

論文96-33A-3-6

수신 데이터의 버퍼 점유율을 이용한 적응클럭 복원

(An adaptive clock recovery utilizing data buffer filling rate)

李鍾滢*, 金太均**

(Jong-Hyeong Lee and Tae-Kyun Kim)

요 약

본 논문에서는 수신측에 전달되는 서비스 데이터의 버퍼 점유율을 기준으로 송신측의 소스클럭을 복원하는 새로운 방법을 제시한다. 제안 방법은 ATM망에서 셀지터의 평균치가 0으로 수렴하는 성질을 이용하여 셀지터를 수신 버퍼의 평균치로 유도함으로써 소스클럭을 복원하므로 송신측의 타이밍 정보를 사용하는 방법에 비해 간단하다. 제안한 클럭복원방법은 종단간 공통의 망클럭이 요구되지 않으므로 디지털 동기식계위 및 유사 동기식 계위에 모두 적용된다. 제안 방법은 대화형 영상통신 시스템을 구축하여 송신측의 타이밍 정보를 전달받는 기존의 방법과 비교한 결과 복원 클럭의 지터특성이 우수하고, H/W 측면에서도 간단하여 구현이 용이하였다.

Abstract

In this paper we propose a new timing recovery method by means of utilizing service data filling rate instead of timing information of transmitter. A proposed algorithm controls the Phase Locked Loop in the opposite direction to data filling rate of FIFO in receiver, and it is based on the fact that average of cell jitters is zero. The proposed method is simple compared with timing information method of transmitter. It can be utilized for timing recovery in Synchronous Digital Hierarchy as well as in Plesiochronous Digital Hierarchy without common reference clocks in end-to-end terminals. We implement the interactive video communication system and test the proposed algorithm. As a result, we have confirmed that it yields good performances in terms of jitters characteristics and hardware complexity.

I. 서 론

ATM은 53옥텟의 고정길이 셀을 사용하여 사용자가

요구하는 전송 대역을 자유롭게 할당할 수 있고, 버스트한 속성을 갖는 트래픽을 수용할 뿐만 아니라 비대칭형 대역할당이 가능하다. 또한 통계적 다중화를 통한 자원의 효율적 사용과 여러 종류의 트래픽 특성에 따라 서비스 품질을 보장할 수 있으므로 광대역 종합정보통신망(B-ISDN : Broadband Integrated Services Digital Network)이 추구하는 동일한 네트워크에서의 통합된 서비스^[1]를 제공할 수 있다.

* 正會員, 韓國電子通信研究所

(Electronics and Telecommunications Research Institute)

** 正會員, 忠南大學校 컴퓨터工學科

(Dept. of Computer Eng., Chung-Nam Nat'l Univ.)

接受日字: 1995年10月19日, 수정완료일: 1996年3月4日

ATM을 전달 모드로 채택한 B-ISDN에서 항등비트율(CBR : Constand Bit Rate) 서비스의 수용은 기

존 통신망의 서비스 연동 측면 뿐만 아니라 다양한 트래픽 특성에 맞는 서비스 품질(QOS: Quality Of Service)을 제공한다는 측면에서 중요한 의미를 갖는다.

ATM은 고정길이의 셀을 통한 패킷통신일 뿐만 아니라 통계적으로 다중화하므로 송신측에서 생성된 ATM 셀의 주기성이 수신측에서는 분실되므로, 지연 지터가 적고 송수신 사이에 동기화 유지되어야 하는 항동비트율 서비스를 제공하기 위해서는 종단간(End-to-end)에서 서비스 클럭이 복원되어야 한다. ATM 적응계층에서의 소스클럭복원은 물리계층 또는 다중화/역다중화기의 비트 타이밍 동기화는 성질이 근본적으로 다르다. 왜냐하면 ATM에서는 53 옥텟으로 길이가 고정되어 있으며 헤더 등의 정보는 특별한 의미로서 해석되어야 하기 때문에 비트 스템핑(bit stuffing)기법으로 처리할 수 없다.

