

# ATM 교환망에서 VBR 트래픽을 위한 클럭 복원 알고리즘

문 홍 진<sup>†</sup> · 장 성 현<sup>††</sup>

## 요 약

ATM망은 망 내부의 큐잉 랜덤 지연에 의한 CDV의 발생으로 클럭복원의 문제를 안고있다. 큐잉에 의한 지연은 여러 가지 파라메터에 의해 좌우되며 특히 망의 부하와 트래픽이 전송되는 교환기의 수에 의해 크게 좌우된다. CBR 트래픽의 경우 이를 해결하기 위해 SAR 헤더에 송신부의 클럭 정보를 담아 보내고 수신부에서는 이 정보를 바탕으로 송신부의 클럭을 복원하는 SRTS 기법을 사용하고 있다. 그러나 실시간성을 요하는 VBR 트래픽은 CBR과는 달리 대역폭의 가변적인 성질을 가지고 있으며 그 변화가 다양하여 SRTS 기법을 그대로 적용하기 곤란하다. VBR의 경우에 CBR 전송을 위한 SRTS 기법을 그대로 적용하면 주파수의 가변성으로 인해 망 클럭 주파수에 비해 매우 낮은 주파수의 경우에는 사이클이 상대적으로 많아 정보의 정확성이 떨어지게 된다. 이를 방지하기 위해 시미스 클럭의 주파수가 낮은 경우에는 망 클럭 주파수를 낮게 하므로써 정확성을 증가시킬 수 있다. 또한, VBR 트래픽의 경우 AAL1에서는 SRTS의 필요성이 강조되지 않으나 단지 CDV를 제거할 방법이 요구되어진다. 따라서 AAL1의 SRTS를 CDV의 수정을 위한 메카니즘으로 바꾸는 것이 필요하며, 각 Cell에 대한 클럭 정보도 필요하다. 그러므로 이를 해결하기 위하여 본 논문에서는 AAL1에서 제안되고 있는 SRTS 방식을 기반으로하여 Wavelet 변환을 이용한 VBR 트래픽의 클럭 복원방식을 제안한다. 제안된 알고리즘은 ATM 망에서 VBR 영상 서비스를 위한 AAL 계층에 적용이 가능하다. 시뮬레이션 결과는 wavelet 변환 블록에서 출력되는 계수 값을 선택하여 전송함으로써 VBR 트래픽의 보다 다양한 QoS를 만족시킬 수 있음을 보인다.

## Clock Recovery Algorithm for VBR Traffic in ATM Networks

Hong-Jin Moon<sup>†</sup> · Seong-Hyun Chang<sup>††</sup>

## ABSTRACT

ATM Networks have the clock recovery problem by CDV(Cell Delay Variation) due to the queing random delay inside the network. To absorb this CDV at the receiver, SAR(Segmentation and Reassemble) header has a clock information and receiver recovers the source clock by using the header information. The random delay is caused by factors and it is particularly influenced by two parameters: loads of network and the number of switch. Because the real time VBR service needs CDV removal and exact timing between source and receiver, clock recovery schemes that consider those requirements are adequate.

So far, clock recovery schemes for Circuit Emulation of CBR service are proposed. A clock recovery scheme for VBR service is not developed yet, but the scheme will be similar to that of CBR.

We propose a VBR clock recovery algorithm based on the SRTS method of CBR and based on the wavelet transform. Proposed algorithm is available for AAL layer to use a VBR image service in an ATM networks. We can see that a result of simulation has a various QoS satisfying more than VBR traffic because of selecting a value which is outputted from a block of wavelet transform and sending it.

<sup>†</sup> 정 회 원 : 전주대학교 컴퓨터공학과 교수

<sup>††</sup> 정 회 원 : 전북대학교 대학원 컴퓨터공학과

논문접수 : 1998년 3월 14일, 심사완료 : 1998년 10월 13일

## 1. 서론

멀티미디어의 중요한 부분을 차지하고 있는 영상 서비스는 B-ISDN이 제공하는 가장 큰 특징적 서비스의 하나이다. 따라서 다양한 종류의 전달속도 특성(평균 속도, 최대 속도, 버스트 특성 및 분산 등)를 가지고 있으므로 ATM 전송시 각 전송속도 특성에 따라 처리를 할 필요가 있다. 특히 서비스 신호 대역의 특성에 따라 각 영상에 알맞은 처리를 해줌으로써 영상 화질 및 요구 특성을 만족시켜줄 필요성이 있다. 영상 서비스는 트래픽의 특성이 버스트 특성이나 셀의 도착율에서 다른 트래픽과는 상당한 차이를 보이며 대역폭도 64Kbps에서 100Mbps 이상의 다양한 분포 특성을 가지고 있다. 이러한 영상 서비스는 ATM망을 이용하여 CBR 형태로 전송하는 방법과 VBR 형태로 전송하는 방식으로 나눌 수 있다. CBR 형태로 전송하는 경우에는 손실 압축 방법을 사용하게 되므로 화질이 떨어져 서비스 품질이 저하되고 대역폭 효율도 낮다. 그러나 VBR 형태로 전송하면 영상의 품질을 일정하게 유지하며 부호화함으로써 서비스 품질을 일정 수준으로 설정할 수 있고 대역폭을 효율적으로 사용할 수 있다. 특히, 사용자의 다양한 대역폭 요구를 만족시켜줄 수 있으므로 영상 서비스의 전송은 VBR 서비스 형태로 전송하는 것이 바람직하다. 그러나, ATM망에서 VBR 트래픽의 발생 비트율의 변동과 망에서 발생하는 지연에서의 변동이 실제 전송 시스템의 설계에 있어서는 커다란 문제가 되고 있다. 기본적으로 저장 후 전송하는 셀의 큐잉에 의해 발생하는 지연 및 셀 지연 변이(CDV : Cell Delay Variation), 셀 손실 등은 실제 전송 시스템의 제어 및 관리에 커다란 문제점을 야기시키고 있다. 특히 CDV는 수신단에서의 정확한 클럭 복원을 할 수 없게 한다. 이러한 문제점을 해결하지 않는 한 ATM망의 고속성과 대역폭 효율성 및 트래픽의 통합 등의 주요 이점은 한계를 가지게 된다. 또한 CDV는 이를 제거하기 위한 수신기의 버퍼 크기에 영향을 주며, 결과적으로 종단간 지연에도 영향을 끼치게 된다. 그리고 노드에서의 CDV는 원 신호의 트래픽 특성을 변화시킴으로써 트래픽 제어 및 체중 제어에도 영향을 미치게 된다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위하여 CDV 제거를 위한 수신단에서의 클럭복원 기법이 필요하다.

