

위성 B-ISDN/ATM 망에서의 새로운 CDV 보상 알고리즘

정희원 류동렬*, 김병균**, 최형진*

A New CDV Compensation Algorithm for Satellite B-ISDN/ATM Networks

Dong Ryeol Ryu*, Byung Kyun Kim*, Hyung Jin Choi* *Regular Members*

요약

본 논문에서는 위성 B-ISDN/ATM 망의 ATM/TDMA 변환에 따라 발생하는 ATM 셀 지연 변이(CDV: Cell Delay Variation)를 보상할 수 있는 새로운 알고리즘을 제안하고 다양한 측면에서 성능평가를 수행하였다. 기존의 개발된 CDV 보상 알고리즘들을 CDV 보상을 위한 부가비트의 수, 채널에러에 대한 신뢰성, 수신시스템의 복잡성 등의 측면에서 비교 평가하고 이를 바탕으로 본 제안 알고리즘의 특성을 비교제시하였다. 그리고 MMPP(Markov Modulated Poisson Process) 트래픽 모델에 의한 모의실험을 통하여 기존 알고리즘 중에서 상대적으로 우수한 성능을 보이는 CNCPC(Cell Number Counting Protocol) 알고리즘과 제안 알고리즘을 다양한 시스템 변수를 기준으로 CDV 분포 성능을 비교분석하여 제시한 알고리즘의 우수성을 입증하였다.

ABSTRACT

In this paper we propose a new compensation algorithm for CDV(Cell Delay Variation) which results from ATM/TDMA conversion in the satellite B-ISDN/ATM networks and analyze its performance. We compare the conventional CDV compensation algorithms on the basis of redundancy bit, channel reliability, receiver system complexity, etc, and then propose a new algorithm for improved performance. By performing simulation using MMPP(Markov Modulated Poisson Process) traffic model we show the superiority of the proposed algorithm relative to CNCPC(Cell Number Counting Protocol) algorithm which is regarded as the most useful one among the conventional algorithms.

I. 서론

효율적인 초고속정보통신기반을 구축하기 위해서는 광케이블을 기반으로 하는 지상 유선망과 장거리 전송 및 폭넓은 서비스영역을 확보할 수 있는 위성망을 결합한 지상/위성 혼합망이 필연적이다. 지상 B-ISDN은 다수의 사용자에게 다양한 유형의 멀티미디어 서비스를 제공하기 위하여 통계적 다중화 측면에서 매우 우수한 성능을 가지는 ATM 전송방식을 기반으로 개발될 것이다[1,2]. 한편 ATM 전송방식은 광역의 대역폭 확보 및 채널신뢰성이 우수한 광케이블을 기반

으로 개발되었기 때문에 상대적으로 제한적인 주파수 자원 및 열악한 채널 환경에서 운용되는 위성망에서 ATM 전송방식을 수용하기 위해서는 다양한 문제점의 해결이 요구된다.

위성 B-ISDN/ATM 망에서는 제한적인 주파수 자원을 효율적으로 이용하기 위해서 TDMA 접속방식이 적극적으로 사용될 전망이다. 위성망에서 TDMA 접속방식을 사용함에 따라 지상/위성의 프로토콜 변환(ATM/TDMA)이 필요하다. 송신지구국과 연결된 지상 노드에서 155 Mbps 혹은 622 Mbps로 ATM 셀이 입력되면 송신지구국에서는 유효셀(정보를 가지고 있는

* 성균관대학교 전기 전자 및 컴퓨터공학부(ryuking@ece.skku.ac.kr, commsys@ece.skku.ac.kr) 정희원

** (주)한국통신프리텔 네트워크 기술팀(bkkim@mail.pcsolb.co.kr) 정희원

논문번호: 97243-0721, 접수일자: 1997년 7월 21일

셀)만을 추출하여 위성 TDMA time slot에 할당하여 전송하게 된다. 그리고 수신지구국에서는 155 Mbps 혹은 622 Mbps의 지상 전송링크로 ATM 셀을 재송출할 때, 송신지구국에 입력될 때의 ATM 셀 도착시각을 정확하게 유지하여 전송하지 못한다. 따라서 송·수신국간에 고정적인 지연(Fixed Delay) 이외에 ATM 셀의 지연 변이(CDV: Cell Delay Variation)가 부가적으로 발생된다. CDV는 특정 호를 통해 연속적으로 전송되는 셀들간의 간격이 변화하는 현상으로서, B-ISDN은 다양한 유형의 서비스를 지원하기 때문에 고정 비트율(CBR: Constant Bit Rate) 서비스 뿐만 아니라 가변 비트율(VBR: Variable Bit Rate) 서비스를 제공하기 때문에 CDV 문제는 혼합망의 구축에 매우 중요한 주제이며 전체 링크에 있어 매우 심각한 ATM QoS(Quality of Service)의 성능저하를 야기하게 된다[3].

ATM/TDMA 프로토콜 변환에 의해 발생하는 CDV에 의한 성능열화를 방지하기 위한 다양한 보상 알고리즘이 개발되었다[4,5,6,10,11]. LB(Leaky Bucket), TS(Time Stamp), 셀-비트 표현, 의사 STM(Synchronous Transfer Mode), CNCP(Cell Number Counting Protocol) 알고리즘 등이 개발되었고 상호간의 성능차이가 있지만 CDV 보상을 위한 부가비트의 수, 채널에러에 대한 신뢰성, 수신시스템의 복잡성 등의 측면에서 고찰해 볼 때, CNCP 알고리즘이 상대적으로 우수한 성능을 보인다.

