

# TDMA 방식에서 ATM 전송을 위한 셀 지연 변이의 보상 해석

김 정 호<sup>†</sup> · 최 경 수<sup>††</sup>

## 요 약

여러가지 미디어를 통합하여 처리가 가능한 광대역 ISDN의 서비스 전개를 조기에 경제적으로 실현하기 위해서는 지상망과 위성망을 조합한 시스템을 구축하는 것이 필요하다. 이러한 위성을 이용한 전송방식으로는 다양한 지역에 산재한 사용자를 효율적으로 수용 가능한 TDMA 방식이 활용되고 있다. 그러나 동기 방식인 위성 TDMA 회선과 비동기 전송 모드인 ATM을 이용하는 지상망의 접속에 있어서는 셀 지연 변이로 대표되는 ATM 전송품질의 열화가 큰 문제로 된다. 따라서 비동기 전송에 대응 가능한 지연 변이의 보상 방식이 필요하게 된다. 이 ATM과 TDMA 간의 변환에서는 지연 변이의 최대 효율을 요구값 이하로 억제하고 전송 셀의 버스트 특성이 증가하지 않는 조건으로 위성회선을 효율적으로 이용하는 방법 등이 연구되고 있다. 본 논문에서는 우선 지상망에서 검토되고 있는 타임 스탬프(time stamp) 방식을 지연 변이 보상 방법으로 위성회선에 적용한 경우의 문제점을 해석하였다. 그리고 이를 해결하기 위한 이산 셀 계수 방식을 제안하여 셀 전송 타이밍 정보의 전송용량과 오류율을 해석하였다. 또한 셀 전송 타이밍 정보에 부호 오류가 일어난 경우에도 시스템은 안정되게 동작하고 신뢰성이 검증되어 제안된 보상 방법이 우수함을 알 수 있었다.

## Compensation Analysis of Cell Delay Variation for ATM Transmission in the TDMA Method

Jeong Ho Kim<sup>†</sup> · Kyung Soo Choi<sup>††</sup>

### ABSTRACT

To provide economical BISDN service, with which integration process of many types of media is possible, it is necessary to construct a system with ground network and satellite network combined. The method for this type of transmission using satellite is TDMA that can provide services to many users in various area. However, the most difficult task to connect TDMA which uses synchronous method to ATM which uses asynchronous transfer mode is the deterioration of ATM transmission quality such as cell delay variation. Therefore, it is necessary to develop delay variation compensation method which can confront to the ATM. Efficient ways to use satellite links under the conditions such that maximum efficiency of the delay variation is limited under the required value, and the

<sup>†</sup> 종신회원: 대전산업대학교 전자계산학과 교수

<sup>††</sup> 종신회원: 한국전자통신연구소, 지상시스템연구부/책임 연구원

burst characteristic of transmission cell does not increase are being researched for translation between ATM and TDMA. This paper points out the problems when time stamp method, reviewed in ground network, is applied to the satellite links to compensate the delay variation. To solve the problems, discrete\_cell count method is introduced along with the calculation of transmission capacity and error rate. Also, from the observation of stability of the system and verification of reliability even when signal error occurred in the cell transmission timing information, the proposed compensation method appeared to be excellent.

## 1. 서 론

고정밀 영상 통신, 고속 데이터 통신 등의 여러가지 미디어를 통합적으로 취급하는 광대역 ISDN(BISDN: Broadband Integrated Services Digital Network)을 조기에 실현하기 위한 방법으로 BISDN 망과 위성회선의 연동에 대한 연구가 필요하다. 위성회선의 적용은 주요 도시간에 구축되는 지상 BISDN 망에서 고품질 사용자를 일괄하여 수용이 가능하며 수요 예측이 곤란한 BISDN 망을 유연하게 구축 가능한 점 등의 이점을 갖는다. 이 위성망에서는 다양한 지역에 산재하는 사용자를 유연하게 수용 가능한 다원 접속 방식으로 TDMA(Time Division Multiple Access)방식이 적용되고 있다[1, 2].

한편, BISDN에서는 여러가지 전송속도 및 전송품질에 대응하기 위해 비동기 전송 모드(ATM: Asynchronous Transfer Mode)가 적용된다. 이 ATM에서는 53 바이트의 고정 길이 패킷인 셀을 이용한 비동기 전송이 수행되며 회선의 전송속도는 단위시간내에 전송되는 사용자 정보 셀 수가 아닌 셀의 전송간격에 의해 표현된다. 이 결과로서 고정 비트율(CBR: Constant Bit Rate)신호뿐만 아니라 시간적으로 전송속도가 변하는 가변 비트율(VBR: Variable Bit Rate)신호도 전송 가능하게 된다. VBR신호의 다중화에 있어서는 VBR신호의 버스트 입력의 충돌 확률을 통계적으로 제어하고, 최대 전송속도 이하의 대역을 할당하므로써 전송로를 유효하게 활용할 수 있다. 그러나 이 유연성은 전송품질의 열화를 초래하는 원인이 될 수 있으므로 ATM의 운용에 있어서는 전송 품질을 보증할 수 있어야 하는 것이 절대조건이다. ATM에서 문제가 되는 전송품질로서는 셀 손실율, 전송 지연, 셀 지연 변이 CDV(Cell Delay Variation) 등이 있다[3]. 위성회선을 사용하는 경우에 있어서는 이들이 전송 품질에 미치는 영향을 해석하여야 한다.

