법이 등장하였으며 그것을 정리하면 다음 <표 1>과 같다[4].

본 논문에서 제안한 가변 타임 스탬프 방식은 먼저 입력 트래픽을 제어 단위시간으로 구분하여, 그 시간 구간 내에 있는 일부 유효 셀에 타임 스탬프를 설정하고, 또 타임 스탬프를 최적화하여, 이들을 유효 셀 및 유효 셀 수 정보와 함께 TDMA 버스트에 실어 위성으로 보낸다. 한편 수신측에서는 먼저 타임 스탬프 부가 유효 셀들을 첨부 시각표에 따라 먼저 배열하고, 나머지 셀들은 해당 타임 스탬프 사이의 시간 구간에 균등하게 배열하여 목적지로 송출한다.

<표 1> ATM/TDMA 변환에 따른 CDV 방식비교
 <Table 1> CDV Method Comparison of ATM/TDMA

방법	특징	지연변이의 보상능력	항목A	항목B	항목C
Leaky Bucket	<ul style="list-style-type: none"> ○ 링크 시에 설정 파라미터에 따라 평균 전송으로 출력 ○ CBR을 전제로 한 보상 방법 	<ul style="list-style-type: none"> ○ CBR에 대하여서는 완전히 재현 가능 ○ VBR의 경우 큰 지연변이가 발생함 (일반적으로 요구품질을 만족 못함) ○ 최소 셀 간격에 대한 조건 준수 	없음	◎	◎
셀-비트	<ul style="list-style-type: none"> ○ 셀의 유무를 0과 1로 표시 ○ 트래픽 상태를 100% 정보화 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 입력시의 트래픽을 100% 재현 가능 	약 350 Kbps	△	○
타임 스탬프	<ul style="list-style-type: none"> ○ 셀의 입력시각을 부가하여 전송 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 입력시의 트래픽을 100% 재현 가능 	전송 속도의 약 4%	◎	△
의사 STM	<ul style="list-style-type: none"> ○ ATM신호를 의사적으로 STM 변환 ○ 최소 셀 간격 (Tmin)마다 타임 슬롯을 만들어 셀 전송 ○ 정보셀이 없을 경우 빈 셀을 타임슬롯에 할당함 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 최대 지연변이 = $T_{min}/2$ (64Kbps로 3ms에 상당) ○ 지연변이가 전송속도에 반비례 ○ 지연변이 분포에 $T_{min}/2$ 범위 내를 일반화 할 수 있음 	없음	◎	○
셀 간격 정보	<ul style="list-style-type: none"> ○ 소정의 시간간격 T_c마다 입력된 셀 수를 정보로 하여 전송 ○ 출력은 T_c/N간격으로 T_c마다 균등하게 출력 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 최대지연변이 $\leq T_c$ ○ 지연변이는 T_c에 의하여 제어 가능 ○ 지연변이의 분포는 시간 변동에 따라 평균값은 T_c보다 한단계 정도 적음 	5Kbp 정도	○	○

항목 A : 적용 시 새로 부가되는 정보량
 항목 B : 부호 오류 변화 등 이상 상태에서의 신뢰성
 항목 C : 하드웨어 구현의 용이성

3. 가변 타임 스탬프 방식의 CDV 보상

$$k\text{번째 셀의 CDV} = T_b + \frac{T_e - T_b}{N-1} \times (k-1) - k \quad (3.2)$$

3.1 타임 스탬프 최적화 유도

타임 스탬프 수 $N_b=2$ 인 경우를 가정하고 여기서 송신국 입력의 제어 단위시간 T_c 내에서의 k 번째의 셀 입력 시각을 $t(k)$ 라 하고, 수신국 출력의 T_c 구간 내에서 k 번째 셀 출력 시각을 $T(k)$ 라 표현한다. TDMA 버스트에는 입력 셀 수 N 인 셀 스트림의 처음과 끝 유효 셀의 타임 스탬프 정보를 T_b, T_e 라 하자. 여기서 기존의 타임 스탬프 방식처럼 출력 시에 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 고려한다. 이때, 제어 단위시간 T_c 내에 N 개 셀의 입력이 있을 경우, k 번째 셀의 송출 타이밍 $T(k)$ 는 다음 식 (3.1)과 같이 나타낼 수 있다[2, 5].