이 논문에서는 기존의 알고리즘을 상호비교하고 이를 기반으로 새로운 CDV 보상 알고리즘을 제안하였다. 특히, 기존 알고리즘 중에서 상대적으로 성능이 우수한 CNCP 알고리즘과 제안 알고리즘을 MMPP 트래픽모델을 통한 모의실험을 통하여 성능평가를 수행하였다.

이 논문의 전체적인 구성은 다음과 같다. II 장에서 지상/위성 혼합 초고속 정보통신망에서의 ATM/TDMA 변환과 이에 따른 CDV 문제를 고찰하고, III 장에서 기존의 CDV 보상 알고리즘의 장단점을 비교분석하였으며, IV 장에서는 개선된 CDV 보상능력을 갖는 새로운 알고리즘을 제안하고, V 장에서 MMPP(Markov Modulated Poission Process) 트래픽모델을 이용한 모의실험을 기초로 제안 알고리즘의 성능평가 및 기존 알고리즘과의 성능비교를 수행하였으며, VI 장에서 결론을 맺는다.

II. ATM/TDMA 변환에 따른 CDV 정의

위성통신의 기술발전 추세를 고려해 볼 때 높은 전송이득을 보장하면서 제한적인 주파수 효율을 증가시키기 위하여 특히 초고속전송에서는 TDMA 방식이 지배적으로 활용될 것이다. 그러므로 초고속정보통신망이 지상/위성 혼합망으로 구축될 경우, 위성망으로 입력되는 ATM 셀은 망 변수제어(NPC: Network Parameter Control)에 따라 위성 TDMA time slot에 할당되어 전송된다.

지상망은 ATM 전송방식을 통하여 정보가 없을 경우 빈 셀을 삽입하고 필요할 경우 빈 셀을 제거하고 유효셀을 추가함으로써 전체 채널효율과 전송속도를 높일 수 있다. 그러나 위성의 경우 본질적으로 대역 제한이 심한 통신환경이기 때문에 지상망의 빈 셀을 포함한 입력 셀 트래픽을 그대로 위성 time slot에 할당하여 전송하는 것은 매우 비효율적이다. 채널효율을 높이기 위하여 위성의 대역폭은 지상망의 최고전송속도와 평균전송속도의 사이로 압축할당해야 한다. 따라서 송신국은 입력 셀 흐름으로부터 단지 전송할 정보가 있는 유효셀만을 추출하여 효율적으로 전송하는 것이 일반적이다[1,4,5,6]. 이와 같은 일련의 ATM/TDMA 변환과정을 도식화하면 그림 1과 같다. 여기서 T_c 는 송신국 지상망 트래픽의 위성 채널할당 제어시간을 나타낸다.

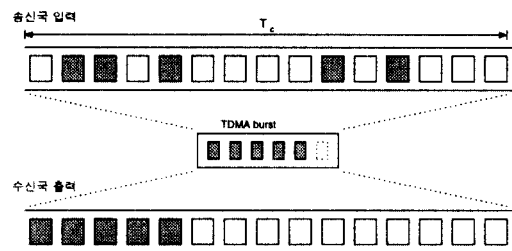


그림 1. ATM/TDMA 변환
Fig. 1 ATM/TDMA conversion

ATM/TDMA 변환과정에서 송신국은 프레임 내의 사전에 할당된 버스트(burst) 위치에만 셀 전송이 가능하므로 지상망에서 일어날 수 있는 셀간 충돌은 피할 수 있으나, 위성 버스트의 셀을 수신국의 지상망에 그대로 전송한다면 송신국의 셀 도착시각과는 다른 출력 셀 송출시각으로 인하여 송신국 입력단에서의 유효셀간 간격이 더 이상 유지되지 않는다.

그러므로 ATM/TDMA 변환에 따른 CDV는 송수신

국간의 셀 도착시각 차이로서 정의되며, 그림 1에서 송신국과 수신국의 유효셀의 도착시각이 변화함에 따라 CDV가 발생됨을 알 수 있다. 여기서 발생하는 CDV 문제는 B-ISDN/ATM 셀 전송에 있어서 전체 QoS의 저하를 야기할 뿐만 아니라 수신국 지상망의 스위칭 노드에 장애를 일으킬 수 있으므로 이에 대한 보상이 요구된다.

III. 기존 CDV 보상 알고리즘에 대한 비교분석

본 장에서는 ATM/TDMA 변환에 의한 CDV를 보상할 수 있는 기존 알고리즘을 다양한 성능평가 지표(부가정보량, 신뢰도, 시스템 복잡도 등)를 기준으로 비교 평가하였다. 특히, 기존 알고리즘 중에서 상대적으로 성능이 우수한 CNCP 알고리즘은 제안 알고리즘과의 성능비교 대상으로 직접적으로 이용된다.

3.1 LB(Leaky Bucket)(4,5,11)

셀 준위에서의 트래픽 제어 및 망관리를 위하여 널리 사용되는 알고리즘으로서 입력셀은 FIFO 버퍼에 임시 저장된 후 요구되는 QoS에 따라 일정한 시간마다 토큰을 발생시켜 토큰풀의 제어에 따라 최대 셀률 또는 평균 셀률을 제어할 수 있는 방법이다. 이 알고리즘의 장점으로는 동작 원리가 간단하고 버스트 트래픽으로 인한 과부하를 막을 수 있으며 CBR 서비스에 대하여 입력트래픽을 완전히 복원할 수 있다는 것을 들 수 있다. 그러나 VBR 서비스의 경우 적절한 CDV 값을 제어할 수 없으므로 다양한 전송률을 다루는 멀티미디어 서비스에는 그 사용범위가 제한적이다.