우선, 지상망에 있어서의 셀 손실율의 원인은 전송로 고장시의 부호 오류를 열화를 제외하면, 노드에서의 버스트 충돌에 의한 버퍼의 오버플로우가 주요 원인이 된다. 그러나 위성 TDMA 회선에서의 대역 관리의 지상망과 다르며 회선마다 독립적으로 고정된 대역이 할당되어 있으므로 버스트 충돌에 의한 셀 손실은 발생하지 않는다.

다음에 전송지연에 관한 문제는 지상망과 위성망에서 근본적으로 다르다. 광 파이버를 사용한 지상망과 위성회선의 전송지연은 특성과 원인에서 차이가 있다. 따라서 실시간이 요구되는 일부 미디어에 대해서는 위성회선의 라운드 트립 등의 전송지연이 장애가 되는 경우가 있다. 예를 들면, 분산형 컴퓨팅에 적용하는 경우에는 타이머값 등 제어 파라미터의 설정 변경 등의 위성회선의 적용을 근거로 한 시스템의 재검토가 필요하게 된다. 본 논문에서는 이러한 지연 품질에 그다지 민감하지 않은 미디어를 취급하는 경우를 대상으로 검토한다. 그리고 셀 지연 변이는 노드에 있어서의 버스트 충돌, 송수신 단말 버퍼의 오버/언더플로우 등의 원인이 되므로 품질 요구조건을 만족하도록 CDV를 억제하지 않으면 안된다[3, 4]. 지상망에서는 교환 노드에의 버스트 충돌을 피하기 위하여 대기처리를 하고 있지만, 이 대기시간의 변이에 기인하여 CDV가 발생한다. 위성회선에서 ATM 셀을 전송하는 경우에도 위성회선을 단순한 리피터로 사용하는 경우 또는 랜덤 액세스로 전송하는 경우를 제외하고는 대기처리하는 시간에 변이가 나타나지만 여기서 발생하는 지연의 변이폭이 지상망에서 발생하는 변이폭에 비교하여 크기 때문에 CDV가 커다란 문제로 된다. G. Gallassi, T. C. Hou 등의 연구에서 위성 회선에서 셀 전송에 따른 큐잉 모델을 설정하여 셀 도착에 따른 대기 시간을 유도하여 셀 전송 타이밍 정보의 전송 용량을 검증하였다[4, 5]. 또한, CDV 보상 문제는 지상망에 있어서는 품질기준이 엄격한

CBR 신호를 중심으로 검토되고 있으며, CDV 보상 방식으로서 타임 스탬프 방식 등이 제안되고 있다[1, 3, 4]. 그러나 위성상과 지상망에서는 CDV가 발생하는 메카니즘이 다르며 배경이 되는 조건도 크게 다르기 때문에 새로운 CDV 보상 방식이 요구된다.

이와같이 ATM의 전송품질과 이를 위성회선의 TDMA 방식에 적용할 때의 문제점을 검토하고 위성회선의 특징을 고려한 CDV의 보상 방법으로 새로운 이산 셀 계수 방법을 적용하여 셀 전송 타이밍 정보의 전송용량과 오류율을 해석하고 이의 안정성을 검증하였다.

## 2. ATM에서 위성 TDMA 회선의 적용

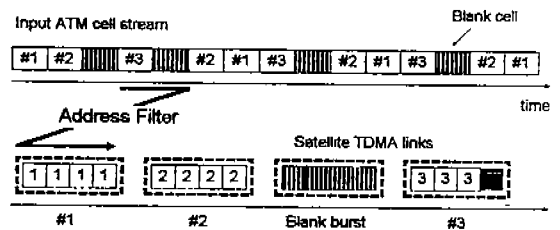
### 2.1 ATM/TDMA 변환에 의한 셀 지연 변이

주파수 자원이 유한한 위성회선의 운용에 있어서, 회선의 효율적인 운용이 필수조건이다. 서비스 영역 전체를 하나의 빔 영역으로 취급하는 종래의 싱글빔 방식에 비해, 전 서비스 영역을 복수의 영역으로 분할하여, 각 영역을 고이득 스폿빔 안테나로 방사하는 멀티빔 방식을 적용하여 155 Mbit/s의 고속 전송이 가능하게 된다. 이 위성회선의 유효한 이용을 위해서는, 중계기를 특정한 간격으로 점유하는 전용선과 같은 이용 형태뿐만 아니라, 복수 사용자가 대역을 공유하여 필요에 따라 임의의 전송용량을 사용하는 온디맨드(on demand)형의 이용 형태를 실현할 필요가 있다. 이 경우 위성회선의 다원접속방식으로 랜덤 액세스형의 알로하(aloha) 방식이나, 요구할당 방식인 TDMA 방식 등을 고려할 수 있다[1, 2, 5].

ATM인 경우, 고속 전송을 목적으로 패킷 통신에 대하여 통신 프로토콜을 단순화하였으므로, 네트워크로서는 재송 제어를 수행하지 않는다. 따라서 랜덤 액세스형의 제어는 ATM의 비동기성에 의해 잔류 데이터 전송이 가능하다는 점에서 이상적이지만, 재송 제어를 처리하지 않으며, 또한 화상 전송에서 요구되는 셀 손실율(예를 들면 10E-9이하)을 달성하기 위해서는 위성회선의 처리율을 내려야 할 필요가 있다. 반면 대역 요구시에 고정적으로 할당하는 TDMA 방식을 이용하면, 재송 제어가 없이 80% 이상의 높은 회선효율의 실현이 가능하다.