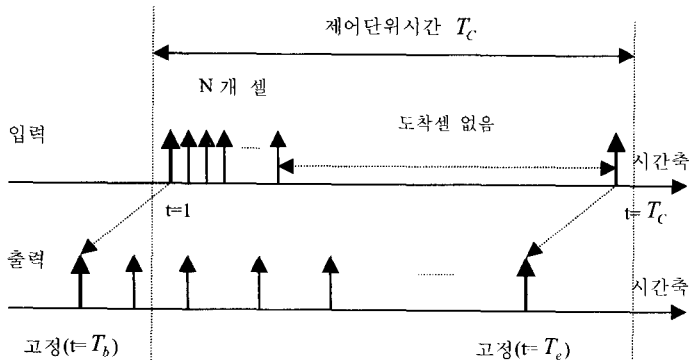
$$T(k) = T_b + \frac{T_e - T_b}{N-1} \times (k-1) \quad (3.1)$$

식(3.1)은 송신국에서 $t=k$ 때 입력된 셀이 수신국에서는 $T(k)$ 에서 재전송됨을 의미한다. 이와 같은 경우에 k 번째 셀의 CDV 값은 식(3.2)와 같이 표시할 수 있다.

$N_b=2$, 즉 2개의 타임 스탬프의 수신측에서의 송출 시간 설정 방법은 종래의 타임 스탬프 방법의 개념이라면 단순히 입력시의 T_c 구간 내에서의 최초와 최후의 입력 시간인 T_b 와 T_e 를 출력 시에 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 방법에 대해 고찰하기로 한다.

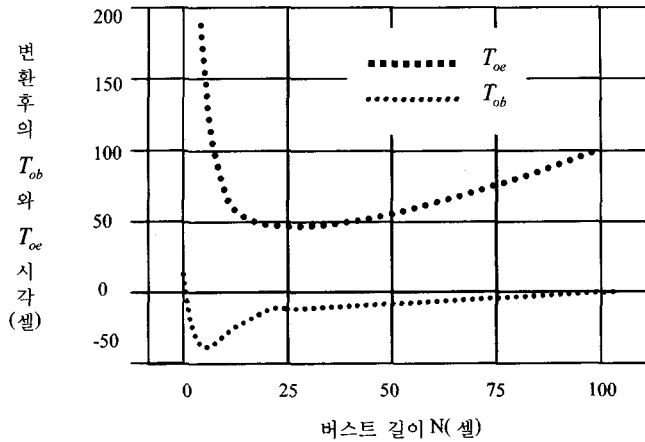
3.2 최적 타임 스탬프 범위의 조건

타임 스탬프의 최적화의 조건에 의하여 버스트 성이 강한 VBR 신호에 적용한 경우를 가정한다. [그림 3]에 나타낸 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 구한 최적화전의 처음과 끝 셀의 발생시각인 T_{ob} 와 T_{oe} 의 변동 상황을 [그림 4]에 나타내었다.



[그림 3] CDV를 최대로 하는 입력 패턴

[Fig. 3] Input Pattern with the Maximum CDV



[그림 4] 최악의 입력 패턴에서 최적 타임 스탬프의 변환($N_b=2$)
 [Fig. 4] TimeStamp Transformation of the Worst Input Pattern

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_{oc} 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 클러핑 현상을 초래할 위험성도 있다. 식(3.3)와 같이 최적 타임 스탬프가 T_c 구간을 벗어나지 못하게 하는 조건을 부가하여야 한다.

$$t(1) \leq T_{ob} \leq \frac{t(1)+t(N)}{2} \leq T_{oc} \leq t(N) \quad (3.3)$$

T_{ob} , T_{oc} 가 입력 스트림과의 셀 간격의 균형을 맞추어야 할 필요가 있을 경우에는 식(3.3)의 조건 내에서 입력 셀 스트림의 셀 간격을 유지할 수 있는 셀 위치즉, T_{ob} , T_{oc} 에 가장 근접한 입력 셀 위치에 그 값을 할당하고 나머지 셀은 그 사이에 균등하게 배열한다[6, 7].