3.2 TS(Time Stamp)(4,5,11)

동기정보전달을 위하여 지상망에서 사용되는 대표적인 알고리즘으로서 망 내의 공통된 기준클럭을 이용한다. 송신국은 매 유효셀마다 T_c 내의 셀 시퀀스 위치를 나타내는 TS 정보를 추가하여 전송하고, 수신국에서 이 정보를 이용하여 유효셀간 간격을 재생하는 방법이다. 그러나 일반적으로 TS 알고리즘이 적용되어도 송수신국간에 정확한 동기를 맞추는 것은 불가능하며, VBR 서비스의 경우 매 주기마다 최소 셀 개수를 보장하기 위해 사전에 트래픽을 고르게 하는 과정이 필요하다. 또한 매 유효셀마다 TS를 함께 전송해야 하므로 따른 부가정보량이 많이 필요하다. 예를 들어 155 Mbps SDH 기반 전송의 경우 유효셀 당 요구되는 TS 정보량은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{TS 정보량} &= \log_2 \left(\frac{155 \times 10^6}{53 \times 8} \cdot \frac{260}{270} T_c \right) \text{ bits/셀} \\ &\approx \log_2(353 T_c) \text{ bits/셀} \end{aligned}$$

이것은 T_c 를 1ms로 설정할 경우 18 비트/셀에 해당하는 양으로 매우 비효율적이다. 또한 TS 방식은 비트 에러가 발생할 경우 보상이 어려우므로 전체적으로 시스템 신뢰도가 낮다.

3.3 셀-비트 표현(5)

송신국에서 유효셀의 경우 비트 1, 빈 셀의 경우 비트 0을 별도로 부가하여 전송하고, 수신국에서 이 정보비트를 이용하여 셀 송출시각을 제어하는 알고리즘으로서 비트에러가 발생되지 않는다면 송출시각을 완전히 제어할 수 있다. 그러나 1셀당 1비트의 부가비트가 필요하기 때문에 155 Mbps SDH 전송의 경우 약 353 Kbps 정도의 부가정보전송이 필요하다. 또한, 비트에러 발생시 복원동작이 어려우며 특히 연접에러가 발생할 경우 치명적인 성능저하가 야기된다.

3.4 의사 STM 변환(5)

비동기로 입력되는 ATM셀 흐름을 의사 STM 형태로 변환하는 알고리즘이다. 각 제어구간 T_c 내의 최소 셀 간격을 T_{min} 라 할 때, 송신국은 매 T_{min} 마다 셀을 검출하여 하나의 time slot에 전송하고 수신국에서는 역과정을 통하여 트래픽을 복원한다. CBR 서비스에 대하여 매우 신뢰성있는 보상이 가능하며, 최대 CDV 값은 $T_{min}/2$ 로 제한되는 장점이 있다. 그러나 T_{min} 가 입력트래픽특성에 따라 매 순간마다 바뀌므로 T_{min} 의 길이가 다양해져 복잡한 처리과정이 요구되고, 매 T_{min} 마다 반드시 time slot을 할당해야 하므로 빈 셀의 경우도 그대로 전송해야 하기 때문에 상대적으로 위성채널효율이 떨어지며, VBR 서비스에 대해서는 대역압축이득을 기대하기 어렵다.

3.5 CNCP(Cell Number Counting Protocol : CNCP)(4,5,10)

송신국에서 입력 셀 흐름을 단위 제어시간 T_c 로 분할하여 하나의 버스트에 매핑시키고 T_c 내의 유효 셀의 개수(N)를 함께 전송하면 수신국에서는 이러한 정보를 이용하여 T_c 내 평균 셀간 간격(T_c/N)으로써 재송출하는 알고리즘이다[4,10]. 그러나 순수 CNCP 알고리즘은 입력 셀 간격과 재송출간격 T_c/N 의 불균

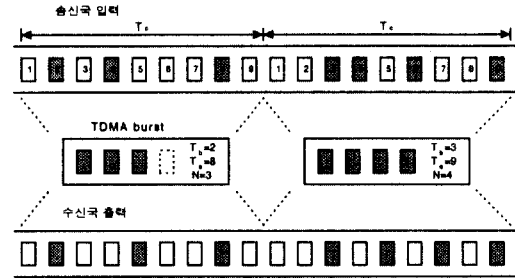


그림 2. CNCP 알고리즘
Fig. 2 CNCP algorithm

형에 따라 순간적으로 버스트성이 커질 수 있으므로 순수 CNCP 알고리즘과 TS 알고리즘을 병행하도록 수정되었다[5]. 이 알고리즘은 제어구간 내의 첫 번째 유효셀과 마지막 유효셀에 대하여 TS 정보값(= 셀 번호) T_b 와 T_e 를 각각 추가하여 전송하는 방법으로서 T_c 가 재송출 간격의 정수배가 되어 CBR 서비스에 대한 완전한 보상이 가능하다. 이 알고리즘의 동작원리를 그림 2에 나타내었다.