그러나, 이러한 TDMA 방식은 다원 접속을 목적으로 한 동기 전송 모드(STM: Synchronous Transfer

Mode)의 일종이며 ATM의 비동기성을 유지하는 전송은 불가능하다. 그림 1에 TDMA 방식에 의한 ATM 셀의 전송 예를 나타내었다. 송신측에서는, 셀의 헤드를 참조하여 사용자 정보 셀만을 검출하여 호출할 때마다 복수 셀로 묶어 TDMA 버스트로 전송한다[2, 5-7]. 이 처리에 의해 입력시의 사용자 정보 셀의 전송 간격은 없어지고, CDV가 발생하게 된다. 이 CDV 보상 기능은 CBR 신호뿐만 아니라 VBR 신호에 대해서도 충분히 보상 가능하여야 한다. CDV는 국소적으로 송출 셀 간격이 물리고 순간적으로 클럼핑(clumping)의 발생과 버스트 특성이 증가하므로 이의 완화에 따른 CDV 분포폭의 증대라는 문제가 있다. CDV에 대한 요구품질은 미디어에 따라 크게 다르지만, 버스트 특성의 증감에 따라 그 영향은 크게 다르며 각 미디어에 대해 품질의 요구값이 다양하게 규정된다.

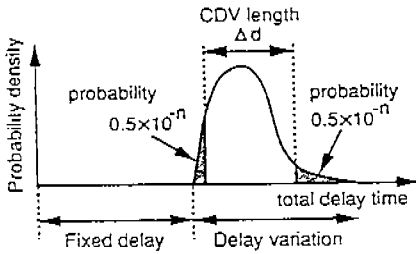


(그림 1) ATM/TDMA의 변환 과정  
(Fig. 1) ATM/TDMA conversion system

우선, 클럼핑이 발생하면 네트워크에 순간적으로 설정값 이상의 셀이 입력된 경우처럼 교환 노드에서 버퍼가 오버플로우를 일으키며 사용량 파라미터 제어(UPC: Usage Parameter Control)에 의해 엄격하게 감시하게 된다. 여기서 CDV는 CDV의 절대값이 아닌 CDV의 누적값  $\tau$ 가 된다. 이  $\tau$ 의 설정값은 현재 표준화를 위한 논의가 진전되고 있지만, 각 노드에서 버퍼 크기에 주는 영향을 억제하기 위해 적은 값으로 설정될 것으로 예상된다[7].

한편, 버스트 특성이 완화되는 경우에 네트워크측에서는 커다란 영향을 주는 일은 없지만, 수신 단말측에서 CDV의 분포폭이 문제가 되어 버퍼의 언더플로우의 원인이 될 수도 있다. 그림 2에 CDV 분포폭의 품질규정 방법을 나타내었다. 지연 시간중에는 전

송 지연 및 교환 노드에서의 처리 지연 등의 고정 부분과 대기 시간의 차이에 따른 변이 부분이 포함되어 있지만, 이 변이의 경사 부분이  $10E-n$  으로 되는 CDV값의 폭  $\Delta d$ 를 사용하여 ( $n, \Delta d$ )의 조합으로 CDV 분포폭에 관한 요구 품질이 규정된다[1,7].



(그림 2) CDV의 품질 규정  
(Fig. 2) Definition of cell variation length( $\Delta d$ )

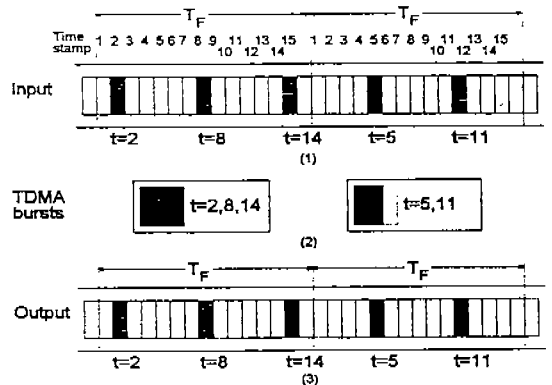
<표 1> 각종 미디어의 요구품질  
(Table 1) Requirement specification of various media

미 디 어	지연	셀 손실율
음성	PCM, ADPCM	$10^{-3}$
화상	고능률부호화	$10^{-9}$
	표준TV, 계층부호화	$10^{-6}$ 이하
데이터	컴퓨터통신	600ms
	파일전송	수초

요구 품질에서 네트워크측의 ( $n, \Delta d$ )의 규격은 아직 정해져 있지 않지만, 역으로 단말의 입장에서 본 미디어에 따른 엔드 투 엔드(End-to-End)의 요구 품질값을 표 1에 나타내었다. 이 CDV의 위성망에 대한 값 등은 미정이지만, 지상망의 경우 경로 구간을 최소로 하여 점유하는 노드 수의 최소화나 수신 단말측의 버퍼 크기를 크게 하여 1~2 ms 정도까지의 CDV 분포폭은 위성망에서도 허용될 수 있을 것이다.

이상과 같은 고찰에 따라 본 논문에서는 CDV의 품질 목표값으로서 클럼핑에 관한 CDV의 누적값인  $\tau$ 를 수십셀(약  $100\mu s$ ) 정도로 VBR 신호에 대한 CDV 분포폭의 값은 1~2ms로 설정하여 해석하였다.