AAL1(ATM Adaptation Layer type 1)에서 소스클럭복원 방법은 송신측의 타이밍 정보를 수신측에 전달하여 복원하는 방법과 송신측의 정보에 독립적으로 수신측 자체에서 클럭을 복원하는 방법이 있다. 전자인 나머지시간 타임스탬프(SRTS : Synchronous Residual Time Stamp)방법은 송신측에서 자신의 서비스클럭에 대한 타이밍 정보를 수신측에 전달하고, 이를 통하여 소스 클럭을 복원한다^[3]. 그러나 타이밍 정보를 표현하기 위해서는 종단간 공통의 망클럭이 필요하다. 따라서 그림 1 에 도시한 것과 같이 종단간 공통의 망클럭이 존재하지 않는 유사동기식 디지털 계위(PDH: Plesiochronous Digital Hierarchy)와 동기식 디지털 계위(SDH: Synchronous Digital Hierarchy)가 복합된 망구조에서는 단말1과 단말4 이외에는 나머지시간 타임스탬프 알고리즘을 적용하기가 곤란하다.

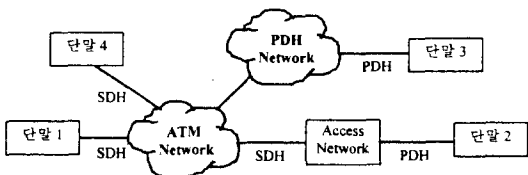


그림 1. 복합망에서의 소스클럭복원 방법
Fig. 1. Source Clock Recovery in SDH and PDH Network.

이 논문에서는 공통의 망클럭에 의한 타이밍 정보를 사용하지 않고 수신측에 전달되는 데이터량을 기준으로

소스클럭을 복원하는 새로운 적응클럭방법을 제안하고, 기존 알고리즘과 성능을 비교한다.

II. 소스 클럭복원 알고리즘

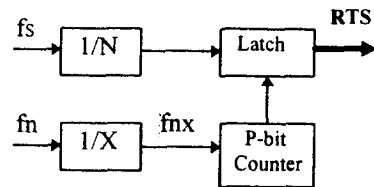
ITU-T I.363에서는 AAL1의 소스클럭복원 방법으로 나머지시간 타임스탬프 알고리즘과 적응클럭 방법을 권고하고 있다.

1. 나머지시간 타임스탬프 알고리즘

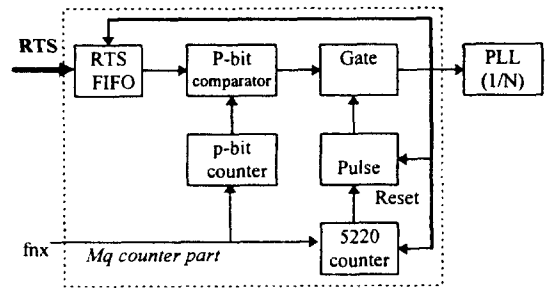
나머지시간 타임스탬프 소스클럭 복원방법은 송신측의 서비스클럭(fs)에 관한 타이밍 정보를 망클럭(fnx)을 사용하여 RTS(Residual Time Stamp)로 표현 전달하고, 수신측에서는 이 RTS값을 이용하여 송신측의 서비스클럭을 복원한다^{[3][4]}.

$$M = N * (fnx/fs), N \approx 3008(8 \text{ cell} \times 47 \text{ octet} \times 8 \text{ bit}) \quad (1)$$

$$fs = N * (fnx/Mq), Mq = RTS + M \text{의 MOD}16 \text{ 값} \quad (2)$$



(a)



(b)

그림 2. (a) RTS 생성
(b) RTS 수신에 의한 클럭복원구성도

Fig. 2. (a) RTS Generation
(b) Clock Recovery by Receiving RTS Value

송신측에서는 N 주기 동안의 타임스탬프를 공통클럭 (fnx)을 이용하여 식 (1)과 같이 M으로 표현하고, M 값중 MOD16의 나머지인 RTS값만을 전송한다. 수신측에서는 수신된 RTS값과 M의 몫을 더한 Mq값과 N, fnx를 이용하여 소스클럭(fs)를 복원할 수 있다. 그림2에는 RTS값의 생성 및 수신측의 블럭도를 도시 하였다^{15) 16)}.

그러나 이 알고리즘은 발신측과 착신측사이에 공통의 망클럭(fnx)을 사용할 수 있는 동기식 디지털계위에만 적용되는 단점이 있다.

