

CDV 보상을 위한 타임 스탬프 최적화 방법

정하재*

*한국전자통신연구원

Optimization Mechanism of Timestamps for CDV Compensation

Ha-jae Chung*

Electronics & Telecommunications Research Institute

E-mail : hjchung@etri.re.kr

요 약

ATM의 셀 트래픽을 TDMA 채널을 통하여 송수신하고자 할 때 ATM과 TDMA의 접속 및 변환과정에서 수신국에서 셀 지연 변이(CDV)가 발생하게 되는데, 이를 보상하기 위한 이산 타임스탬프 방식에 적용할 수 있는 최적화 방법과 이를 다중 타임스탬프 방식에 확대 적용하는 방법을 제시한다.

ABSTRACT

The difference of transfer mode between TDMA and ATM causes cell delay variation(CDV) to be generated in the receiving station. I proposed a optimization method of timestamps for discrete-timestamps mechanism to compensate CDV and an application method in multiple-timestamps mechanism.

키워드

셀지연변이, 타임스탬프, TDMA, 최적화

1. 서 론

종합정보통신망 구축을 위해 ATM 망에서 발생한 셀 트래픽을 위성이나 무선 LAN 등을 통하여 송수신하고자 할 때 많이 사용되는 전송 프로토콜 중에 하나가 TDMA 방식이다. 그림 1에 ATM 셀을 TDMA로 전달하고 변환하는 과정을 도식화하여 나타내고 있다.

TDMA 방식에서는 채널의 효율을 높이기 위하여 셀 트래픽을 그대로 TDMA 타임 슬롯에 할당하여 전송하지 않고, 빈 셀을 제외한 유효 셀만을 추출하여 송수신하는 것이 일반적이다. 그러나 ATM과 TDMA의 접속 및 변환과정에서 송신국은 TDMA 프레임 내의 사전에 할당된 위치에서만 셀 전송이 가능하므로 ATM 망에서 일어날 수 있는 셀 간의 충돌은 피할 수 있으나, TDMA 버스트의 셀을 수신국의 ATM 망에 그대로 전송한다면, 수신국에서는 송신국의 셀 도착 시각과는 다른 출력 셀 송출 시각으로 인하여 송신국의 입력단에 입력될 당시의 유효 셀의 간격이 더 이상 유지될 수 없다.

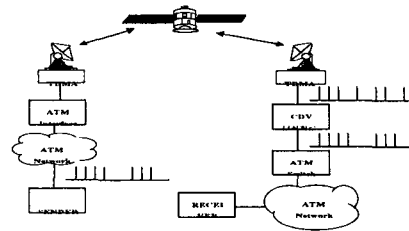


그림 1. ATM 셀의 TDMA 전달 개념도

이 결과가 수신국에서 셀지연변이(이하 CDV)가 발생되는데 이를 보상하기 위한 여러 방안 중에 하나가 다중 타임스탬프 방식이다. 본 논문에서는 이산 타임스탬프의 최적화와 이 개념을 확장한 다중 타임스탬프에 대해 기술한다.

II. 이산 타임스탬프

본 장에서는 2개의 타임스탬프로 수신국에서 CDV를 보상하는 이산 타임스탬프 방식을 설명하고 이때 2개의 타임스탬프 사이에 있는 유효 셀들을 등 간격으로 배열할 때 발생하는 CDV를 최소화하는 타임스탬프 최적화 방법을 유도한다.

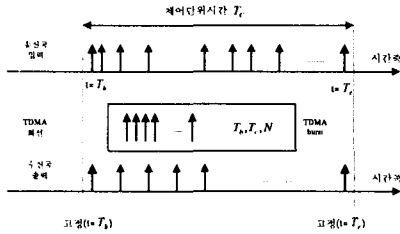


그림 2. 이산 타임스탬프 방식

이산 타임스탬프 방식은 송신국 입력의 셀 스트림을 일정 크기의 제어단위 시간으로 구분하여, 그 구간 내에 있는 셀 중에서 제일 처음 셀과 마지막 셀에 대한 타임스탬프와 제어단위 시간 내에 위치한 N개의 셀을 TDMA 버스트에 실어 보내며, 수신측에서는 TDMA 버스트를 통해 도착된 셀과 타임스탬프 부가 정보를 이용하여 타임스탬프가 있는 처음과 마지막 셀을 정해진 위치에 선정하고 나머지 셀들은 두 셀 사이에 등간격으로 셀을 위치하게 함으로 CDV를 보상하고자 하는 방법이다.