CDV 값은 T_c 를 초과할 수 없게 되며 실제로 양의 값과 음의 값을 갖게 되므로 CDV 값은 $-T_c \sim +T_c$ 로 억압된다. CNCP 운용에 필요한 부가정보량은 셀 개수 정보와 TS 정보에 소요되는 양으로서 위에서 언급한 TS 알고리즘과 셀-비트 표현 알고리즘과 비교해 볼 때 현저히 작은 양이다(SDH 기반 전송의 경우 부가정보량 $\approx 3 \log_2(353 \times 10^3 \times T_c)$ bits/timeslot). 그리고 비트에러에 대한 신뢰성을 증가시키기 위해서 셀 개수를 누적하여 전송할 수 있지만 부가정보량이 증가하는 단점이 있다.

기존의 CDV 보상 알고리즘을 비교평가할 때 CNCP 알고리즘은 CDV를 완전히 보상하지 못하나 대역폭 자원의 제한에 따른 부가정보량, 비트에러에 대한 신뢰성 및 시스템 복잡도 등을 고려해볼 때 타 알고리즘에 비하여 매우 우수함을 알 수 있다. 그러나 이 알고리즘은 송신국 지상망의 트래픽이 버스트성이 심할수록 CDV 보상능력이 저하되며 ATM/TDMA 변환 과정에서 위성 대역폭(주파수) 자원을 충분히 활용하지 못하는 단점이 있다.

IV. 새로운 CDV 보상 알고리즘 제안

본 장에서는 기존의 보상 알고리즘의 장점을 고루

얻을 수 있으며 위성링크 환경에 매우 적합한 새로운 CDV 보상 알고리즘을 제안한다.

II장에서 언급한 바와 같이 위성대역폭은 지상망 대역폭을 압축할당하여 유효셀만을 추출하여 전송하게 된다. 그러나 idle cell 전송의 경우 전송프레임의 채널 활용도를 100%로 만족시키기 위하여 모든 타임슬롯을 유효셀만으로 채우려면 다음 유효셀을 무한정 기다려야 하는 가능성이 존재하며 가변길이 제어구간으로 인해 처리과정이 복잡해지는 문제가 발생한다. 따라서 일정 제어구간을 두고 지상망의 트래픽을 타임슬롯에 매핑하여야 한다. 그러나 채널효율을 높이기 위하여 대역압축할당을 할지라도 할당된 대역폭 이하의 전송속도에 대한 빈 셀의 전송 가능성은 여전히 존재한다. 제안 알고리즘은 불필요하게 전송된 빈 셀을 활용함으로써 트래픽의 국부적인 버스트성에 의한 CDV 분포길이를 억제하는데 목적이 있다. 물론 빈 셀의 전송빈도를 늘려서 CDV 보상성능을 개선할 수 있으나 채널효율이 떨어지므로 바람직하지 않다. 이 논문에서 제안된 CDV 보상 알고리즘의 운용과정은 그림 3과 같다.

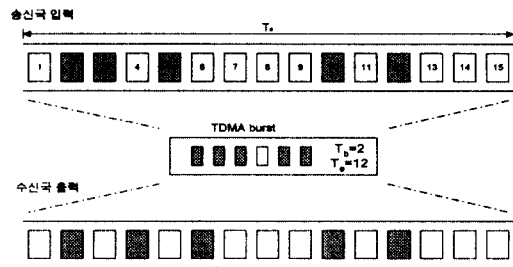


그림 3. 제안된 CDV 보상 알고리즘
Fig. 3 Proposed CDV compensation algorithm

셀 간격의 균형을 맞추기 위해 CNCP 알고리즘과 같이 제어구간 내의 첫 번째 셀과 마지막 셀에 대한 TS 정보 T_b , T_e 를 사용한다. 만약 TDMA 버스트 내의 time slot 수를 S 라 하고 송신국에서 T_c 내에 $N < S$ 개의 유효셀이 존재하는 경우 빈 time slot이 불가피하게 발생되며 입력 셀 흐름에는 $(T_b - T_e)/(S - 1)$ 이상의 유효셀간 간격이 적어도 한 곳 이상 발생하게 된다. 위성 ATM/TDMA 변환장치는 유효셀간의 간격에 따라 버스트의 빈 time slot(혹은 정보가 없는 셀)을 할당하여 전송하고, 수신국에서는 $T_e - T_b$ 구간

을 S 로 나누어 각 time slot을 송출한다. 수신국에서 t_k 에 도착한 셀이 TDMA 버스트의 k 번째 time slot (셀)에 전송되었다면 수신국에서 이 셀에 대한 CDV 값은 식(1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$CDV = T_b + \frac{T_b - T_e}{S-1} (k-1) - t_k \quad (1)$$

CBR 서비스에 대하여 완전한 보상이 가능하며, 셀의 재송출간격에는 빈 셀도 포함되기 때문에 기존의 CNCP에서 발생하는 극부적인 트래픽 버스트성에 의한 최대 CDV 값의 증가는 상당히 감소하게 된다. 더욱이 $T_e - T_b$ 의 값이 TDMA 버스트의 time slot 수보다 작다면 제안한 알고리즘은 입력트래픽을 투명하게 전송가능하며 이 때 각 셀에 대한 CDV는 0으로 된다. 한편, TDMA버스트의 채널효율이 100%일 때, 즉 입력 유효셀의 수가 버스트의 time slot 수와 같다면 제안된 알고리즘의 성능은 CNCP 알고리즘의 성능과 동일하게 된다.