2. 적응클럭(Adaptive Clock) 알고리즘

적응클럭 방법은 송신측의 개입없이 수신측 자체에서 복원하는 알고리즘으로서 ITU-T I.363에서는 구현 방법을 표준화하지 않았다. 수신측의 로컬 클럭을 변화시켜 소스클럭을 복원하는 적응클럭 알고리즘은 위상 비교기에서 사용하는 기준신호에 따라 여러 종류로 분류된다. 셀 지터를 평균하는 방법은 그림 3과 같이 셀의 도착 순간을 기준신호로 위상동기회로(PLL : Phase Locked Loop)를 구성하여 로컬 클럭(fr)을 제어한다. N은 AAL1의 페이로드를 비트로 표현한 값으로 376(47 x 8 bit)이다. 이 방법은 구현은 용이하나 위상동기회로가 안정하지 못하고, 셀지터의 크기가 셀주기에 비해 상당히 크므로 지터 성능이 좋지 않다¹⁵⁾.

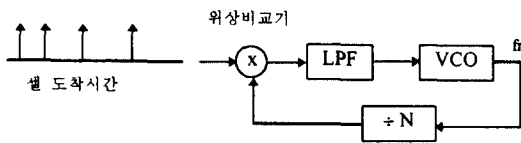


그림 3. 셀 지터 평균 방법
Fig. 3. Cell Jitter Averaging method.

이를 개선한 전처리 필터(Prefiltering)에 의한 셀 지터 평균 방법은 전처리필터부에서 셀의 도착 순간 또는 데이터 버퍼 점유 여부를 사용하여 인접 패킷간의 주파수 차이를 측정하여 이를 위상동기회로의 기준신호로 사용한다¹⁷⁾. 이 방법도 셀지터의 통계치에 대한 정보를 알 수 없어 지터 특성이 제한된다고 보고된다¹⁵⁾.

전처리 필터의 다른 예로서 송신측에서 비트스트림에 주기적인 동기신호패턴을 삽입하여 이를 기준신호로 사용하는 방법과 그림5와 같이 송신측에서

간 동안을 타임스탬프(Program Clock Reference)로 표현하여 전달하고 수신측의 로컬 클럭에 의한 카운터 값과 비교하는 방법도 있으나, 이는 송신측의 오버헤드가 발생하므로 ITU-T I.363의 적응클럭방법으로 적용할 수 없다.

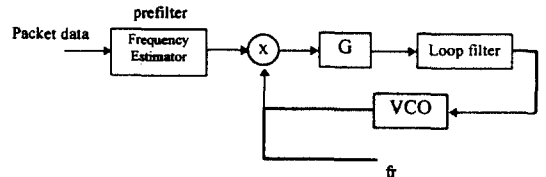


그림 4. 전처리 필터에 의한 셀 지터 평균 방법
Fig. 4. Cell Jitter Averaging Method with Prefiltering.

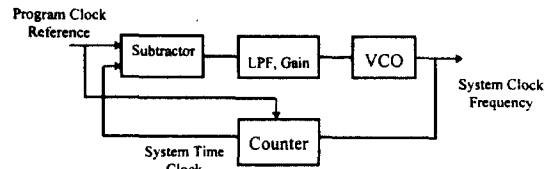


그림 5. 타임스탬프에 의한 클럭복원 [8]
Fig. 5. STC Recovery with Time Stamp.

Ⅲ. 수신 데이터의 버퍼 점유율에 의한 클럭복원

1. 기본 개념

ATM 망에서는 접속되는 ATM 계층의 노드수, 도착 셀들의 큐잉특성 및 셀 서비스 시간에 의해 중단 대 중단 지연과 셀지연변위(CDV:Cell Delay Variation)특성이 결정된다.

$$Delay = \sum_i TD_i + \sum_j FD_j + \max q \int QD + PD \quad (3)$$

TD: Transmission Delay, FD: Fixed switching Delay, QD: Queuing Delay, PD: packetization Delay.

망을 통하여 도착되는 ATM셀에는 식 (3) ¹⁹⁾과 같이 여러 지연요소에 의한 셀지연변위가 포함되므로 해당비트를 서비스에서 요구되는 주기성을 분실하게 된다.

그림 6의 셀지연변위가 포함된 셀을 수신측에서

FIFO에 저장한 후 이를 송신측의 서비스클럭과 동일한 복원클럭으로 읽어낸다면 FIFO에 쌓이는 데이터량은 그림 7과 같이 셀지연변위만큼의 변동폭을 갖게 된다.