그림 2에서 송신국 입력의 제어 단위시간 T_C 내에서의 k 번째의 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 타임스탬프 정보를 T_b, T_e 라 하자. 여기서 기존의 타임스탬프 방식처럼 출력시에 최초와 최후의 셀 송출 타이밍을 타임스탬프 T_b, T_e 에 따라 고정하고, 그 이외의 셀은 최초와 최후의 타임스탬프 셀 사이에 균등하게 되도록 배치할 때 N개 셀 중에 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 송신국에서 $t=k$ 때 입력된 셀이 수신국에서는 $T(k)$ 에서 재전송됨을 의미한다. 이와 같은 경우에 k번째 셀의 CDV 값은 식 (2)로 나타낸다.

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

이때 CDV 분포 폭을 최소화하기 위한 타임스탬프의 최적화를 유도하는 방법은 다음과 같다. 먼저 수신국의 출력시에 발생하는 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 산출하면 된다. 평가함수 V 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 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)와 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 타임스탬프 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 입력시의 T_b, T_e 를 그대로 사용하면 완전히 CDV가 억제되게 되므로 식 (5), (6)의 적용은 $N \geq 3$ 인 경우에만 타임스탬프 최적화의 의미가 있다.

1. CBR 입력시의 보상 특성

CBR 신호에 대한 타임스탬프 최적화 방법을 평가하기 위하여 다음과 같은 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 N개의 셀이 있다고 가정하고 식 (7)을 식 (5)와 (6)에 대입한 후 CDV 요소 $\delta(k)$ 에 의해 타임스탬프 최적화에 영향을 미치는 항목만 따로 분리하여 정리하면 식 (8) 및 (9)로 표현된다.

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

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

식 (8), (9)로 미루어 볼 때, $\delta(k)=0$ 인 완전한 CBR 신호이면 $\Delta T_{ob} = \Delta T_{oc} = 0$ 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 시각과 동일하다.

$$T_{ob} = t(1) \quad (10)$$

$$T_{oc} = t(N) \quad (11)$$

2. 최적 타임 스탬프 범위의 조건

식 (5), (6)에서 유도한 타임 스탬프의 최적화의 조건을 고찰한다. 버스트 성이 강한 VBR 신호에 적용할 경우, 그림 3에 나타낸 것과 같은 최악의 버스트적인 트래픽이 입력한 경우에 대하여 버스트 부분의 셀 수 N을 파라미터로 하여 식 (5), (6)에서 구한 T_{ob} 와 T_{oc} 의 변동 상황을 그림 4에 나타내었다.

여기서 $T_c = 200$ 셀 간격으로 계산하였다. 이 결과에서 T_{ob} , T_{oc} 가 구간 $[1, T_c]$ 를 넘어서 위치하게 되는 경우도 있는 것을 알 수 있다. 그러나 이러한 상황은 자기 T_c 구간을 벗어나 전후의 T_c 구간에 셀을 출력하게 되므로 또 다른 문제를 발생하게 된다. 따라서 식 (5), (6)에다가 식 (12)와 같이 최적 타임 스탬프가 T_c 구간을 벗어나지 못하게 하는 조건을 추가하여야 한다.

$$t(1) \leq T_{ob} \leq \frac{t(1) + t(N)}{2} \leq T_{oc} \leq t(N) \quad (12)$$

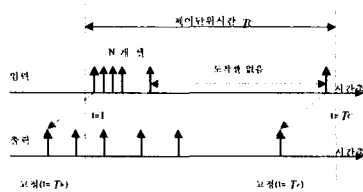


그림 3. CDV를 최대를 하는 입력 패턴

T_{ob} 및 T_{oc} 가 이 영역을 초과한 경우에는 이 범위 내에서 식 (5), (6)에서 얻어진 T_{ob} 및 T_{oc} 에

가장 가까운 값을 할당하도록 한다. 또 T_{ob} , T_{oc} 가 입력 스트림과의 셀 간격의 균형을 맞추어야 할 필요가 있을 경우에는 식 (12)의 조건 내에서 입력 셀 스트림의 셀 간격을 유지할 수 있는 셀 위치 즉, T_{ob} , T_{oc} 에 가장 근접한 입력 셀 위치에 그 값을 할당하고 나머지 셀은 그 사이에 균등하게 배열한다.

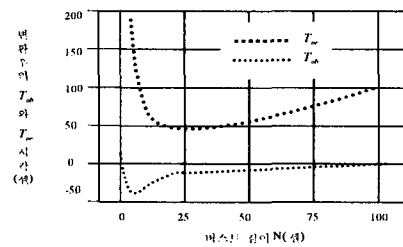


그림 4. 최악의 입력 패턴에서 최적 타임 스탬프의 변환

III. 다중 타임스탬프의 최적화

1. $N_{ts} = 3$ 인 경우의 최적화

앞에서 타임 스탬프의 최적화는 2개의 타임 스탬프 사이에 유효 셀이 하나 이상 있는 경우를 가정하였다. 본 장에서는 타임 스탬프가 3개 이상인 다중 타임스탬프를 사용하는 경우에 T_b 와 T_c 사이에 위치하는 셀에 대해 타임 스탬프를 최적화하는 방법을 제시한다. 그림 5와 같이 T_c 내에 입력된 셀의 타임스탬프를 각각 T_b , T_m , T_c 라 하자.