CBR 서비스의 경우 AAL1에서 SRTS(Synchronous

Residual Time Stamp) 기법을 이용하여 소스 클럭을 추출하여 동기클럭을 제공한다[1]. 그러나 VBR 서비스의 경우 클럭 주파수의 가변성으로 인해 망 클럭에 비해 매우 낮은 주파수 클럭에서는 정보의 정확성이 떨어지게 된다. 따라서 서비스 클럭의 주파수가 낮아지면 망 기준 주파수도 낮아져야 할 필요가 있다.

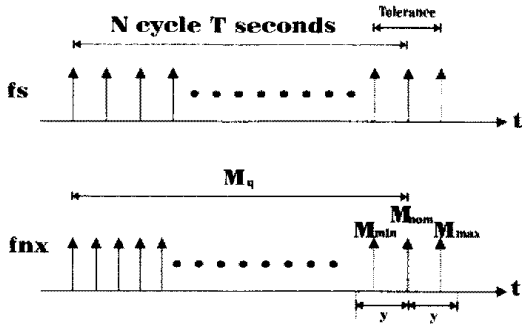
이를 해결하기 위하여 본 논문에서는 AAL1의 SRTS의 기법을 기반으로 실시간 영상 트래픽의 클럭복원 알고리즘을 제안하였다. 이를 위하여 wavelet 변환을 실시간 트래픽에 적용하여 트래픽 파라미터를 예측하고 이를 클럭복원 알고리즘에 적용하였다.

## 2. AAL1에서의 SRTS 기법

AAL1에서의 동기화는 계층 신호의 회선 경쟁과 엄격한 지연 요구 조건을 가지고 있는 회선 에뮬레이션에 특히 중요하다. SRTS(Synchronous Residual Time Stamp) 기법은 송신기와 수신기에서 공통 타이밍정보를 사용한다. SDH 또는 북미의 동기식 광 네트워크(SONET)는 ATM 전송 계층의 물리계층의 전송 수단으로 사용되어졌고 공통 참조 클럭의 사용이 가능하다. 이렇게, SRTS 기법은 송수신기에서 동일한 참조 주파수를 사용하는 개념에 기반을 둔다. SFET에서와 같이 망 클럭을 나눈 클럭과 소스 클럭의 차이를 측정하고 효율적인 방법으로 수신기에 이 정보를 전송한다. 주파수 차이를 측정하기 위한 방법은 TS와 비슷하게 N셀을 주기로 측정한다. 이것은 다른 소스 주파수의 수용을 허락한다.

SRTS 기법의 개념을 다음 (그림 1)에서 보여준다. N개의 서비스 크럭 사이클에 의해 측정되는 고정된 시간 T초 동안에 망 클럭 사이클  $M_q$ 의 값이 송신기에서 얻어진다[1]. 만약 이  $M_q$  값이 수신단에 전송된다면 소스의 서비스 클럭은 수신기에서 쉽게 재구성이 가능하다. 이때,  $f_{nx}$ ,  $M_q$ , N과 같은 정보가 필요하게 된다. 실제적으로  $M_q$ 는 nominal 부분과 residual 부분으로 구성이 된다. nominal 부분인  $M_{nom}$ 은 T초 동안에 해당하는  $f_{nx}$  사이클의 nominal 값에 해당된다. 이 값은 각각의 서비스에 대하여 고정된 값으로 송신단과 수신단에서 공통으로 사용되며 상수 값이 되기 때문에  $M_q$ 의 nominal 값은 수신기에서 사용이 가능하다.  $M_q$ 의 residual 부분은 양자화 효과와 같은 주파수 차이 정보를 포함하게 되며 그 값은 각 셀마다

서로 다른 값을 가질 수 있다. 송신기에서는  $M_q$ 의 residual 부분의 값만을 전송하므로써 수신기에서 쉽게 클럭 정보를 복원할 수 있다.