일반적으로 CDV는 CDV 분포폭인  $\Delta d$ 에 상응하는 절대 지연에 의해 취급한다. 입력시 셀 전송타이밍을 정확히 파악하고 있는 경우, 출력에서 발생하는 CDV 분포폭에 상당하는 시간만큼 전체를 버퍼로 지연시키고, 그 후에 입력시의 셀 전송타이밍에 따라 송출 제어를 하면 입력시의 트래픽 상태를 재현할 수 있다 [8]. 이의 해석으로 입력 트래픽 상태의 처리로서 지상망에서는 사용자 정보 셀마다 입력 시각을 기록하는 타임 스탬프 방식이 제안되고 있다. 이것을 위성 회선에 적용한 경우의 동작을 그림 3에 나타내었다. 이 그림에서 (1)은 송신국으로의 입력 트래픽, (2)는 위성 TDMA 회선에서의 TDMA 버스트에 수용되는 정보, (3)은 수신국에서 CDV 보상제어를 실행한 후에 지상망으로 출력되는 출력 트래픽을 각각 나타내고 있다. 여기서 작은 네모 표시는 입력 셀을 표시한다. 입력 셀의 예는 복수의 호 셀과 비어있는 셀이 혼재하고 있으며 셀의 헤드를 이용하여 호의 사용자 정보 셀을 식별하여 처리한다.



(그림 3) TDMA 링크에서의 타임 스탬프 방법  
(Fig. 3) Time stamp method in satellite TDMA links

입력으로 들어오는 호에 대하여, 제 1 프레임은  $t=2, 8, 14$ 의 시간에, 제 2 프레임은  $t=5, 11$ 의 시간에, 각각 3 셀과 2 셀이 입력되고 있다. 송신측에서는 입력된 셀열에 대해 사용자 정보셀마다 입력시각을 타임 스탬프 정보로서 기록하고 수신측에서는 이 정보를 근거로 셀 송출 타이밍을 제어하게 된다[8,9].

위성회선에서 타임 스탬프 방식에 의한 CDV 보상을 해석할 경우의 문제점을 다음에 기술하였다.

(1) 셀 전송 타이밍 정보의 전송용량

위성회선의 경우, 사용 가능한 주파수 대역이 유한하기 때문에 위성회선의 효율적인 이용은 필수 조건이다. 따라서 타임 스탬프 방식을 TDMA 방식에 적용한 경우 셀 입력 위치를 타임 스탬프 정보로서 이용하기 위해 TDMA 프레임 주기를 20 ms로 하면 53 바이트의 셀 당 약 2 바이트 정도의 정보량이 필요하게 된다. 이것은 전송속도의 약 4%에 해당하며 155 Mbit/s 전체로 보면 약 6 Mbit/s가 된다. 이는 위성회선에서는 무시할 수 없는 커다란 전송용량의 손실로 발생한다.

(2) 부호 오류를 고려한 시스템의 신뢰성

타임 스탬프 정보의 부호 오류는 셀의 헤드 오류와는 달리 타임 스탬프 정보의 보상이라는 형태로 처리해야 한다. 이때, 셀 도착 순서의 역전이 발생하는 것은 허락되지 않는다[10, 11]. 또한 헤드 오류 등에 의한 셀 손실시에는 타임 스탬프 정보를 줄일 필요가 있다. 그리고 각 지구국마다 타임 스탬프 정보는 완전 동기계가 아닌 지구국마다의 오프셋 값을 부가하여 송출 타이밍이 확정된다. 이런 조건하에서 셀의 타임 스탬프 정보의 부호 오류 검출을 수행하고 부호 오류 시 및 셀 손실시에 유연하게 대처하기 위해서는 막대한 양의 전송 처리를 수행하는 소프트웨어 처리가 요구된다. 특히, 타임 스탬프 정보가 버스트적으로 연속하여 틀릴 경우 등을 고려하면 처리 시간은 급격히 증대하며 시스템의 안정된 운영에도 문제가 된다.

3. 위성망에서 ATM 셀 전송방식 제안

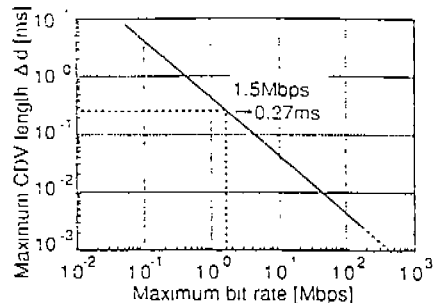
3.1 셀 전송 타이밍 정보의 해석

ATM 셀 전송에서 타임 스탬프 방식은 기본적으로는 셀 전송 타이밍에 관한 정보를 그대로 취급하는 것을 기반으로 한다. 따라서 위성망에서의 새로운 셀 전송타이밍에 대한 다음의 방식을 제안하고 이를 해석한다.

입력 셀에서 사용자 정보 셀의 유무를 호마다 "0"과 "1"을 사용하여 기술하면 셀 전송 타이밍 정보량

이 1 회선마다 약 350 Kbit/s 정도(155 Mbit/s의 전송로인 경우) 필요하게 된다. 따라서 이 정보량을 압축할 목적으로 M 셀(시간 Tc)마다 입력된 사용자 정보 셀을 셀 간격이 Tc/M 로 되도록 단등하게 배치한다 [12, 13]. Tc내에서의 송출 위치의 상대적인 변이량은 필연적으로  $\pm Tc$  이하( $\Delta d < 2Tc$ )가 되며, 요구품질에 따라 Tc를 설정하면 CDV 분포폭의 제어가 가능하다. 그러나, 이 방식에서는 임의로 CBR 신호를 상정한 경우라도 Tc가 CBR 신호의 셀 간격의 정수배로 설정되어 있지 않는한, 주기성의 불일치에 의해 Tc마다의 입력 셀 수 M은 매회 일정하다고는 할 수 없다. 이러한 제어의 경우 입력 셀 수 M의 변화는 결과적으로 클러핑의 원인이 된다[14].