3.3 가변 타임 스탬프의 CDV 보상과정

먼저 회선 설정시 서비스의 요구에 의해 발생된 타임 스탬프 설정 수 N_b (최소 2이상)를 정하고, 송

신측에서는 입력되는 셀 스트림을 정해진 제어 단위 시간 간격 T_c 마다 끊어서 이 간격 동안에 입력되어 지는 유효 셀과 유효 셀의 타임 스탬프를 저장하고, 유효 셀 수 N 을 계수한다. 그리고 설정된 가변 타임 스탬프 수 N_b 만큼의 유효 셀의 타임 스탬프를 선택한다. 이때 타임 스탬프는 최소한 2개 이상이며, T_c 구간 내의 처음과 끝 유효 셀의 타임 스탬프는 반드시 포함하며, 만약 N_b 가 3 이상인 경우의 나머지 타임 스탬프는 T_c 구간 내의 유효 셀 중에서 등 간격 순번으로 선택할 수 있다.

타임 스탬프 최적화는 서비스의 요구 품질에 따라 선택적으로 사용된다. 마지막으로 유효 셀과 함께 몇 개의 가변 타임 스탬프 (단순 가변 타임 스탬프 혹은 최적화된 가변 타임 스탬프) 그리고 유효 셀 수 정보 N 을 TDMA 버스트화 하여 위성 회선으로 보낸다.

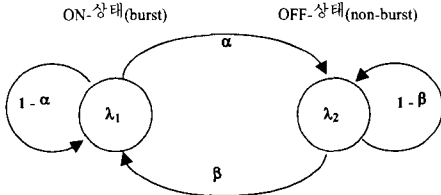
수신측에서는 송신측에서 보내온 총 유효 셀 수 N 을 확인하고, 처음과 끝 셀을 포함한 N_b 개의 타임 스탬프가 있는 셀을 타임 스탬프의 타이밍 정보에 따라 먼저 배치하고, 그리고 각 타임 스탬프 사이에 포함된 타임 스탬프가 없는 나머지 유효 셀들은 해당 타임 스탬프 사이에 균등한 간격으로 셀을 배열한다. 이때 $N_b=2$ 이면 유효 셀의 처음과 끝에만 타임 스탬프가 있는 경우가 된다.

4. 시뮬레이션 및 결과 고찰

4.1 MMPP 트래픽 모델 적용

B-ISDN은 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해 다양한 전송 속도를 지원한다. 이를 위하여 입력 트래픽으로는 다양한 전송 속도의 특성을 보이는 VBR 신호를 가정하였으며, 트래픽 모델로는 VBR 신호를 잘 표현하는 2-상태 MMPP 도착 모델을 사용한다. MMPP 도착 모델은 시간이 경과함에 따라 전송 속도의 변화가 심한 버스트성 트래픽을 정확하게 표현한다.

화상 압축과 같은 VBR 신호의 응용을 고려할 경우, 포아송 입력 모델 이상으로 버스트성이 강한 MMPP 모델로 평가할 필요가 있다. MMPP 모델은 도착률이 상태에 따라 다른 이중 스토캐스틱 포아송 프로세스로서, 패킷화된 영상압축 데이터 트래픽처럼 버스트(busy) 상태와 비버스트(idle) 상태 특성을 동시에 갖는 버스트 성의 트래픽 모델로 주로 사용된다. 2-상태 MMPP 모델의 상태 천이도는 [그림 5]와 같으며, MMPP 상태천이도의 대략은 다음과 같다.