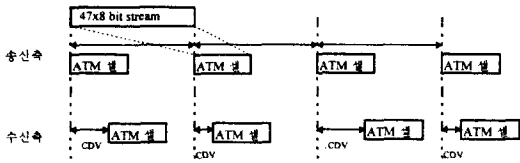


그림 6. 셀지터 성분을 가진 ATM 셀^[10]
Fig. 6. ATM Cell with Jitters.

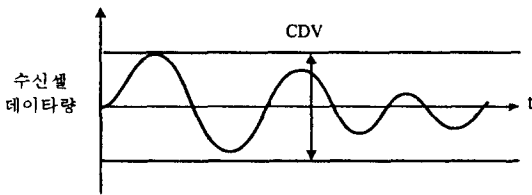


그림 7. FIFO의 수신 데이터 변동폭
Fig. 7. Variation of Received Data in FIFO.

따라서 셀지터의 평균치가 0으로 수렴하는 특성^[5]을 이용하여, FIFO의 수신 데이터량과 평균치와의 차이가 적어지는 방향으로 위상동기회로를 제어하면 복원클럭은 평균치로 수렴하게 되어 소스클럭을 복원할 수 있다.

2. 알고리즘의 구현

제안된 알고리즘은 위상동기회로, 기준신호(Ref) 생성부인 N1분주기 및 변위신호(Var) 발생부인 N2분주기로 구성된다. 위상동기회로를 구성하는 각 요소는 제4장에서 기술한다.

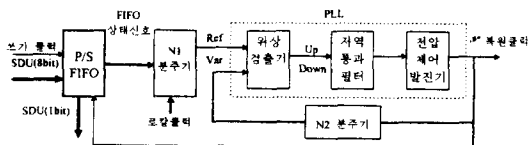


그림 8. 제안 방법의 블록 구성도
Fig. 8. Blockdiagram of proposed Method.

1) FIFO 상태신호

FIFO의 데이터 점유 상태를 나타내는 신호는 상한

(Upper Threshold)과 하한(Low Threshold)신호로 구성된다. 상한신호는 FIFO에 저장된 데이터가 많을 나타내고, 하한신호는 데이터의 적음을 표시한다. 상한과 하한신호가 발생되는 시점은 FIFO의 크기와 밀접한 관계를 가지게 되고, FIFO의 크기는 위상동기회로가 잠금(Lock)될 때까지의 천이시간과 AAL1 서비스의 실시간성을 고려하여 결정하여야 한다. 이 논문에서는 위상동기회로의 천이시간이 충분할 뿐만아니라, 45Mbps의 서비스클럭 사용시 역패킷화지연이 0.183 msec로 실시간 서비스에서의 지연이 거의 발생하지 않는 2K 저장능력을 갖는 FIFO를 사용하였다^[4].

패킷망에서 셀 지터의 특성은 시간 t를 충분히 함에 따라 그림 9의 정규분포를 갖는다^[11]. Xg값은 알고리즘이 시작되는 시스템의 설정시간(Builtup time)이며, 위상동기회로가 잠금된 후 셀지터의 평균치에 해당하는 값으로 FIFO 중간 채임(Half Full) 신호로부터 얻어지는 21.87셀로 설정된다. 평균치(Xg)와 상한/하한치 사이에는 각각 8 셀이상의 셀지터를 흡수할 수 있고 위상동기회로가 Xg방향으로 전환하기 위한 여유를 고려하여, 하한신호는 FIFO크기의 1/8로, 상한신호는 7/8로 설정하였다.

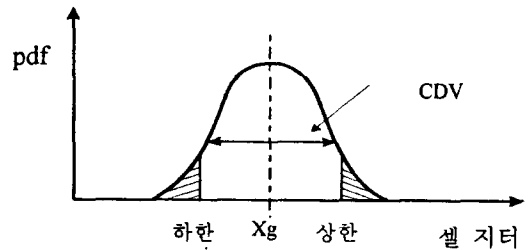


그림 9. 셀 지터의 분포
Fig. 9. Distribution of Cell Jitters.