이 클러핑에 의한 CDV의 누적값  $\tau$ 는 1.5 Mbit/s의 회선을 가정한 경우라도 300  $\mu$ s 정도로 되며, CDV 품질 요구값인 100  $\mu$ s를 초과하게 된다. 따라서 본 논문에서는 이를 개선하기 위하여 Tc를 가변으로 하고,  $[Tc = \text{최소셀간격} \times \text{정수}]$ 를 항상 만족할 수 있도록 설정하는 방식으로 제안하였다. 이 방식은 극한적으로는 정수를 1로 설정하면, Tc내에 입력되어 얻어지는 사용자 정보 셀 수는 "0" 아니면 "1" 둘 중의 하나가 된다. 이 경우 "0"과 "1"을 "비어있는 셀"과 "사용자 정보셀"의 수용에 따라 각각 대응시키는 것으로 하면 입력 셀 수 M을 전송할 필요가 없게 된다. 이 경우의 CDV 분포폭은 Tc 이내( $\Delta d < Tc$ )로 억제할 수 있다. 여기서 Tc는 최소 셀 간격으로 설정되는 것을 고려하면, CDV 분포폭은 최대 전송속도에 반비례하게 된다. 그림 4에 CDV 분포폭인  $\Delta d$ 와 최대 전송속도의 관계를 나타내었다. 여기서 1.5 Mbit/s 이상의 고속 호를 고려하면, CDV 분포폭은 약 0.27ms 이하



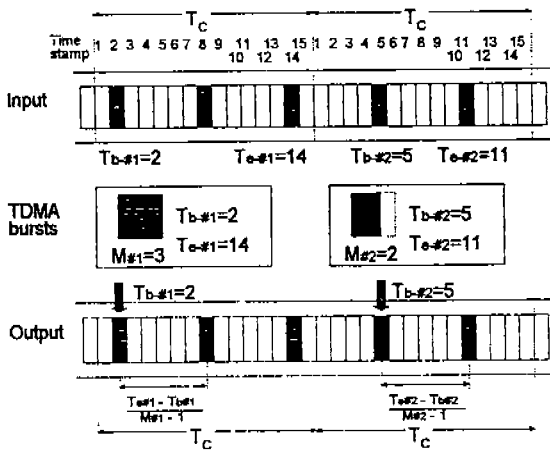
(그림 4) CDV 분포폭과 최대 전송속도의 관계  
(Fig. 4) Maximum bit rate vs. maximum CDV length

로 억제 되는 것이 가능하며 CDV에 대한 요구를 충분히 만족시킬 수 있음을 알 수 있다.

3.2 이산 셀 계수 방식의 제안

셀 수를 계수하는 방식에서 단위시간  $T_c$ 가 셀 송출 간격에 영향을 주므로 이 시간의 경계 조건을 셀 송출 간격에서부터 배제하기 위해  $T_c$  내의 최초와 최후의 사용자 정보 셀에만 타임 스탬프를 이산적으로 추가하는 방식으로 해석하였다[7,15].

이 방식의 개요를 그림 5에 나타내었다. 이 방식은  $T_c$ 마다 다음에 설명하는 동작을 반복한다. 이때,  $T_c$  내에 입력된 사용자 정보 셀 중에서 최선마다 최초와 최후의 셀만의 입력 시각을 타임 스탬프 정보로 기록한다. 위성회선에서는, 사용자 정보 셀과 함께 입력 셀수  $M$ , 최초( $T_b$ )와 최후( $T_e$ )의 타임 스탬프 정보를 전송한다. 수신측에서는, 우선 타임 스탬프 정보에 따라 최초와 최후의 사용자 정보 셀의 송출 위치를 확정시키고, 이 후 이들 사이에 입력된 사용자 정보 셀을 2 개 셀 사이에 균등하게 배치한다.



(그림 5) 셀 계수 방식의 개념도  
(Fig. 5) Cell numbering protocol

4. 제안된 이산 셀 계수 방식의 특성 평가

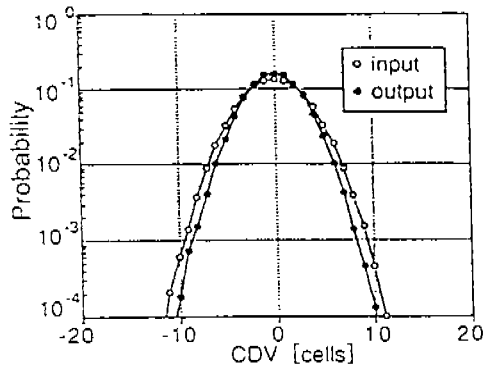
본 논문에서 제안된 이산 셀 계수 방식에 대한 CDV 보상 능력, 셀 전송 타이밍 정보의 전송용량과 부호

오류를 고려한 시스템의 신뢰성을 검증하기 위하여 시뮬레이션을 수행하였다.

4.1 지연 변이의 보상 능력

셀 계수 방식의 CDV 보상 능력은 CBR 신호와 VBR 신호에 따라 다르지만, 국소적인 버스트 특성의 증대는 완전히 억제 가능하며, CBR 신호에 대해서는 입력시의 상태를 출력측에서 완전히 재현 가능하다. 한편, VBR 신호에 대한 CDV 보상 능력은 입력 트래픽의 버스트 특성에 좌우된다.