수신국에서의 동작을 살펴볼 때 기존의 CNCP 알고리즘은 매 T_c 구간을 유효셀의 수로 셀간 간격을 나누기 때문에 가변적이나, 제안된 알고리즘의 경우 TDMA 버스트의 정해진 time slot 수로 나누기 때문에 수신 시스템에서의 처리과정이 매우 간단하다. 한편 제안 알고리즘은 TS 정보에 비트에러가 발생할 경우 $T_e - T_b$ 구간 대신 T_c 구간을 기준으로 동작하여 비트에러에 의한 신뢰성 저하를 막을 수 있다. 더욱이 정해진 time slot의 수는 비트에러와 본질적으로 무관하므로 CNCP 알고리즘에서 치명적인 영향을 미치는 셀 개수 정보의 비트에러와 같은 성능저하가 없다.

제안 알고리즘의 요구되는 부가정보량은 첫 번째 유효셀과 마지막 유효셀의 타임스탬프정보로서 CNCP 알고리즘과 비교할 때 유효 셀 개수를 제외하므로 2/3에 해당하므로 보다 효율적이다. 특히 CNCP 알고리즘이 셀 개수의 에러에 의한 신뢰성의 열화를 막기 위하여 셀 개수를 누적하여 전송해야 하는데 반하여, 제안 알고리즘은 요구 부가정보량을 늘리지 않고도 신뢰성을 유지할 수 있으므로 신뢰성이 약한 위성채널에 매우 적합하다.

V. 성능평가

본 장에서는 기존 알고리즘 중 가장 적절하다고

사료되는 CNCP 알고리즘과 제안된 알고리즘에 대해 MMPP(Markov Modulated Poission Process) 트래픽 모델을 이용한 모의실험을 통하여 비교평가한다. CDV에 대한 QoS의 척도는 가능한 CDV 분포길이에 대한 발생 확률에 의존하는 것으로, 모의실험에 의한 성능평가기준으로 CDV 분포길이의 확률밀도함수를 제시한다.

5.1 성능평가를 위한 MMPP 트래픽 모델

MMPP 모델은 도착률이 상태(state or phase)에 의존하는 이중 stochastic 포아송 프로세스로서 패킷화된 음성과 데이터 트래픽의 superposition처럼 burst 상태와 idle 상태특성을 동시에 갖는 버스트성의 트래픽 모델에 주로 사용된다[7,8,9]. B-ISDN은 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해 다양한 전송속도를 가지므로 이 논문에서는 2-state MMPP 모델을 사용하여 CDV 보상 알고리즘을 분석하며 상태천이도를 제시하면 그림 4와 같다.

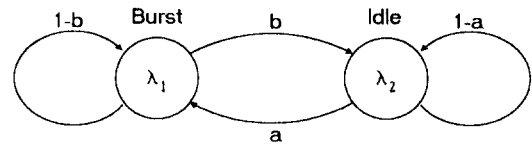


그림 4. 2-state MMPP 모델
Fig. 4 2-state MMPP model

a, b 는 각 상태에서의 천이확률로서, $1/a$ 와 $1/b$ 는 각각 MMPP 모델의 평균 idle 상태 길이 L_{off} 와 평균 burst 상태의 길이 L_{on} 를 나타낸다. 이때 각 상태의 정상상태 확률은 $\pi_i \in \{a/(a+b), b/(a+b)\}, i \in \{1, 2\}$, 이다. λ_1, λ_2 를 각 상태의 셀 도착률을 나타낸다고 할 때 평균 셀 도착률은 식(2)와 같다.

$$\bar{R}_{avg} = \frac{\lambda_1 \cdot a + \lambda_2 \cdot b}{a + b} \quad (2)$$

먼저 $N(t), J(t)$ 를 각각 시각 t 에서의 유효셀 도착수 및 MMPP 상태라고 할 때, 시점 $k(0, T_c]$ 에서 N_1 번째 셀이 도착하고, 제어구간 T_c 내에 총 $N_1 + N_2$ 개의 유효셀이 도착할 트래픽유형이 발생할 천이확률을 다음 식과 같이 정의한다.

$$\begin{aligned}
 P(N_1, k; N_1 + N_2, T_c) &\cong P(N(k-1) = N_1 - 1, \\
 J(k-1) = j | N(0) = 0, J(0) = i) \\
 &\cdot P(N(k) = N_1, J(k) = l | N(k-1) = N_1 - 1, J(k-1) = j) \\
 &\cdot P(N(T_c) = N_1 + N_2, J(T_c) = m | N(k) = N_1, J(k) = l)
 \end{aligned} \tag{3}$$

여기서 $i, j, k, l \in \{1, 2\}$

일반적으로 CDV 값은 지상망의 트래픽유형과 관계된다. 따라서 CDV 분포길이에 대한 확률밀도함수도 또한 트래픽유형의 발생확률에 의존하며 CDV 값을 x 라고 할 때 식(4)와 같이 표현할 수 있다[10].

$$\begin{aligned}
 f_{CDV}(x) = \frac{1}{C} \sum_{i,j,l,m=1}^2 \sum_{k=1}^{T_c} \sum_{N_1=1}^k \sum_{N_2=0}^{T_c-N_1} \\
 \pi_i P(N_1, k; N_1 + N_2, T_c) \delta(t - k, x)
 \end{aligned} \tag{4}$$

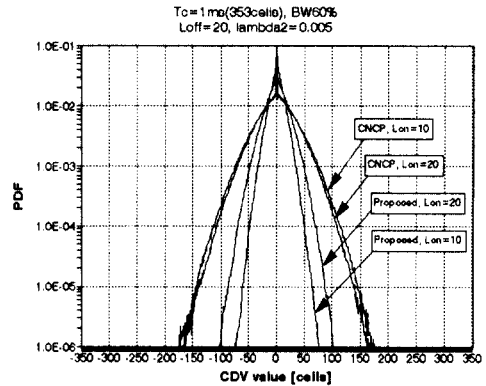
여기서 $\delta(\cdot)$ 는 시간과 CDV 값을 변수로 하는 Kronecker-delta 함수이고, C 는 정규화 계수로서 각 트래픽유형에 대한 발생확률의 합이다. 단, CDV 값은 동일 트래픽유형에 대하여 보상 알고리즘의 특성에 따라서 다르게 설정될 수 있다.