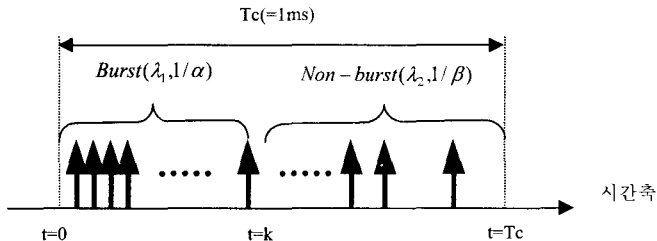
[그림 5] 2-상태 MMPP 도착 모델
[Fig. 5] 2-Status MMPP Arival Model

MMPP는 ON과 OFF의 두 가지 상태가 있는데, MMPP 모델은 두 상태 간을 왕래하는 특성을 가진다. 이 모델에서는 상태가 ON 혹은 OFF인지에 따라 셀이 λ₁ 혹은 λ₂의 도착율로 도착한다. 이때 ON 상태에서 OFF 상태로, 또는 OFF 상태에서 ON 상태로 변이할 확률은 각각 α 및 β 라고 할 때, ON과 OFF 상태의 평균 길이는 각각 1/α(평균 버스트 상태의 길이 L_{bur}), 1/β(평균 비버스트 상태 길이 L_{nbur})로 표시된다. 그리고 MMPP 모델의 평균 셀 도착율은 식(4.1)과 같다[8].

$$\text{평균셀 도착율} = \frac{\lambda_1 \frac{1}{\alpha} + \lambda_2 \frac{1}{\beta}}{\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta}} = \frac{\lambda_1 \beta + \lambda_2 \alpha}{\alpha + \beta} \tag{4.1}$$

[그림 6]은 일반적인 셀 스트림 모델 패턴을 나타내고 있다. [그림 6]은 T_c가 버스트 상태와 비버스트 상태로 항상 양분되어 있다는 의미가 아니고, 두 가지 상태가 α, β의 변이율에 따라 혼재하여 발생한다는 것을 나타낸다. 이 그림에서 화살표는 정보 셀이고, 수평선은 시간 축을 나타낸다.

본 논문에서는 MMPP 모델의 파라미터인 각 상태의 평균 셀 도착율인 λ₁, λ₂와 ON(burst), OFF(non-burst) 상태의 평균 길이인 L_{bur}=1/α, L_{nbur}=1/β 그리고 타임 스탬프의 수 N_{is}등을 변수로 하여 모의 실험하고, 가변 타임 스탬프 방식의 CDV 보상 특성과 성능을 평가한다.



[그림 6] 입력 셀 스트림의 모델 패턴
[Fig. 6] Model Pattern of Input Cell Stream

4.2 CDV 보상 모듈

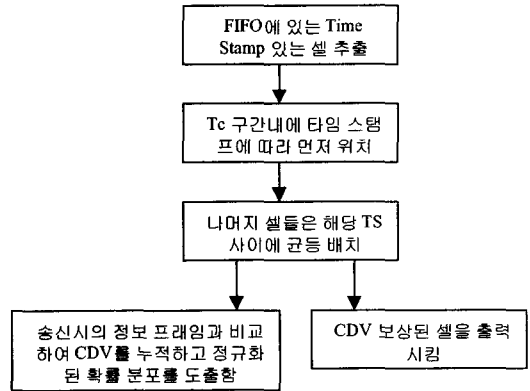
위성으로부터 수신된 TDMA 프레임은 먼저 제어 단위시간으로 구분하고, 입력 셀 수 N을 확인한다. 그리고 각 유효 셀을 읽어서 그것이 타임 스탬프 있는 셀이면 타임 스탬프를 삽입하여 저장한다. 셀 간격 조정 블록에서는 먼저 타임 스탬프에 따라 셀들을 배열한 다음 나머지 유효 셀들을 해당 타임 스탬프 사이에 균등 배열하여 수신측으로 보낸다.

CDV 보상 알고리즘의 모델링에 대한 파라미터는 다음과 같다.