그림 6은 1.5 Mbit/s의 CBR 신호에, 가우시안 분포에 따른 CDV를 추가하여 작성한 유사 VBR 신호를 입력 트래픽으로 한 경우의 평가 결과를 나타낸 것이다. CDV는 평균 5 셀의 가우시안 분포에 따른다고 하고,  $T_c$ 의 값은 2 ms를 선택 하였다. 단, 전송로는 155 Mbit/s로 가정하였다. 여기서는 CDV 보상 특성을 평가하기 위해, 최초에 작성한 CBR 신호의 셀 송출 위치를 원점으로 하고 출력 셀의 원점으로부터 변이량의 확률 분포를 검토하였다. 본 시뮬레이션의 결과에서 출력측의 CDV 분포의 경사부분이 입력 트래픽보다 빨리 감소하고 있다. 이는 제안된 이산 셀 계수 방식이 갖는 셀 전송 간격의 평균에 의해 클럼핑 발생을 억제시킬 수 있음을 알 수 있다.



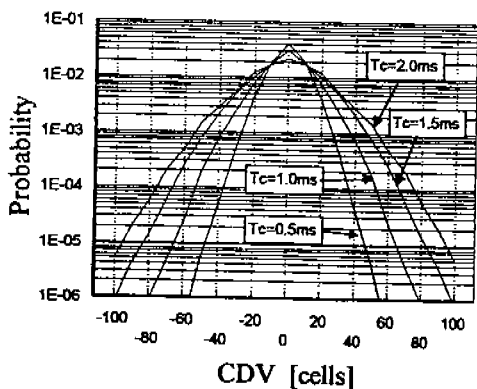
(그림 6) 제안 방식에서의 클럼핑 보상 특성  
(Fig. 6) Clumping compensation characteristic for proposed algorithm

그림 7은 평균 5 셀의 지수분포로 셀 간격을 갖는 VBR 신호에 대하여 본 방식을 적용한 경우의 CDV

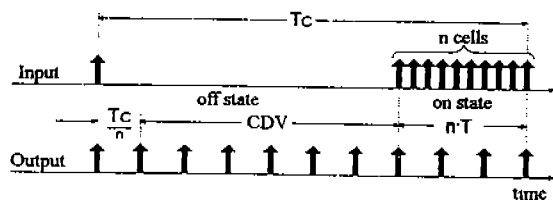
분포 평가 결과를 나타낸 것이다. 여기서는, 타임 스탬프를 이용하여 송출 위치를 확정된 셀의 지연시간을 표준 지연시간(CDV=0인 원점)으로 하고, 이것으로부터의 차이에 대한 CDV 분포를 나타내었다. 이 시뮬레이션의 결과에서, 포아송 입력에 대해서는, CDV 분포는 Tc에 비하여 비교적 작은 값으로 억제되고 있음을 알 수 있다.

그러나, 버스트 특성이 강한 ON/OFF 형의 입력 트래픽의 경우에는 더 큰 CDV가 발생할 가능성이 있다. 그림 8에 CDV가 최대로 되는 경우를 나타냈다. 이 CDV의 최대값은 회선의 최대 전송속도에 의존하며, 다음 식 (1)과 (2)로 표시된다[7, 15, 16].

$$CDV = T_c - \frac{T_c}{n} - n \times T \tag{1}$$



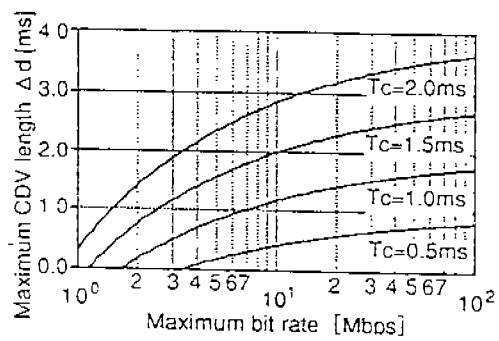
(그림 7) 포아송 입력에 대한 CDV 보상특성  
(Fig. 7) CDV control performance with Poisson traffic



(그림 8) 지연 변이의 최대값 평가  
(Fig. 8) Maximum CDV of on/off traffic model

$$CDV_{max} = T_c - \left\{ 1 - 2 \times \left( \frac{T}{T_c} \right)^{\frac{1}{2}} \right\} \tag{2}$$

여기서 T는 최대 전송속도일 경우의 셀 간격을 나타낸다. 이 CDV는 표준 지연시간의 주위에서 ± CDVmax의 범위로 발생할 수 있기 때문에 CDV 분포폭 Δd는 2 CDVmax 이하에 있는것이 보장된다. 그림 9에 Tc마다의 분포폭 Δd의 전송속도 의존성을 나타낸다. Tc에 따라 약간 차이가 있지만, 최대 전송속도(ON 상태의 전송속도)가 고속으로 됨에 따라, CDV는 2×Tc에 점진적으로 가까워짐을 알 수 있다.



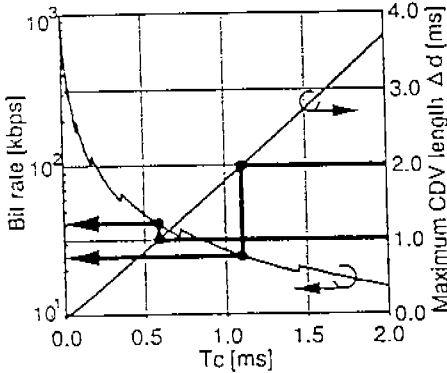
(그림 9) 최대 지연 변이의 전송속도 의존성  
(Fig. 9) Maximum bit rate vs. maximum CDV length with various Tc

그러나, 최악의 경우에서도 CDV 분포폭은 2×Tc를 넘는 일은 없으며, 품질요구값에 따른 Tc를 설정하면 CDV를 충분히 제어할 수 있음을 알 수 있다.