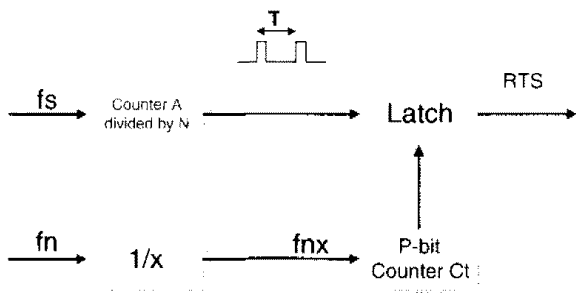


(그림 1) SRTS 알고리즘 개념도  
(Fig. 1) Concept of SRTS algorithm

개념 설명을 위해 다음 용어가 사용된다.

- $f_{mx}$  : 망으로부터 유도된 클럭 주파수  $f_{mx} = f_n \times z$ ,  
z는 정수
- $f_n$  : 서비스 클럭 주파수
- N : 서비스 클럭 ( $f_n$ ) 사이클의 단위에서 RTS의 주기
- $T_n$  : RTS(second)의 n번째 주기
- $\epsilon$  : 서비스 클럭 주파수의 지연(per million)
- $M_n (M_{nom}, M_{max}, M_{min})$  : n번째(nominal, maxium, minimum)
- RTS 주기 안에  $f_{mx}$  사이클의 수

RTS 즉,  $M_q$ 의 residual 부분은 (그림 2)와 같이 간단한 방법으로 쉽게 구할 수 있다.



(그림 2) RTS(Rasidual Time Stamp) 생성 블럭도  
(Fig. 2) Generation block of RTS

카운터 Ct는 망 클럭에 의해 유도된  $f_{mx}$ 에 의하여 연속적으로 계수되는 P-bit 카운터이다. 카운터 Ct의

출력은 매 N 서비스 클럭 사이클마다 샘플링된다. 이 P-bit 샘플이 바로 RTS(Residual Time Stamp) 값이 된다. 수신기에서는 이러한 RTS 값에 대한 정보와  $M_q$ 의 nominal 부분에 대한 정보를 알면 완전하게  $M_q$  값이 재구성이 된다. 이렇게 구한  $M_q$  값을 수신기에서 서비스 클럭정보를 얻기 위하여 PLL에서 참조 타이밍 정보로 사용된다.

RTS 샘플링 주기 사이에서의 관계는 클럭 주파수비, 즉 서비스 클럭 허용도와 RTS의 크기가 이미 논의되었고 여기에 필요한 파라미터들이 1991 CCITT 회의에서 채택 되었다. 다음은 G.702신호의 비동기망 전송에 사용되는 신호에 대한 파라미터이다.

$N = 3008, (8 \text{ cells})$

$\frac{f_{mx}}{f_n} \leq 2$

지연수용 :  $\leq 200 \times 10^{-6}$

RTS의 크기 : 4비트

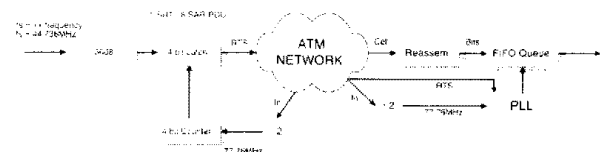
N과 4비트 RTS의 선택은 3비트 시퀀스 번호를 가진 분래의 프레임 구조를 바탕으로 하며 CCITT에 명시되었다. 프레임 8비트들의 4비트는 RTS를 위해 배치되고 남아 있는 4비트들이 CS pointer의 식별을 위해 사용된다. 망 유도 클럭 ( $f_{mx}$ )은 155.52MHz 망 클럭 ( $f_n$ )으로 부터 쉽게 분주될 수 있다.

SDH network을 위한 망 유도 클럭  $f_{mx}$ 는 155.52 MHz로부터 다음과 같이 조정되어 사용된다.

$$f_{mx} = 155.52\text{MHz} \times 2^k, \quad k=0,1,\dots,11 \quad (1)$$

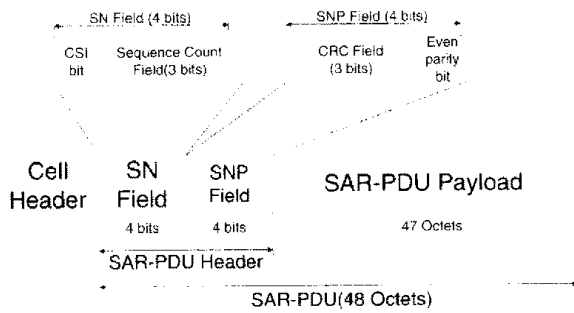
SAR 오버헤드는 3bit CRC와 1 패리티 비트에 의해 보호되며 전송에러에 대처하기 위하여 삽입된다.

(그림 3)은 SRTS 기법을 ATM 네트워크에서 사용한 예를 보여준다.



(그림 3) SRTS의 사용 예  
(Fig. 3) Example of SRTS

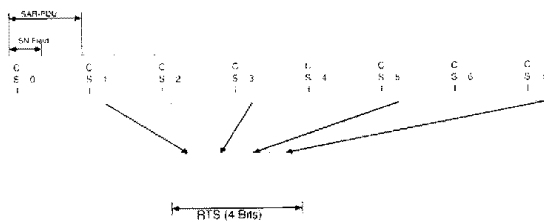
(그림 4)는 AAL1의 SAR-PDU Header 포맷을 보여준다.