- 타임 스탬프 수 N_s 와 CDV 보상을 위한 제어 단위시간 T_c : 채널이 형성될 때 미리 설정되어 있다.
- 셀 수 N 읽기
위성전송의 프레임 단위로 셀이 입력되고 T_c 단위로 셀이 구분된다. 셀 수를 계수하는 방식에서 제어 단위시간 T_c 가 셀 송출 간격에 영향을 주지 않도록 T_c 내에 셀이 도착하는 대로 입력한다.
- 유효 셀 확인
셀 헤더를 분석해서 유효한 셀이면 읽어서 FIFO로 보내게 되는데, 이때 이것이 타임 스탬프 있는 셀이면 타임 삽입 블록에 의해 타임 스탬프를 삽입하여 보내게 된다.
- $T_b, T_1, \dots, T_n, T_c$ 선택
본 블록에서는 T_c 내의 최초와 최후의 사용자 정보 셀과 나머지 균등 간격 타임 스탬프를 찾는 과정이다.
- 타임 삽입
유효한 셀이 타임 스탬프 부가 셀인지 아닌지 여부를 판단하여, 타임 스탬프 셀이면 이를 삽입하여 FIFO로 보낸다. T_c 내에 입력된 사용자 정보 셀 중에서 최선마다 주어진 모든 타임 스탬프를 셀에 설정함으로써 셀 타이밍 정보의 오류를 줄이고 CDV를 최소화 할 수 있다.
- 셀 간격 보상 및 검증
먼저 FIFO에 있는 타임 스탬프 부차 셀들을 T_c 내에 정해진 시각 위치에 배치시킨다. 각 타임 스탬프 사이에 있는 일반 타 셀은 타임 스탬프 사이에 시간적으로 균등하게 재배열한다. 모든 타임 스탬프 사이에서 이 과정이 반복된다. 이처

림 시간적으로 재배치되어서 CDV 보상된 셀들을 정해진 순서에 따라 송출한다.

한편 시뮬레이터는 송신측에서 사용된 트래픽과 CDV 보상된 출력 트래픽을 비교하여 각 셀의 변이의 차이를 누적 합산하고, 이를 정규화하여 CDV 발생 정도를 확률 분포로 도출해 낸다. 이를 요약하여 [그림 7]의 순서도에 나타내고 있다.



[그림 7] 셀 위치 보상 및 검증

[Fig. 7] Reparation and Verification of Cell Position

CDV 분포 폭을 해석하기 위하여 CDV에 직접 영향을 미치는 주요 MMPP 트래픽 파라미터들의 범위를 규정한다. 제어 단위시간인 T_c 는 1.0ms나 2/3ms로 설정하고, 버스트(ON) 상태에서의 평균 셀 발생률 λ_1 은 1.0, 가변 타임 스탬프 수인 N_s 는 2, 3 혹은 4로 설정하고, 그 외 나머지 파라미터 들은 변경하면서 실험하며, 실험 결과로 발생된 데이터를 이용하여 CDV 분포 폭을 유도하고 평가 해석한다.

또한 MMPP 입력모델이 CDV 분포 폭에서 ON 상태와 OFF 상태로 구분되나, OFF 상태에서도 작지만 λ_2 정도의 셀 입력이 존재한다. 본 실험에서 사용되는 파라미터의 설정은 아래와 같다[3, 8].

<표 2> 시뮬레이션을 위한 파라미터
 <Table 2> Parameter of Simulation

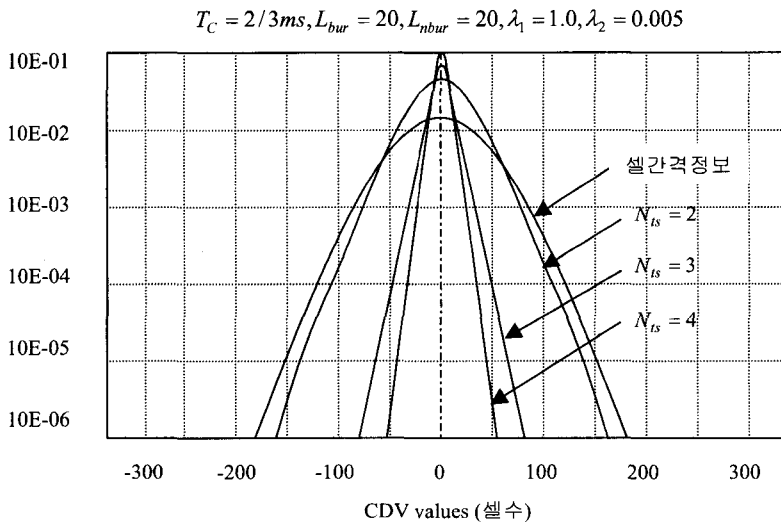
기호	의미	범위
T_c	셀 제어시간	1.0ms, 2/3ms
λ_1	ON 상태의 셀 발생률	1.0
λ_2	OFF 상태의 셀 발생률	가변(0.005, 0.05)
N	T_c 구간내 도착 셀 수	가변
N_{ts}	가변 타임 스탬프 수	가변(2, 3, 4)
$L_{bur}(1/\alpha)$	ON 상태의 길이	가변(10, 20)
$L_{bur}(1/\beta)$	OFF 상태의 길이	가변(10, 20)