트래픽유형의 경우의 수는 거의 무한대에 가까우므로 논문에서는 분석적인 결과대신 MMPP 트래픽 모델에 기초한 모의실험을 통하여 성능평가를 하였다. 모의실험에서는 MMPP 트래픽모델에 기반하여 송신국에 입력되는 ATM 셀을 발생시켰으며, 각각의 CDV 값에 대한 발생 횟수를 누적하고 전체 시행 횟수로 정규화함으로써 식(4)에 나타난 CDV에 대한 확률밀도함수를 도출하였다.

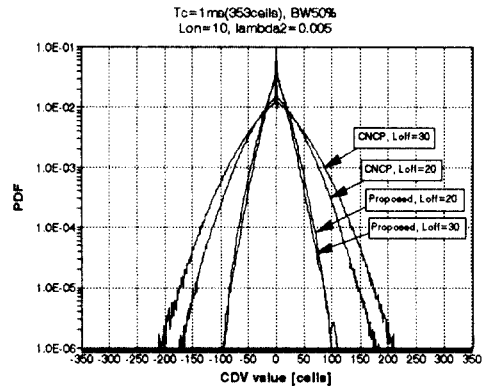
5.2 결과 고찰

CDV 보상 알고리즘의 성능은 지상망의 트래픽특성에 큰 영향을 받으므로 지상망의 트래픽 속성을 표현해 줄 수 있는 다양한 트래픽변수를 가변적으로 변화시키면서 성능평가를 수행하였다. 이 절에서 전송속도는 SDH 기반 전송 155Mbps를 간주하였다.

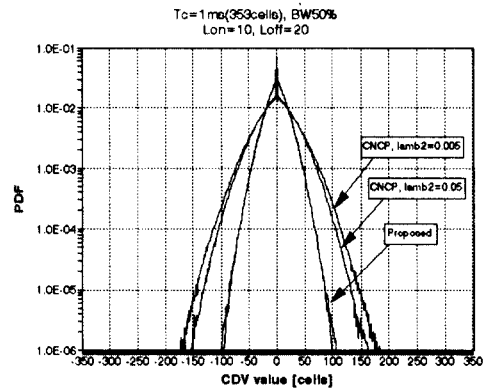
그림 5에 제어구간 T_c 를 1 ms(SDH 기반 전송인 경우 353셀에 해당), λ_1 를 1.0로 설정하였고 각 트래픽 변수(L_{on} , L_{off} , λ_2)의 변화에 따른 CDV 성능변화를 제안 알고리즘과 CNCP 알고리즘을 비교하여 제시하였다. 여기서 BW는 위성대역폭의 지상망대역폭에 대한 백분율로서 100%인 경우는 대역압축없이 지상트래픽을 위성링크에서 투명하게 전송하는 것을



(a) L_{on}



(b) L_{off}



(c) λ_2

그림 5. 트래픽변수에 따른 CDV 성능비교
Fig. 5 Performance comparison of CDV for various traffic parameter

의미하게 된다. 그러나 일반적으로 위성대역폭은 지상망의 최고전송속도와 평균전송속도사이로 압축할당하게 된다.

그림 5-(a)에 위성대역폭이 지상망대역폭의 60%로 할당되고, $\lambda_2 = 0.005$, $L_{off} = 20$ 셀로 설정하였을 때, L_{on} 에 따른 영향을 나타내었다. CNCP 알고리즘의 경우 CDV 값은 burst 상태보다는 idle 상태의 트래픽성격에 의존하기 때문에 그다지 변화가 없다. 여기서 $L_{on} = 20$ 셀일 때의 CDV 값이 $L_{on} = 10$ 셀일 경우에 비하여 약간 감소하는 것은 burst 상태의 정상상태확률이 증가하기 때문이다. 한편 제안 알고리즘의 경우 유효전송속도(평균 셀 도착률)에 영향을 많이 받으므로 $L_{on} = 10$ 셀일 때 CDV의 값이 훨씬 억제된 성능을 나타낸다. 이것은 동일하게 할당된 대역폭 조건에서 평균 셀 도착률이 낮아짐에 따라 부득이하게 발생된 위성의 여유대역폭, 즉 빈 timeslot을 이용한 결과이다. 그림 5-(b)는 BW가 50%로 할당하고, $\lambda_2 = 0.005$, $L_{on} = 10$ 셀일 때, 평균 idle 길이 L_{off} 의 영향을 나타낸다. CNCP 알고리즘의 CDV보상능력은 L_{off} 에 반비례하므로 $L_{off} = 20$ 셀일 경우가 30셀일 경우보다 버스트성이 감소하여 CDV 분포폭이 크게 줄어들게 된다. 그러나 제안 알고리즘의 경우 L_{off} 가 증가할수록 그만큼 빈 time slot의 발생가능성이 커져서 트래픽의 버스트성에 의한 CDV 값의 증가를 역으로 보상해주는 효과를 보인다. 이 결과는 그림 5-(c)에서 λ_2 의 변화에 따른 성능평가에서도 확인할 수 있다. λ_2 가 클수록 T_c 구간 동안 셀 도착이 고루 분포할 가능성이 크므로 버스트성이 억제된다. 따라서 CNCP 알고리즘의 경우 CDV가 작은 값으로 억압되나, 한편 제안된 알고리즘에서는 λ_2 가 전송속도에 미치는 영향이 작으므로 변화가 거의 없음을 알 수 있다. 전체적으로 그림 5의 결과로부터 제안 알고리즘이 기존의 CNCP 알고리즘보다 우수한 CDV 억압성능을 보임을 알 수 있다. 이는 CNCP 알고리즘이 트래픽의 버스트성에 의하여 보상능력이 열화됨에 반하여 제안 알고리즘은 위성 TDMA 버스트의 빈 time slot를 이용하여 트래픽의 버스트성을 억제시키기 때문이다.