(그림 4) SAR-PDU Header  
(Fig. 4) SAR-PDU Header

4 Bit의 RTS 값은 SAR-PDU Header 내의 CSI bit에 의하여 serial bit stream으로 전송되어진다. SAR-PDU는 순차 계수(SC) 필드에 의해 0에서 7 사이의 사이클링 번호를 송수신하고 숫자의 연속성을 검사하여 셀 손실 및 셀 오 삽입을 검출한다. 이때 RTS 정보는 그림 5와 같이 순차 계수값이 기수일 때 1, 3, 5, 7번째 셀의 CSI bit 값을 합하여 4 bit RTS 값을 만든다.

RTS의 MSB bit 값은 순차 계수값이 1인 SAR-PDU의 CSI bit가 된다. 또한 순차계수 값이 우수일 때는 CSI bit가 구조 데이터 전송의 포인터의 유무에 대한 정보를 포함한다.



(그림 5) RTS 재구성  
(Fig. 5) Reconstruction of RTS

### 3. Wavelet 변환을 이용한 트래픽 파라미터 예측

Wavelet 이론은 처음 응용수학에서 소개된 이후 최근 인식분야에서 연구되어 온 다중해상도 표현과 연관성이 있음이 밝혀졌으며 이산 wavelet 이론은 필터설계 방법과 동일하고 대역분할과 연관성이 있다[6,7,8]. Wavelet 변환의 시간 주파수 결합 공간에서 시간은

선형으로, 주파수는 대수적인 크기로 나누어진다. Wavelet 변환을 이용한 트래픽의 평균 셀율을 구한 값은 트래픽의 파라미터로서 사용이 가능하다.

이러한 파라미터는 파라미터의 다중 값으로 표현될 수가 있으므로 각각의 응용에서 요구하는 QoS에 적절한 파라미터를 선택하여 사용이 가능하다. 또한 트래픽의 변동이 심한 VBR의 경우 트래픽 파라미터(셀간 도착시간 등)의 변동이 심한 고 주파수 대역에서는 세밀한 분포를 가지게 하고 낮은 주파수에 대해서는 상대적으로 넓은 분포를 가지게 할 경우 긴 저주파수 성분에서의 잡자기 나타나는 고 주파수 성분이 섞인 신호의 경우에도 쉽게 처리할 수 있다. 입력 트래픽의 measurement  $A(s)$ 는 iteration 레벨 1의 다음 식(2)와 같이 2가지의 wavelet 변환 요소로 표현이 가능하다.

$$W[A(s)] = L_1(s) + H_1(s) \quad (2)$$

즉, 입력 트래픽  $A(s)$ 는 wavelet 변환에 의하여 저주파 밴드인  $L(s)$ 와 고주파 밴드의 값  $H(s)$ 로 나누어진다. 이때  $L(s)$ 의 값은 다음 레벨의 wavelet 변환을 위하여 다시 입력으로 피드백 되어지며 iteration 레벨  $j$ 의  $L_{j-1}(s)$  값 역시 다음 식 (2)와 같이 2가지 요소로 표현된다.

$$W[L_{j-1}(s)] = L_j(s) + H_j(s) \quad (3)$$

$A(s)$ ,  $s = 0, 1, \dots$  : Traffic measurement(RTS or 셀간 도착시간)

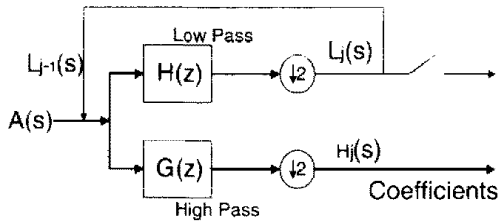
$j = 0, 1, 2, 3, \dots, n$  : iteration level

$L_j(s)$  : low-frequency in level  $j$

$H_j(s)$  : high-frequency in level  $j$

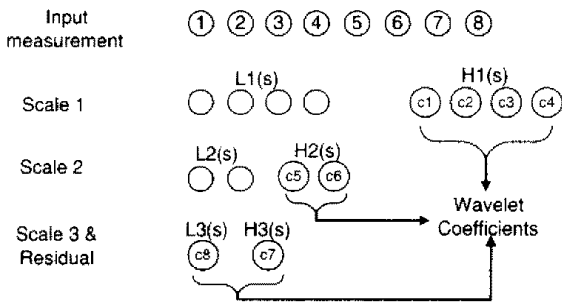
$C_j(s)$  : wavelet coefficients

이때, 망 트래픽 파라미터로 전송하여 클럭 복원에 이용되어질 wavelet 변환의 coefficient  $C_j(s)$ 의 값은 고주파 밴드의 출력 값  $H_j(s)$ 의 값을 취하고  $m$  레벨에서 최종적으로 발생하는 저주파 밴드 1개의 값을 취하여 전송하게 된다. 수신단에서는  $C_j(s)$ 의 값을 수신하여 wavelet의 역 변환에 의해  $A(s)$ 를 완벽하게 재구성이 가능하다. (그림 6)은 wavelet 계수 값  $C_j(s)$  값들을 얻기 위한 FWT (Fast Wavelet Transform)의 구조를 보여준다.



(그림 6) FWT 구조도  
(Fig. 6) Structure of FWT

입력 파라미터의 수 즉, wavelet window 크기에 따른 wavelet 계층적 구조는 (그림 7)과 같다. 첫 번째 계수  $c_1, c_2, c_3, c_4$ 은 고주파 밴드의 출력 값을 취하며 고주파 밴드와 같은 개수로 저주파 밴드에서 입력 1/2 개가 생성되는 값들은 다시 2번째 scale  $c_5, c_6$ 의 생성을 위해 재입력된다. 최종적으로 생성되는 계수  $C(s)$ 의 수는 입력 파라미터의 수와 동일하게 된다.