4.3 시뮬레이션 결과 분석

4.3.1 N_{ts} 변화에 대한 CDV 분포 폭

[그림 8]은 제어 단위시간 T_c 를 2/3ms로, λ_1 을 1.0으로 설정하고 그 외 여러 입력 트래픽 변수 $L_{bur}=10$, $L_{nbur}=20$, $\lambda_2=0.005$ 로 했을 때, 셀 간격정보 방법과 N_{ts} 가 2, 3, 4인 경우의 가변 타임 스탬프 방식과의 CDV 보상 성능 변화를 비교하였다.

셀 간격정보 방식은 CDV가 약간 감소하는 정도이며 거의 변화를 나타내지 않는다. 반면 제안한 방식의 경우는 앞의 L_{bur} 가 클수록 CDV 폭이 줄어들음을 볼 수 있다.



[그림 8] N_{ts} 에 대한 CDV 비교 (II)
 [Fig. 8] CDV Comparison(II) about N_{ts}

즉, 유효 셀이 많아질수록 분포가 고르게 되기 쉬우며, 시간적으로 등간격에 가까울 가능성이 높아 CDV 발생 크기는 감소한다.

따라서, 셀 간격정보 방식은 버스트의 상태가 조금 증가하는 정도로는 발생 CDV에 거의 영향을 미치지 못하는 것을 알 수 있으나, 가변 타임 스템프 방식에서는 버스트 상태가 길어질 때 인식 가능한 정도의 개선 효과가 있음을 확인할 수 있다.

4.3.2 T_c 의 변화에 대한 CDV 분포 폭

[그림 9]는 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 가변 타임 스템프 방법이 성능이 나은 것으로 나타난다.

T_c 의 구간을 나눌 때 셀 간격정보 방식은 타임 구간 T_c 를 단순히 n 등분하므로, T_c 크기를 줄여 CDV를 감소시키는 효과를 나타내지만, 제안 방법은 T_c 구간을 시간간격으로 등분하지 않고 구간 내의 유효 셀 수를 기준으로 하는 논리적 등분 방법이므로, 등분 방법의 차이가 성능의 차이를 나타내는 것으로 나타난다. 거기다가 가변 타임 스템프 방법에서는 T_b

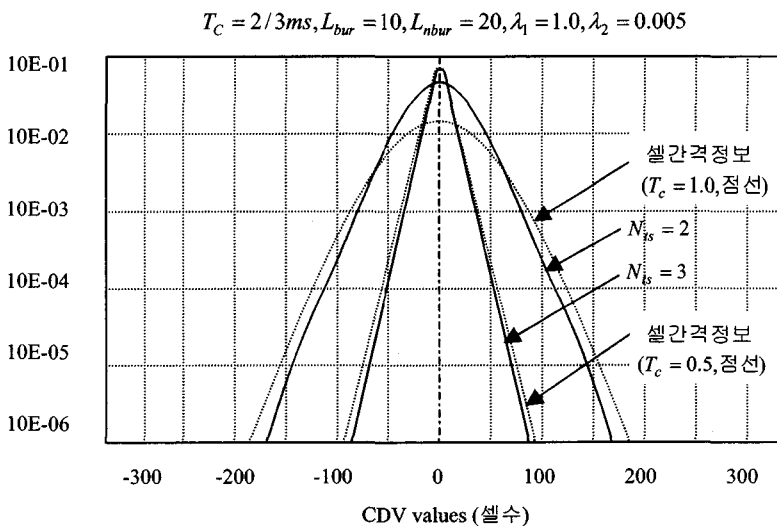
와 T_c 에 의해 이미 CDV가 추가적으로 더 보상되는 효과를 나타내기 때문에 성능이 효과적이다.