#### 4.2 셀 전송 타이밍 정보의 전송용량

셀 계수 방식의 경우에 셀 전송 타이밍 정보의 전송용량은 전송속도에 의존하지 않고, Tc에 의해 정해지는 일정한 정보량을 전송하게 된다. 그림 10에 Tc와 전송해야 할 셀 전송 타이밍 정보량 및 155 Mbit/s에 대한 CDV 분포폭 d의 관계를 나타내었다. CDV 분포폭은 Tc에 비례하여 변화하기 때문에, CDV를 작은 값으로 억제하기 위해서는 Tc를 작게 설정하는 것이 바람직 하지만, 전송 해야 할 셀 전송 타이밍 정보량은 24kbit/s 정도로 된다. 이는 약 600 Kbit/s 정도의 전송속도 회선에 대한 타임 스탬프 방식의 셀 전송 타이밍 정보(타임 스탬프 정보)량에 상당한다. 따라서, 전송속도가 그 이상인 회선에 대해서는 셀 계수 방식을 선택하는 편이 셀 전송 타이밍 정보량이

직어지게 된다. 그러므로 본 논문에서는 BISDN 서비스 이상의 전송속도가 요구되는 사용자가 기본이므로 본 제안 방식은 위성회선에서 유효한 방식임을 알 수 있다.



(그림 10) 최대 지연 변이와 부가 정보량  
(Fig. 10) Maximum CDV length and additional information bit rate

#### 4.3 부호 오류를 고려한 시스템의 신뢰성

위성회선에서 전송해야 할 정보로서, Tc내의 입력 셀수 M을 직접 전송하는 경우에 대하여 M 대신에 입력 셀 수의 누적값 M'를 전송하는 것에 의해 입력 셀 수 및 타임 스탬프 정보에 부호 오류가 발생한 경우에서 시스템의 신뢰성을 검토하여야 한다[17-19].

우선, 부호 오류 검출은 Tc마다 (M<sub>#i</sub>, T<sub>b#i</sub>, T<sub>c#i</sub>)을 단위로 하고, 부호 오류가 검출된 경우에는, 그 전후의 #(i-1) 또는 #(i+1)의 정보를 사용하여 2×Tc를 제어단위로 한 셀 송출 타이밍을 작성한다. 결국 M<sub>#i</sub>=M'\_{#i}-M\_{#i-1}에 의해 Tc 내에 M'\_{#i}개의 셀을 배치하는 제어를 수행하지만, #i번의 정보에 부호 오류가 있는 경우에는 M\_{#i} + M\_{#i+1} = M'\_{#i+1} - M'\_{#i-1}에 의해 2×Tc 내에 M\_{#i} + M\_{#i+1}개의 셀을 배치하는 제어를 한다. 복수의 Tc 구간 접속을 하여 부호 오류가 있는 경우도 기본적으로 같은 방법에 의해 대처 가능하다.

또한, 셀 손실이 있었던 경우에 대해서는 우선, 수신 셀 수와 입력 셀 수 M을 수시로 비교하여, 셀 수의 불일치에 의한 셀 손실 검출을 행한다. 셀 손실이 없

는 경우에는, 단지 M\_{#i} → M\_{#i-1}로 치환함으로써 간단히 보상한다. 본 논문에서 제안한 방식의 최대 이점은 운용상의 유연성이 높은 것에 있으며, 버스트 오류, TDMA 버스트의 유니크 워드 불검출 등의 상태를 검출하여 (M'\_{#i}, T<sub>b#i</sub>, T<sub>c#i</sub>)를 복수의 TDMA 버스트로 분산하고, 다시 연속하는 (M'\_{#i}, T<sub>b#i</sub>, T<sub>c#i</sub>)를 TDMA 버스트에 수용하는 등의 방법을 추가하면, 신뢰성은 더욱 향상될 수 있을 것이다.

### 5. 결 론

본 논문에서는 지상 BISDN 망과 위성회선의 TDMA 접속에 있어서 문제가 되는 셀 지연 변이인 CDV의 보상 기술을 검토하였다. 지상망에 있어서는 요구품질이 엄격한 CBR신호를 중심으로 타임 스탬프를 이용한 CDV 보상 방식이 검토되고 있지만, 위성 TDMA 회선에 적용하는 경우에는 지상망과 조건이 다르기 때문에 이산 타임 스탬프를 이용한 셀 계수 방식을 제안하고, 그 특성을 평가하였다. 그 결과 품질 기준이 엄격한 CBR 신호는 완전히 CDV 보상이 가능하며, VBR 신호라도 버스트 특성이 증대되는 클럼핑이 억제 가능함을 알 수 있었다. 또한 본 방식은 CDV의 분포폭이 요구품질에 맞추어 Tc에 의해 제어 가능함을 알 수 있었다. 본 방식에서는 타임 스탬프 방식에 비해, 제어 정보로서 전송되는 셀 전송 타이밍 정보의 전송용량을 조절하는 것이 가능하다. 또한 수백 Kbit/s 이하의 저속 호를 취급하는 경우라도, 셀 전송 타이밍 정보에 부호오류가 일어난 경우에도 전송부호 오류에 대응 가능한 셀 계수 방식이 안정 동작 및 신뢰성면에서 우수함을 알 수 있었다.