(그림 7) Wavelet 변환의 계층 구조  
(Fig. 7) Hierarchical structure of Wavelet transform

이때, scale 3의 출력 저주파 계수  $L3(s)$ 의 값은  $A(s)$ 의 평균값과 같아지게 된다. 이 값은 망 클럭 주파수를 재설정하기 위한 값의 계산을 위해 사용된다.

4. VBR 트래픽 클럭복원 알고리즘

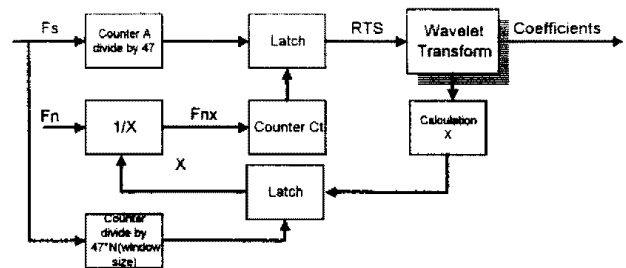
VBR 트래픽은 CBR과는 달리 내역폭의 가변적인 성질을 가지고 있으며 그 변화가 다양하고 그 값 또한 매우 작은 단위까지 변하게 된다. 따라서 VBR의 경우에 CBR 전송을 위한 SRTS 기법을 적용하면 주파수의 가변성으로 인해 낮은 주파수 클럭에서 4 비트로 계수하면 망 클럭에 비해 매우 낮은 주파수의 경우에는 사이클이 상대적으로 많아 정보의 정확성이 떨어지게 된다. 이를 방지하기 위해 서비스 클럭의 주파수가

낮은 경우에는 망 기준 주파수도 낮춤으로 정확성을 증가시킬 수 있다. 이를 위해서 제안한 알고리즘은 wavelet window 크기 안에서의 평균 셀간 시간을 구하여 전송한다. 실제로 이 값은 wavelet 변환의 계수 값으로 구해지는데, (그림 7)에서 발생한 coefficient 값들 중  $C8$ 이 그 값에 해당한다.

또한, VBR 서비스를 전송하기 위해서는 AAL1과 같이 SRTS의 필요성이 강조되지 않으며 단지 CDV를 제거할 방법이 요구되어진다. 따라서 VBR 트래픽의 경우 AAL1의 SRTS를 CDV의 측정을 위한 메카니즘으로 바꾸는 것이 필요하다. 즉, CDV는 Time Stamp를 전송하는 Cell에 의해서만 유도가 가능한데 모든 Cell에 대하여 이 정보가 필요하다. 본 논문에서는 AAL1에서 제안되고 있는 SRTS 방식을 기반으로 한 VBR 클럭 복원방식을 wavelet 변환을 이용한 구조로 제안한다.

4.1 송신단에서의 RTS 생성부

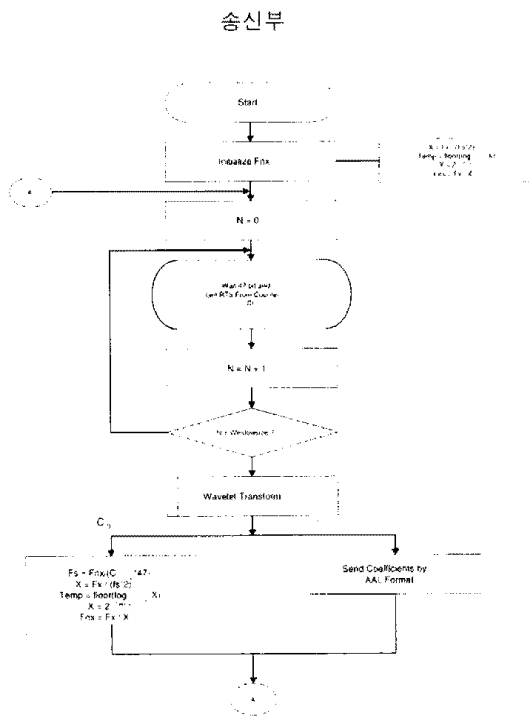
SRTS 기법과 비슷하게 망 클럭을 나눈 주파수와 소스 클럭의 차이를 측정하고 효율적인 방법으로 이 정보를 전송한다. 주파수 차이를 측정하기 위한 방법은 SRTS와 다르게 1 Cell을 주기로 측정한다. 즉, RTS 값은 1 cell 단위로 샘플링 되어 wavelet 변환의 입력 값이 된다. wavelet 변환 블록은 window 크기인 n개의 샘플을 입력 받아 변환에 의한 coefficients 값을 출력하고 이 값을 다음에 제안하는 AAL Format의 형태로 전송하게 된다. 또한, 가변적인 주파수 변환을 수용하는 망 클럭을 계산하기 위하여 wavelet 변환에 의해 발생한  $Lm(s)$  값은 X 값을 계산하는 데 사용된다. (그림 8)은 이러한 wavelet coefficients 값을 구하는 RTS 생성부를 보여주고 있다.



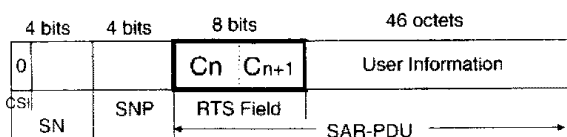
(그림 8) wavelet 변환에 의한 RTS 생성부  
(Fig. 8) Generation block of RTS using Wavelet transform

이때, (그림 8)의 RTS 생성도의 흐름도는 (그림 9)와 같다.