2) N2 분주기

N2는 FIFO에 저장된 데이터량을 주기적으로 검사하기 위한 시간주기로 정수배의 AAL1 셀의 수로 결정된다. N2 계수값은 AAL1 4, 8 및 12 셀에 대해 저주파통과필터(Low Pass Filter)의 변동폭과 천이시간을 비교하였다. 저주파 통과필터의 출력은 전압제어 발진기(VCXO: Voltage Controlled X-tal Oscillator)에 입력되며, VCXO의 출력 특성이 12ppm/V의 선형성을 가지므로 저주파 통과필터의 전압 변동폭은 복원클럭의 지터와 직접 연관성을 갖는다. 저주파 통과

필터의 천이시간은 PLL의 잠금상태에 도달하기까지의 반응시간이다. 표 1에서 변동폭은 PLL이 포착상태(acquisition mode)에서의 전압 변위(dV)로, 천이시간은 포착상태로 진입한 후 시간 간격(dT)으로 설정하여 N2 계수를 비교하였다. N2는 4512일 때 변동폭이 크고 잠금시간이 오래 걸리나 3008인 경우의 특성이 비교적 우수하였다. 따라서 본 논문에서는 8개의 AAL1 페이로드의 크기로 N2값을 설정하였고, 그림 10에 N2 계수가 3008인 경우의 저주파통과 필터 출력결과를 도시한다.

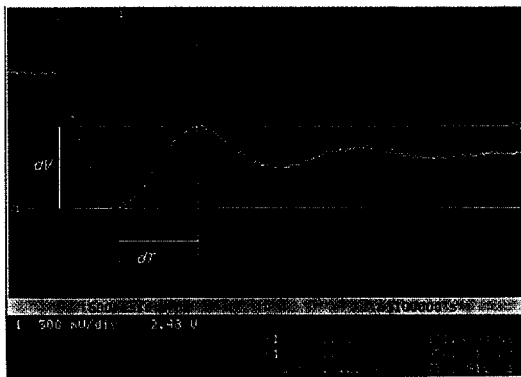


그림 10. 저주파통과필터의 출력
Fig. 10. Low Pass Filter Output.

표 1. N2 계수값의 비교
Table 1. Comparison with N2.

N2 계수값	천이 시간	변동폭
1504(4 셀)	771 msec	1.03V
3008(8 셀)	768 msec	1.15V
4512(12셀)	986 msec	1.83V

3) N1분주기

N1은 수신 FIFO의 상태에 따라 변화한다. 수신 FIFO가 상한에 도달하여 읽을 데이터가 많아지면 N1분주기의 값이 증가하도록 N2+1로 변경한다. 따라서 발생하는 기준신호(Ref)는 변위신호(Var)보다 늦어지게 되어 위상동기회로의 복원클럭이 감소되도록 유도된다. 수신 FIFO가 하한에 도달하면 반대로 제어하며 그림 11에 기준신호 발생과정을 도시하였다.

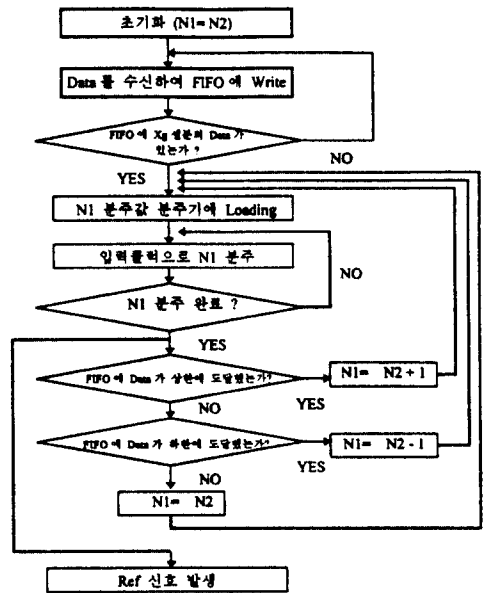


그림 11. 기준신호(Ref) 발생 순서도
Fig. 11. Flow Chart of Reference Signal Generation.

IV. 실험 및 고찰

1. 시스템 구축

알고리즘의 타당성 검증을 위해 대화형 영상통신 시스템(Video B-TA)을 구축하여 실험하였다. 대화형 영상통신 시스템은 VME Bus에 탑재되며, 프로세서부, ATM 망접속부, AAL1 기능부, 양방향 코덱으로 구성된다^{[12][13]}. 본 논문에서는 소스클럭복원과 관계가 있는 영상코덱부와 AAL1 기능부에 대해 간략히 기술한다.