추가적으로 셀 계수 방식 제어에서 Tc 등의 제어 파라미터의 최적화 연구가 요구되며 효율적인 셀 저장의 버퍼 등의 하드웨어 구성을 검토하여 ATM/TDMA 변환 방식 등에 대하여 검증의 수행이 필요하다.

### 참 고 문 헌

[1] I.W. Habib, T. N. Saadawi, "Access Flow Control Algorithms in Broadband Networks," Proc. IEEE Milcom'92, pp. 252-256.  
[2] Fujii, A., et al. "SS/TDMA-Adaptive Satellite



- Access Method for Mini-earth Station Networks," IEEE Global Communications Conf., pp. 42.1-6, Dec. 1986.
- [3] P. Yegani, "Performance Models for ATM Switching of Mixed Continuous-bit-rate and Bursty Traffic with Threshold-based-discarding," Proc. IEEE ICC'92, pp. 1621-1627, 1992.
- [4] G. Gallassi, G. Rigolio, L. Fratta, "ATM: Bandwidth Assignment and Bandwidth Enforcement Policies," Proc. of GLOBECOM '89 Dallas (USA), Nov. 1989.
- [5] T.C. Hou, A. K. Wong, "Queueing Analysis for ATM Switching of Mixed Continuous-bit-rate and Bursty traffic," Proc. IEEE INFOCOM '90, pp. 660-667.
- [6] M.J. Karol, C.L. I, "Performance Analysis of a Growable Architecture for Broadband Packet (ATM) Switching," IEEE Trans. on Comm., Vol. 40. No. 2, pp. 431-439, Feb. 1992.
- [7] 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 NAS3-25092, Mar. 1992.
- [8] Ohba Y., Murata M., Miyahara H., "Analysis of Interdeparture Process for Bursty Traffic in ATM Networks," IEEE J. Selected Areas Communication, Vol. 9, No. 3, pp. 488-476, Apr. 1991.
- [9] S. Tridandapani, J.S. Meditch, "Priority Performance of Banyan-based Broadband-ISDN switches," Proc. of Infocom '91, Vol. 2, pp. 711-720, 1991.
- [10] Duan-Shin, Bhadkar Sengupta. "Queueing Analysis of a Threshold based Priority Scheme for ATM Networks," IEEE/ACM Trans. on Networking, Vol. 1 no. 6, pp. 709-717, Dec. 1993.
- [11] F. Bonomi, S. Montagna, R. Paglino, "Busy Period Analysis for an ATM Switching Element Output Line," Proc. INFOCOM '92, pp. 544-551, May 1992.
- [12] H. Bruneel, S. Wittevrongel, "Analytic Performance Study of ATM Switching Elements with On/off Sources and Correlated Routing," Proc. IFIP Workshop on Modelling and Performance Evaluation of ATM Technology, pp. 41-60, Jan. 1993.
- [13] Abhijit K. Choudhury, Ellen L. Hahne, "Space Priority Management in a Shared Memory ATM Switch," IEEE Globecom, pp. 1375-1383, 1992.
- [14] Shaikh S.Z. Schwartz M., Yamada H., "An Analysis, Control and Design of Crossbar and Banyan based Broadband Packet Switch for Integrated Services," Proc. IEEE ICC'90, Atlanta, USA, pp. 761-765, Apr. 1990.
- [15] David X. Chen, Jon W. Mark, "Delay and Loss Control of an Output Buffered Fast Packet Switch supporting Integrated Services," IEEE ICC'92, pp. 985-989, Jun. 1992.
- [16] Rayghaudhuri, D., and Mangulis, V.: "A Ku-band Satellite Approach to Terrestrial bypass of Data Terminals," RGA Laboratories Technical Report, PRRL-85-TR-021, 1985.
- [17] Chakraborty, D. "Constraints in Ku-band Continental Satellite Network Design," IEEE Communications Magazine, pp. 33-43. Aug. 1986.
- [18] Connolly, B.A., Sitacusa, R.J., Moshenberg, D. "Satellite Multiaccess Protocol Experiment-functional Specification," David Sarnoff Research Center Internal Publication, 1986.
- [19] SIRACUSA, R.J. "Satellite Multiaccess Protocol Experimental System Development Tools, Hardware Configuration, Device Drivers and Application Interface," David Sarnoff Research Center Technical Report PRRL-88-TR-107, 1987.
- [20] Timothy Pratt, Charles W. Bostian, 'Satellite Communications', John Wiley & Sons, New York, 1986.
- [21] Bhargava, V.K. et al., 'Digital Communication by Satellite', John Wiley, New York, 1991.



김 정 호

- 1980년 경북대학교 전자공학과 (학사)
- 1983년 경북대학교 전자공학과 (석사)
- 1990년 S.M.E 위원(네트워크 분야)
- 1990년 정보처리 기술사(전자계산조직응용)

1991년 전자기술사(공업계측 제어)  
 1992년 통신기술사(전기통신)  
 1983년~1996년 한국전자통신연구소 지상시스템 연구부 실장  
 1996년 3월~현재 대전산업대학 전자계산학과 교수  
 관심분야: 데이터 통신, 컴퓨터 통신, 위성통신의 지상망 접속



최 경 수

- 1980년 경북대학교 전자공학과 (학사)
- 1984년 연세대학교 전자공학과 (석사)
- 1980년 한국전자통신연구소 입소
- 1984년~1986년 Bell Telephone mfg. S1240 파견(벨기에)

1995년~현재 한국전자통신연구소 위성통신기술연구단 책임연구원  
 관심분야: 데이터통신, 신호망 해석, 위성멀티미디어