제안된 구조로 wavelet 변환되어 발생한 RTS 값들은 AAL1 format과 비슷하게 전송이 되나 본 논문에서는 RTS 값들이 CSI 비트를 이용하여 전송하지 않은 점이 다르다. 셀 순차 번호가 1, 3, 5, 7번인 셀의 CSI 비트는 0으로 채우고 나머지 47 octets는 SAR-PDU Payload를 전송하게 된다. 이때 wavelet 변환된 RTS 값들은 SAR-PDU payload 부분 중 1 Octet을 이용하여 전송하게 되는데 (그림 10)과 같이 셀 순차 번호가 1, 3, 5, 7번인 셀은 그 SAR-PDU의 첫 번째 octet을 RTS 값을 위하여 사용하고 나머지 46 octet은 사용자 정보를 전송하게 된다. 이때 RTS의 부분은 각 Cell마다 4 비트를 할당하고 1개의 octet에 2개의 RTS 정보를 전송하게 된다.



(그림 9) RTS 생성부의 흐름도  
(Fig. 9) Flowchart of RTS generation

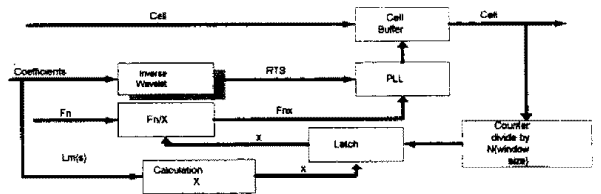


(그림 10) AAL Header Format  
(Fig. 10) AAL Header Format

4.2 수신단에서의 클럭복원 알고리즘

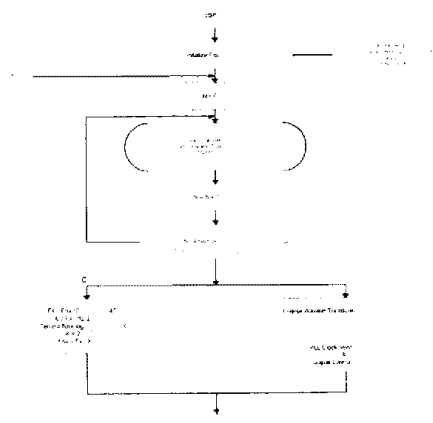
수신단에서의 클럭 복원 알고리즘은 (그림 11)과 같다. 수신단에서는 송신단에서 보내온 정보들을 이용하여 송신부 클럭을 복원하는데, 우선 SAR-PDU에서 RTS 정보를 추출한다. 망 클럭 주파수는 이전 window에서 구해진 X값에 의해 이미 변화되어있는 상태로 시작한다. SAR-PDU에서 추출된 RTS 정보는 wavelet 변환부로 입력되어 역 wavelet 변환을 수행한다. 결과로 송신단의 원래 RTS 값 A(s)가 생성이 된다. 이 정보는 PLL의 위상 수렴부로 전송이 되어 수신단의 클럭 주파수를 변화하면서 PLL의 위상을 수렴시켜 송신부의 서비스 클럭을 복원한다. 또한, 송신단에서 전송되어진 X를 구하기 위한 값은 다시 계산되어져 다음 window 크기의 셀을 복원하기 위한 망 클럭 주파수를 재설정하게 된다.

이렇게 제안한 알고리즘은 AAL1의 SRTS 방식을 기반으로 구조를 제안하였기 때문에 CBR 클럭복원 구조와 매우 비슷하다. 이는 제안된 구조를 이용하여 CBR 트래픽의 전송도 가능함을 의미한다.



(그림 11) 클럭 복원 알고리즘 블록  
(Fig. 11) Block of clock recovery algorithm

또한, 수신부의 클럭복원 알고리즘 블록의 흐름도는 (그림 12)와 같다.



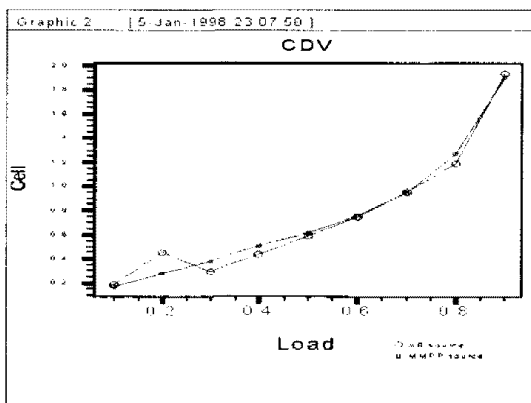
(그림 12) 클럭복원 알고리즘 흐름도  
(Fig. 12) Flowchart of clock recovery algorithm