1) 영상코덱부

ATM에서 항등비트를 전달 특성을 갖고 양방향 통신기능을 갖춘 코덱으로서 DS3급 영상코덱을 사용하였다. DS3급 영상코덱은 44.736Mbps의 전송속도와 ±20ppm의 엄격한 동기클럭 지터특성을 갖추고, CCIR 601 영상품질과 스테레오 음성신호를 제공한다^[14].

2) AAL1 기능부

영상코덱부의 비트스트림은 그림 12의 DS3-I 신호를 통하여 DS3 클럭으로 직렬-병렬(Serial-to-Parallel) FIFO에 저장된다. 이 비트스트림은 SAR-PDU(Segment And Reassembly Protocol Data

Unit)의 페이로드로 가공되고, SAR-PDU의 헤더와 다중화하여 ATM계층으로 전달된다. RTS생성부는 소스클럭복원을 위한 나머지시간 타임스탬프 알고리즘에서만 요구되는 기능으로 송신측의 타이밍 정보를 RTS로 표현하여 SAR-PDU의 헤더의 수렴부계층 식별자(CSI:Convergence Sublayer Indicator) 비트를 통해 전달한다.

ATM SAP(Service Access Point)을 통해 전달되는 ATM-PDU는 SAR-PDU의 페이로드와 헤더로 역다중화된다. SAR-PDU 헤더는 그림 13의 순서번호(SC)와 순서번호보호필드(SNP)를 통하여 셀의 오류 여부를 검사 처리하고, 나머지시간 타임스탬프 알고리즘의 경우는 CSI비트를 통하여 RTS를 얻으나, 적응클럭복원방법의 경우는 사용하지 않는다. SAR-PDU 페이로드는 병렬-직렬 FIFO에 저장되고 클럭복원부의 복원클럭과 데이터를 DS3의 B3ZS로 라인코딩하여 DS3-O 신호를 통하여 영상코덱부로 전달한다.

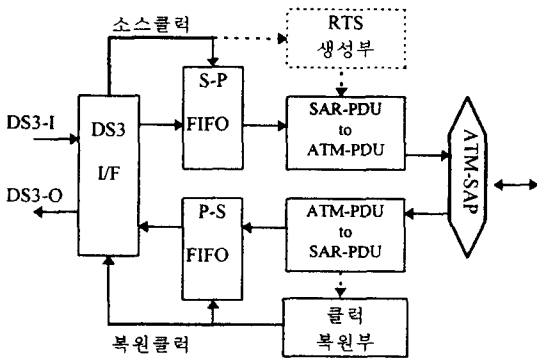


그림 12. AAL1 기능 블록도
Fig. 12. AAL1 Functional Blockdiagram.

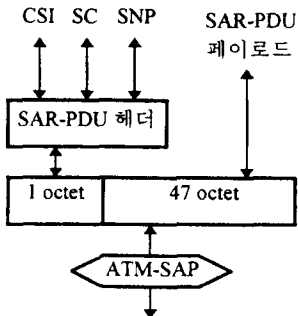


그림 13. SAR 프로토콜
Fig. 13. SAR protocol.

클럭복원부는 알고리즘 부분과 위상동기회로 부분으로 구성되는 데, 위상동기회로 부분은 나머지시간 타임스탬프와 제안된 알고리즘에 동일하게 적용하였다. 위상동기회로는 위상검출기(Phase Detector), 저주파 통과필터 및 전압제어발전기로 구성된다.

위상검출기는 $\pm 2\pi$ 에서 위상차이를 검출할 수 있고 전체영역에서 선형특성을 갖는 MC4044 Logic을 EPLD 내부에 구현하였다. 위상검출기 출력의 고주파 성분을 제거하여 위상동기회로를 안정시키는 역할을 하는 저역통과필터는 항상 안정한 특성을 가지며 조정이 용이한 2차루우프를 선택하였고, 저역통과필터의 제한 사항이 적은 능동필터를 사용하였다^[13]. 저역통과필터의 출력전압은 전압제어발전기로 입력되어 복원클럭이 생성된다. 전압제어발전기는 44.736Mbps의 $\pm 60\text{ppm}$ 의 제어범위에서 12ppm/V의 선형특성을 가지며 안정성이 우수한 VCXO를 선택하였다.

2. 성능비교

Lau^[5]는 나머지시간 타임스탬프 방법이 기존의 셀 지터 필터링에 의한 방법보다 우수하다고 주장하였다. 따라서 본 논문에서는 나머지시간 타임스탬프 알고리즘만을 대상으로 비교하였고, 복원클럭의 지터와 H/W 복잡도 측면을 비교하였다.