제어구간 T_c 의 변화에 따른 제안 알고리즘과 CNCP의 CDV 확률분포를 그림 6에 제시하였다.

여기서 $\lambda_1 = 1.0$, $\lambda_2 = 0.005$, $L_{on} = 10$ 셀, $L_{off} = 20$ 셀이고, 위성대역폭은 전송속도를 고려하여 지상망의 50%로 설정하였다. T_c 의 설정에 관계없이 제안 알

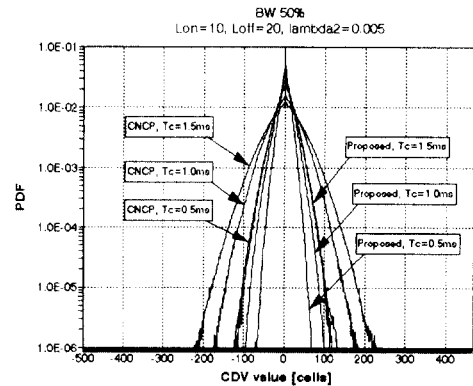


그림 6. T_c 에 따른 CDV 성능비교
Fig. 6 Performance comparison of CDV for various T_c values

고리즘은 CNCP 알고리즘보다 항상 우수한 성능을 유지됨을 알 수 있다. T_c 에 따른 성능변화를 고찰해보면 T_c 의 변화에 따라 CDV가 비례적으로 변화함을 알 수 있다. 이것은 T_c 의 길이가 길수록 분포 가능한 셀간 간격이 증가하기 때문이다. 그러므로 CDV에 민감한 서비스의 경우에는 T_c 를 작게 설계하는 것이 바람직하다. 그러나 T_c 의 역수에 비례하여 부가정보량이 증가하므로 전체 위성망의 채널효율성을 고려하여 설계하여야 한다. 제안된 알고리즘의 경우에는 CNCP 알고리즘보다 요구되는 부가정보량이 적으므로 시스템 설계에 있어 매우 유리하다.

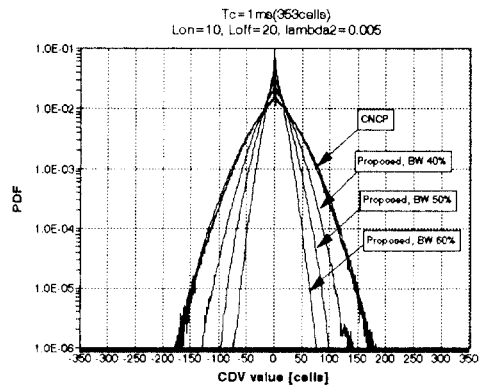


그림 7. 대역압축률과 CDV 분포의 관계
Fig. 7 Performance comparison of CDV for various BW values

그림 7은 위성대역폭의 지상망대역폭에 대한 대역 압축률에 따른 CDV 보상성능을 나타내고 있다. 여기서 트래픽변수는 $\lambda_2 = 1$, $\lambda_2 = 0.005$, $L_{on} = 10$ 셀, $L_{off} = 20$ 셀을 가정하였으며, 제어구간은 $T_c = 1$ ms로 설정하였다. CNCP 알고리즘의 경우 대역압축률과는 본질적으로 무관하여 거의 성능차이가 없는 반면, 제안된 알고리즘은 대역압축률에 따라 CDV 보상능력이 크게 변화한다. 그림 7에서 대역압축률이 클수록(BW가 작을수록) 위성 TDMA의 대역할당은 평균전송률에 가까워지므로 제안 방식은 CNCP 알고리즘의 결과에 접근하나 채널효율을 100%로 만족하는 것이 아니기 때문에 여전히 CNCP 알고리즘보다 나은 성능을 갖는다. 반대로 대역압축률이 작을수록(BW가 클수록) 빈 time slot 수가 증가할 가능성이 크기 때문에 제안 방식은 뛰어난 CDV 보상능력을 가짐을 알 수 있다.

대역압축을 작게 할수록 제안방식의 CDV 성능은 더욱 개선될 수 있으나 위성의 채널 효율이 점차적으로 저하되므로 위성채널대역폭은 지상망의 전송속도, 요구되는 서비스 품질, CDV 보상능력, 트래픽 처리율 및 채널효율을 다각적인 측면에서 고려하여 설계되어야 한다.