T_c 에 따른 성능 변화를 고찰해 보면 T_c 의 변화에 따라 CDV가 비례적으로 변화함을 알 수 있다. 이것은 T_c 의 길이가 길수록 셀의 변이가 크게 발생할 가능성이 커지고, 짧을수록 CDV 발생 폭에 대한 범위가 그만큼 제한받기 때문이다. 그러므로 CDV에 민감한 서비스의 경우에는 T_c 를 작게 설계하는 것이 바람직하다고도 볼 수 있다.

4.4 VBR 트래픽 CDV 보상 고찰

모의 실험에서는 T_c 를 1ms와 2/3ms로 하여 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. 모의실험 결과로부터 VBR 입력 트래픽에 대한 가변 타임 스템프 방식의 보상 기법 특성을 종합하면 다음과 같다.

- 타임 스템프 수 N_{ts} 가 증가하면 CDV 보상 효과는 급격히 개선된다. 실험 결과를 그래프로 표시하지는 않았지만, N_{ts} 를 $T_d/2$ 정도로 하면 거의



[그림 9] T_c 값에 대한 CDV 비교
[Fig. 9] CDV Comparison about T_c Value

입력 트래픽 타이밍 정보를 거의 완벽하게 재현할 수($C \Delta DV \cong 0$) 있다. 물론 이 경우는 유효 셀에 대한 타임 스탬프의 부가 정보가 부담이 될 수 있으나 서비스가 요구하는 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.
- L_{bur} 이 증가하면 즉, 트래픽 버스트 구간이 길어지면 T_c 구간에 유효 셀이 더욱 많이 도착하며 CDV 발생 크기가 작아질 가능성이 높게 나타난다.

가변 타임 스탬프 방식의 VBR 트래픽에 대한 CDV 보상 능력은 셀 간격정보 방식에 비해 우수한 성능을 나타낸다. 뿐만 아니라 N_{ts} 의 크기를 조정하면 기존의 '풀' 타임 스탬프의 재현 능력에 근접한 성능도 가능하다. 따라서 가변 타임 스탬프는 N_{ts} 를 조정하여 모든 서비스에 융통성 있게 대처할 수 있다.

5. 결론

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

제안된 방식은 위성 송신 지구국의 입력 셀의 트래픽을 제어 단위시간에 따라 나누고, 타이밍 정보를 구성하기 위해 구간 내의 유효 셀 중에서 정해진 수 만큼의 가변 타임 스탬프를 부가하여 송출하게 하며, 수신 지구국에서는 유효 셀과 함께 수신된 가변 타임 스탬프 정보를 이용하여 수신 지구국의 출력 셀 트래픽의 셀간 간격을 구성할 수 있도록 설계하였다. 또 이를 위해 2개의 타임 스탬프 사이에서 CDV의 크기를 최소화 할 수 있는 최적화 조건을 유도하였다.

본 논문에서 제안한 가변 타임 스탬프 방법을 기존의 셀 간격정보 및 '풀' 타임 스탬프 방법과 CDV 보상성능 및 위성회선 용량의 효율성 측면에서 비교

평가하였다. CDV 보상 성능을 비교하기 위해서는 CDV 분포 폭을 평가 기준으로 사용하여 해석적 방법 및 모의 실험을 통하여 분석하였으며, 위성 회선 용량의 효율을 비교하기 위해서는 부가 타이밍 정보가 위성 채널에 차지하는 정보량의 크기를 기준으로 분석 평가하였다.