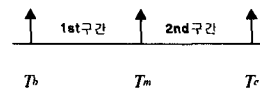


그림 5. 제어 단위시간 내에 세 개의 타임 스탬프

앞에서 기술한 최적화 방법을 이용하여 첫째 구간을 최적화하여 구해진 최적 타임 스탬프를 T_{ob} , T_{om1} 라 하고, 그림 5의 두 번째 구간에서 구해진 타임 스탬프를 T_{om2} , T_{oc} 라 한다. 이때 T_{ob} 와 T_{oc} 는 식 (12)의 조건을 만족하는 범위에서 T_c 구간내의 처음과 끝 셀의 타임 스탬프로 설정한다.

한편 T_{om1} 과 T_{om2} 는 T_m 에 대한 각 구간의 최적화 값으로 입력이 CBR 트래픽인 경우를 제외

하면 2개의 타임 스탬프가 일치하는 경우를 기대하기 힘들다. 따라서 이때 T_m 의 최적화된 타임 스탬프는 $T_{om}=(T_{om1}+T_{om2})/2$ 로 정의한다. 이는 양쪽 구간의 최적화 요구를 동시에 만족시킬 수가 없으므로 가운데 값을 취하는 것이 바람직하기 때문이다.

2.. N_{ts} 가 4 이상인 경우의 최적화

그림 6과 같이 $N_{ts}=4$ 인 경우에는 최적화 처리가 되어야 하는 구간이 3개 존재하며, N_{ts} 가 2, 3인 경우와 마찬가지로 모든 타임 스탬프의 최적화 값이 T_c 구간을 벗어나 위치하게 되어서 안 된다. 즉 타임 스탬프의 전제 조건인 식 (12)는 언제나 만족되어야 한다. $N_{ts}=3$ 의 경우와 마찬가지로 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. 이후는 $N_{ts}=3$ 의 경우처럼 구간구간의 최적화 값을 산출하여 하나의 타임 스탬프에 대한 최적화 값이 두 개씩 존재하게 될 때 이 값들의 평균치로 최적화 값을 정의하면 된다. N_{ts} 가 5 이상인 경우도 같은 방법으로 확대 적용이 가능하겠다.

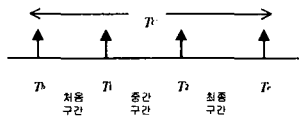


그림 6. 제어 단위시간 내에 네개의 타임 스탬프

IV. 결 론

본 논문에서는 먼저 ATM 셀 트래픽을 TDMA 채널을 통해 전달할 때 수신국에서 송신국 입력 때의 셀간격 정보의 분실로 인해 발생하는 셀지연변이를 보상하기 위해 사용되는 이산 타임스탬프 방식의 타임스탬프를 최적화하는 방법을 유도하고, CBR 셀 트래픽에 대한 보상 특성을 고찰하였으며, 버스트성이 심한 VBR에 적용할 때 발생할 수 있는 최악의 입력 패턴을 가정하여 최적화를 위한 전제 조건도 찾았다. 또 이 방식을 다중스탬프에 확대 적용하는 방안을 제시하였으며 다중 타임스탬프 방식의 CDV 보상에도 적절한 방법이 될 것으로 기대된다. 최적화를 다중 스탬프에 확장 적용시에 기대되는 성능의 효과분석

을 위한 모의실험이 진행 중에 있다.

참고문헌

[1] H.C. Kim, et al., "A New ATM/TDMA of Satellite Conversion Algorithm with CDV Compensation," Proc. of MDMC'96, pp.580-583, 1996.
 [2] A. Ohta and K. Okada, "Protocols to Accommodate Asynchronous Transfer Mode Cells in Satellite TDMA Links," Electronics and Communications in Japan - Part 1, Vol. 78, No. 9, pp. 38-48, 1995.
 [3] Atsushi Ohta, Kazuyasu Okada and Hideki Mizuno, "Performance Evaluation of ATM/TDMA Conversion Protocol by Using MMPP Arrival Model", NTT Wireless Systems Lab., 1994
 [4] 김정호, 최경수, "TDMA 방식에서 ATM 전송을 위한 셀지연변이의 보상 해석", 정보처리학회논문지 제3권 제2호, pp-295-304
 [5] 홍재환, ATM 망에서 셀 지연과 CDV 발생요소, 한국전자통신연구원 기술문서, 1998.10