VI. 결 론

이 논문에서는 위성 B-ISDN/ATM 망에서 ATM/TDMA 변환에 의해 발생되는 CDV를 보상할 수 있는 새로운 알고리즘을 제안하고 모의실험을 통하여 기존 알고리즘과의 비교성능평가를 수행하였다.

위성망의 송신지구국에 입력되는 ATM 트래픽의 가변적인 특성을 표현하기 위하여 2-state MMPP 트래픽 모델을 사용하였으며, 제안된 알고리즘의 성능평가를 위하여 기존에 개발된 주요 CDV 보상 알고리즘을 다양한 측면에서 고찰하였다. 특히, 기존 알고리즘 중에서 상대적으로 성능이 우수한 CNCP 알고리즘은 모의실험을 통하여 직접적인 비교를 수행하였다.

제안 알고리즘은 다양한 트래픽변수 (L_{on} , L_{off} , λ_1 , λ_2) 및 CDV 보상을 위한 제어시간(T_c)의 변화에 있어 CNCP 알고리즘 보다 매우 우수함을 알 수 있었으며 또한 위성채널의 효율적 이용, 비트에 대한 신뢰성, 시스템 구현의 복잡성 등의 측면에서도 우수함을 알 수 있었다. 그리고 위성망의 대역압축에 따른 CDV 성능변화를 위성대역압축률을 기준으로 평가함으로써 위성채널 효율과 CDV 보상성능의 절충

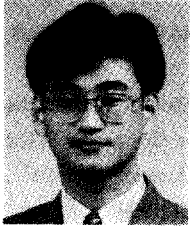
(trade-off) 관계를 도출할 수 있었다.

참 고 문 헌

1. R. R. Mankarous, "A Full Mesh Asynchronous Transfer Mode(ATM) Satellite Communications Network," *Proc. of Milcom '95*, pp. 11-15, 1995.
2. M. Nakayama, et al., "A Satellite Communication System for Interactive Multimedia Networks," *IEICE Trans. Commun.*, Vol. E80-B., No. 1, pp. 103-108, Jan. 1997.
3. G. M. Woodruff and R. Kositpaiboon, "Multimedia Traffic Management Principles for Guaranteed ATM Network Performance," *IEEE Journal on SAC.*, Vol. 8, No. 3, pp. 437-446, April 1990.
4. K. Okada, A. Ohta, K. Shimokawa, and M. Kawai, "A Study on Satellite-Switched TDMA Systems for Applying to The Asynchronous Transfer Mode," *Proc. of ICC '92*, pp. 355-359, 1992.
5. A. Ohta and K. Okada, "Protocols to Accomodate Asynchronous Transfer Mode Cells in Satellite TDMA Links," *Electronics and Communications in Japan - Part 1*, Vol. 78, No. 9, pp. 38-48, 1995.
6. G. Gallassi, G. Rigolio, and L. Fratta, "ATM: Bandwidth Assignment and Bandwidth Enforcement Policies," *Proc. of GLOBECOM '89*, pp. 1788-1793, 1989.
7. Y. Ohba, M. Murata, and H. Miyahara, "Analysis of Interdeparture Process for Bursty Traffic in ATM Networks," *IEEE Journal on SAC*, Vol. 9, No. 3, pp. 468-476, Apr. 1991.
8. P. Yegani, "Performance Models For ATM Switching of Mixed Continuous-Bit-Rate and Bursty Traffic with Threshold-Based Discarding," *Proc. of ICC '92*, pp.1621-1627, 1992.
9. H. Heffes, and D. M. Lucantoni, "A Markov Modulated Characterization of Packetized Voice and Data Traffic and Related Statistical Multiplexer Performance," *IEEE Journal on SAC*, Vol. 6, No. 6, pp. 856-868, Sept. 1986.
10. A. Ohta, K. Okada, and H. Mizuno, "Performance Evaluation of ATM/TDMA Conversion Protocol by Using MMPP Arrival Model," *Proc. of GLOBECOM '94*, pp. 1351-1357, 1994.
11. U. Black, *ATM: Foundation for Broadband Networks*, Prentice-Hall, 1995.



류 동 렬(Dong Ryeol Ryu) 정회원
1997년 2월: 성균관대학교 전자공
학과 졸업(학사)
1997년 3월~현재: 성균관대학교
대학원 석사과정
<연구분야> 위성통신, 이동통신,
디지털통신 기술 등
임



김 병 균(Byung Kyun Kim) 정회원
1992년 2월: 성균관대학교 전자공
학과 졸업(학사)
1994년 2월: 성균관대학교 대학원
전자공학과 졸업(석
사)
1997년 8월: 성균관대학교 대학원
전자공학과 졸업(박
사)

1997년 9월~현재: 한국통신 프리텔 기술부문 개발센
터 근무

<연구분야> 위성통신, 이동통신, 디지털통신 기술 등임

최 형 진(Hyung Jin Choi) 정회원

1974년 2월: 서울대학교 전자공학과 졸업(학사)

1976년 2월: 한국과학기술원 전기전자공학과 졸업(석사)

1976년 3월~1979년 7월: 주식회사 금성사 중앙연구소
근무(연구원)

1979년 9월~1982년 12월: 미국 University of Sou-
thern California 전기공학
과 박사(Ph.D)

1982년 10월~1989년 2월: 미국 LinCom Corp. 연구
원으로 근무

1989년 3월~현재: 성균관대학교 전자공학과(교수)

<연구분야> 디지털통신, 무선통신, 이동통신, 위성통신
및 동기화 기술을 포함한 Modem 기술
등임