### 5. 컴퓨터 시뮬레이션 및 성능 분석

영상 트래픽의 모델은 포아송 모델과 AR(Auto-regressive) 모델, MMPP(Markov Modulated Poisson Process) 모델, Renewal Process를 사용한 모델 등이 있는데, AR 모델은 비디오 폰이나 영상회의와 같이 움직임이 적은 영상 정보에 대한 모델로 사용되며 일정 시간 간격을 가지고 화면이 부호화되는 사실과 부합하여 트래픽 특성이 나타난다. 즉, 일정주기 간격으로 포아송 분포의 수만큼 트래픽이 발생하며 셀간 간격은 CBR의 특성을 가진다. 또한, MMPP 모델은 화면에 움직임 정도가 큰 영상 신호를 모델링하는데 제안되고 있으며, 두 상태(State)에 의해 신호가 발생되며 각기 다른 평균값을 가지고 포아송 분포로 트래픽을 발생시킨다. 두 상태에 머무르는 시간은 서로 다른 평균값의 지수분포를 따른다. 따라서, 본 논문에서는 제안한 CDV 제거 알고리즘의 성능을 평가하기 위하여 AR 모델과 MMPP 모델을 이용한 VBR 트래픽을 발생하여 이 트래픽이 수신단에서 CDV의 제거 능력을 살펴본다. AR 모델은 일정한 시간을 기준으로 트래픽 발생의 변화를 가져오는 반면 MMPP 모델은 트래픽의 변화가 가변적인 시간 간격을 두고 변화하여 더 큰 트래픽의 변화를 수용할 수 있다.

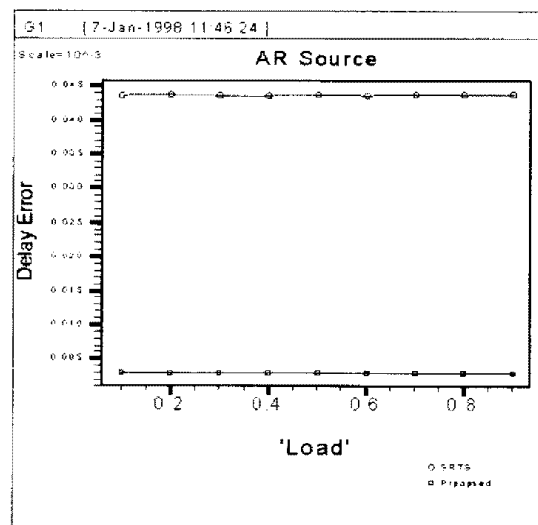
VBR 트래픽의 CDV에 영향을 주는 Back-ground 트래픽으로는 CBR 트래픽과 포아송 분포를 가지는 트래픽이 제공되어진다.

(그림 13)은 다중화된 트래픽이 교환기를 거쳐 전송될 때 Back-Ground로 제공되는 트래픽의 부하량에 따라서 변화된 셀 간격의 평균을 구한 그래프이다.



(그림 13) 부하량에 따른 AR, MMPP 트래픽의 CDV 그래프  
(Fig. 13) CDV Graph of AR, MMPP Traffic

그림에서 볼 수 있듯이 Back-Ground 트래픽의 부하량이 클수록 셀 간격의 변이율도 급격히 증가함을 알 수 있다. 이렇게 변이된 셀 간격은 수신단에서 복원해야 하는데, CBR 트래픽인 경우에는 현재 SRTS 기법을 이용하여 효율적으로 복원이 가능하다. 그러나 VBR 트래픽의 경우 소스 클럭의 가변성에 의해 효율적인 복원이 어려운 단점이 있다. 즉, 소스 클럭의 변동에 맞추어서 망 클럭도 변화를 시켜주어야 할 필요성이 있다. 또한, VBR에서는 모든 셀을 위한 CDV 제거 알고리즘이 필요하다. 따라서 VBR 트래픽의 효율적인 CDV의 제거를 위해서 제안한 알고리즘의 성능을 분석하기 위한 비교로 본 연구에서는 SRTS 기법을 이용하여 비교를 수행하였다. (그림 14)와 (그림 15)는 이러한 비교로 다중화된 VBR 트래픽인 AR 트래픽과 MMPP 트래픽이 교환기를 거쳐 출력되는 셀의 CDV를 SRTS와 제안한 알고리즘으로 제거한 그래프를 보여준다.

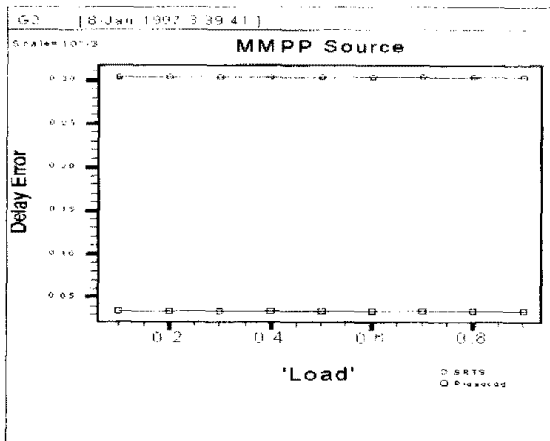


(그림 14) AR 트래픽의 복원된 CDV 그래프  
(Fig. 14) Recovered CDV Graph of AR traffic

(그림 14)는 비교적 움직임이 적은 영상을 모델링한 소스로 AR 모델의 CDV를 보여준다. 트래픽의 발생량 분포가 변동이 심하지 않기 때문에 SRTS 기법과 큰 차이는 보이지 않으나 작은 트래픽 변동에서도 능동적으로 대처 가능한 제안한 알고리즘이 성능이 좋음을 볼 수 있다. 이때 발생하는 에러는 Wavelet 변환에 의한 coefficient의 실수값을 양자화한 에러만 발생할 뿐인데 반하여 SRTS에 의한 에러는 트래픽 발생 변동

량에 대한 4bit 카운터의 오버플로우에 의한 예러이다.