셀 도착율 변화가 심한 VBR 서비스인 경우는 가변 타임 스탬프의 수에 따라 CDV 보상 성능에 많은 차이가 있음을 확인할 수 있었다. 2-상태 MMPP 모델의 트래픽 파라미터가 어떤 값으로 설정되더라도 가변 타임 스탬프 방식은 셀 간격정보 방법에 비해 항상 아주 우수한 CDV 보상 성능을 나타내고 있었으며, 입력 트래픽의 분포가 고를수록, 버스트 상태와 비버스트 상태의 셀 도착율 차이가 작을수록 CDV 분포폭이 줄어드는 것을 확인할 수 있었다. 또한 타이밍 정보를 나타내기 위한 부가 정보량의 크기를 비교하였다. 이는 위성 회선의 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, 가변 타임 스탬프 방법은 대상 서비스에 따라, 또 N_{ts} 의 크기에 따라 다르겠지만 거의 무시할 수 있거나, 최대 $N_{ts} = T_c/2$ 까지 응용 서비스의 요구에 따라 취사선택할 수 있다.

앞으로 제안된 가변 타임 스탬프 방식에 대한 타이밍 부가정보의 부호 오류에 대한 위성망의 안정성 해석과 신뢰성의 검증에 관한 연구가 추가로 이루어질 전망이다.

※ 참고문헌

[1] 김정호, 최경수, "TDMA 방식에서 포아송 입력과 MMPP 입력 모델에 따른 ATM 전송의 셀 지연변이 해석", 한국정보처리학회 논문지, 제3권 제3호, 1996. 5.

[2] 홍완표, 김정호, 나극환, "BISDN 서비스를 위한 위성 TDMA 방법의 ATM 접속 기술 연구", 한국기술사회지 제30권 제1호, 한국기술사회, 1997.2.

[3] M. Nakayama, et al., "A Satellite Communication Trans. Commun.", Vol. E80-B., No. 1, pp. 103-108, Jan. 1997.

[4] D. M. Chitre, T.R. Henderson, R. Kwan, K. Price, L.W. White, "Applications of Satellite Technology to Broadband ISDN Networks, Prepared for NASA Lewis Research Center under Contract NASA NAS3-25092", Mar. 1992.

[5] M. Fitch, "Dynamic ATM Satellite Networking, Communication Opportunities Offered By Advanced Satellite Systems - Day 2 (Ref. No. 1998/485)", IEE Colloquium on, pp. 8/1 -8/5, 1998.

[6] 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.

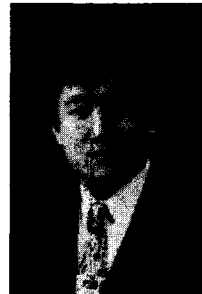
[7] H. Sato, M. Umehira, "A novel Buffer Scheme for ATM Cell Transport with Improved Cell Delay variation for Wireless ATM", PIMRC '96, IEEE, pp.928-932, 1996.

[8] S. Agnelli, P. Mosca, "Transmission of Framed ATM Cell Stream over Satellite; a Field Experiment", submitted to IEEE ICC'95, Jun. 1995.

[9] Y. Sagawa, K. Okada, "Adaptive Satellite Channel assignment Scheme in High-Speed ATM Data Communications", Glovecom'95, IEEE, pp.1652-1656, 1995.

[10] K. Okda, A. Ohta, M. Kawai, "A Study on Satellite TDMA system for B-ISDN Application", Proc. of APCC'93, pp.1-7, 92. 10.

김 정 호



1980년 경북대학교 공과대학
전자공학과, 공학사
1983년 경북대학교 대학원
전자공학과, 공학석사
1994년 단국대학교 대학원
컴퓨터공학과, 공학박사
1983년 3월 - 1996년 2월
한국전자통신연구소
(책임연구원, 실장)
1989년 정보처리기술사
1990년 공업계측제어기술사
1991년 정보통신기술사
1996년 3월 - 현재
국립한밭대학교
정보통신·컴퓨터공학부
교수
관심분야 : 데이터통신,
컴퓨터네트워크, 통신서비스

박 진 양



1982년 단국대학교
전자공학과 학사 졸업
1984년 단국대학교 대학원
전자공학과 석사졸업
1997년 단국대학교 대학원
전자공학과 박사졸업
1988년~현재
인하공업전문대학
컴퓨터정보과 교수
관심분야 : 컴퓨터통신,
컴퓨터시스템,
마이크로프로세서응용 등.