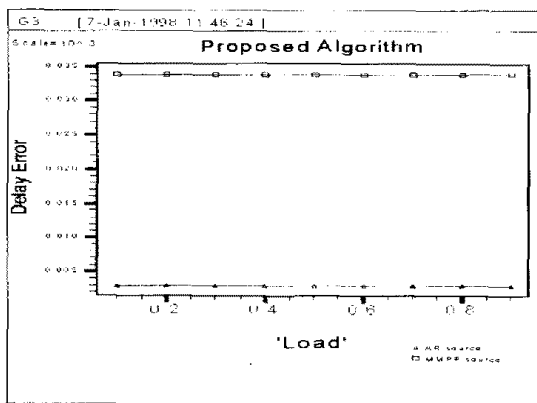
(그림 15)는 영상의 움직임이 심하여 발생 분포가 매우 크게 변동하는 영상의 트래픽 모델인 MMPP 모델에 대한 CDV 제거 능력을 보여주는 그래프이다.



(그림 15) MMPP 트래픽의 복원된 CDV 그래프  
(Fig. 15) Recovered CDV Graph of MMPP traffic

SRTS 기법은 복원된 예러가 AR 트래픽의 경우보다 상당히 커짐을 볼 수 있다. 반면에 제안된 알고리즘의 경우 SRTS 기법에 비해 보다 작은 예러를 발생하여 CDV 제거 능력이 우수함을 보여준다.

한편, (그림 14)와 (그림 15)에서 공통으로 볼 수 있듯이 제안한 알고리즘이나 SRTS 기법은 망의 부하량에 및 다중화되는 트래픽의 부하량에 관련이 없음을 보여주는 데, 이것은 부가 정보로 앞 셀과의 시간 간격을 RTS값으로 전송하기 때문에 수신단에 도착하는 셀의 변이를 망과 교환기와는 분리하여 다룰 수 있는 장점이 있다.



(그림 16) AR, MMPP 모델의 CDV 복원 그래프  
(Fig. 16) Recovered CDV Graph of AR and MMPP model

(그림 16)은 제안한 알고리즘의 VBR 트래픽 모델에 따른 CDV 제거 능력을 보여준다. 제안한 알고리즘은 역시 움직임이 적은 영상 즉, 트래픽의 발생 분포가 변동이 작은 영상에 대하여 우수한 성능을 보임을 알 수 있다.

## 5. 결 론

VBR 트래픽을 SRTS 방법으로 전송하는 경우 트래픽의 서비스 클럭이 망의 클럭보다 상대적으로 매우 낮아질 경우 정확한 복원이 어려운 단점이 있다. 따라서 VBR의 경우 소스 클럭의 변동에 따라서 망의 기준 클럭도 변동시켜야 할 필요가 있다.

본 논문에서는 VBR 트래픽의 CDV를 제거하기 위한 클럭복원 방법으로 wavelet 변환을 이용한 알고리즘을 제안하고 이의 성능을 시뮬레이션을 통하여 평가하였다. 결과로 제안한 알고리즘의 성능이 VBR 트래픽의 경우 소스 클럭을 SRTS 방법보다 효과적으로 복원이 가능함을 보였다. 또한 제안한 알고리즘은 CBR의 경우에 적용이 가능하다.

이러한 결과는 제안한 알고리즘이 ATM 망에서 VBR 영상 서비스를 위한 AAL 계층에 이용이 가능하고, wavelet 변환 블록에서 출력되는 계수 값을 선택하여 전송함으로써 VBR 트래픽의 보다 다양한 QoS를 만족시킬 수 있는 장점이 있다.

## 참 고 문 헌

- [1] ITU-T Recommendation I.321, I.363, I.211, I.371, 1993.
- [2] ATM UNI Specification Version 3.0, The ATM Forum.
- [3] Hiroshi Ishida, Hiroshi Inoue, Yoshikatsu Shiraiishi, "A Multiplexing Method in Consideration of Cell Delay Variation," ICC '94.
- [4] Jun Won Lee and Byoung Gi Lee, "MMPP-Model Based Analysis of Cell Delay Variation in ATM Networks, ICCCN '94, pp.12-16.
- [5] Olivier Rioul and Martin Vetterli, "Wavelet and signal processing." IEEE Signal Processing Magazine, October 1991.
- [6] J. Woods and S. O'Neil, "Subband Coding of



Images." IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing, Vol.ASSP-34, No.5, pp. 1278-1288, October 1986.

- [7] S.G. Mallat, "A Theory for Multiresolution Signal Decomposition : The Wavelet Representation," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 11(7):674-693, July 1989.
- [8] Daubechies, "Orthonormal bases of compactly supported wavelets," Comm. Pure Appl. Math., Vol.41, No.7, pp.909-996, 1989.



### 문 홍 진

e-mail : hjmoon@jeonju.ac.kr

1983년 전북대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1986년 전북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

1991년 전북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

1991년~현재 전주대학교 컴퓨터공학과 부교수

관심분야 : ASIC 설계, 음성인식



### 장 성 현

e-mail : chang@mdmc.chonbuk.ac.kr

1992년 전주대학교 전자계산학과 졸업(이학사)

1997년 전북대학교 정보통신공학과 졸업(공학석사)

현재 전북대학교 컴퓨터공학과(박사과정)

현재 전주대학교 컴퓨터공학과 시간강사

관심분야 : ATM Network, 무선 ATM, 이동통신