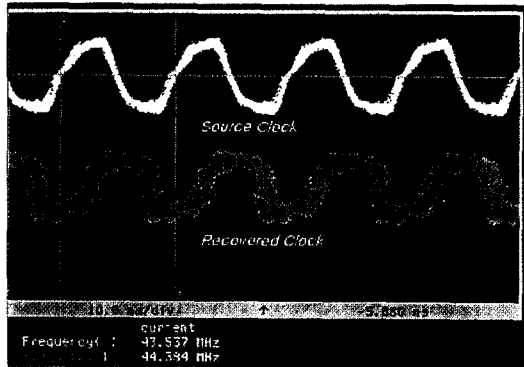
1) 복원클럭 지터

제안된 방법과 비교 실험한 결과 나머지시간 타임스탬프 방법의 지터 특성은 약 10.8ppm이고^[13], 제안된 방법은 약 4.8ppm으로 그림 14과 같이 제안된 방법의 지터 특성이 우수하였다.

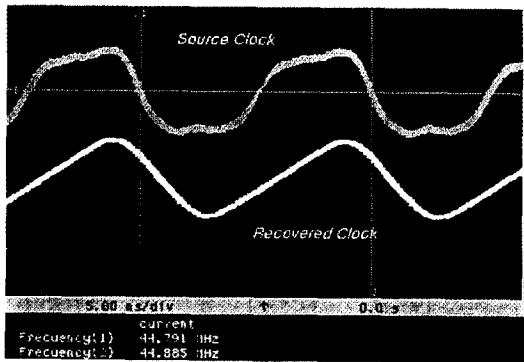
소스클럭(fs: 44.736Mbps), 공통클럭(fnx: 77.76 Mbps)을 식(1)에 대입하여 나머지시간 타임스탬프 알고리즘의 RTS값은 구하면 식(3)과 같이 정수로 표현되지 않는다.

$$M = 3008 \times (77.76/44.736) = 5228.497854 = 326 \times 16 + 12.497854 \quad (3)$$

12.497854를 양자화하여 발생하는 에러는 RTS값이 12와 13사이로 나타나게 되므로^{[13][15]}, 이 타이밍정보에 의해 복원된 클럭은 그림 14와 같이 지터성분이 존재하게 되는 반면, 제안된 방법은 저주파통과특성이 그림 10과 같이 VCXO의 중간값인 2.48V로 셀지터의 평균치에 수렴하게 되어 지터 성능이 우수하였다.



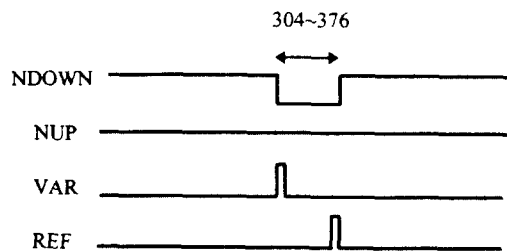
(a)



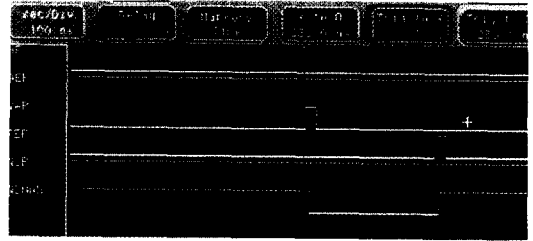
(b)

그림 14. (a) SRTS 복원클럭
(b) 제안된 방법의 복원클럭
Fig. 14. (a) Recovered Clock of Srts
(b) Recovered Clock of Proposed Method

위상검출기의 출력을 비교하면 제안방법은 잠금상태에서의 위상차(NDOWN신호)가 약 280 nsec로 그림 15와 같이 일정하게 수렴하고 있는 반면, 나머지시간 타임스탬프 알고리즘에서는 304~376 nsec로 스윙하는 결과가 나타남에 따라 위와 동일한 결론을 얻었다.



(a)



(b)

그림 15. (a) SRTS 위상비교기 출력
(b) 제안 방법의 위상비교기 출력
Fig. 15. (a) PD Output of SRTS
(b) PD Output of proposed Method.

2) H/W 복잡도

나머지시간 타임스탬프 알고리즘은 송신측에서 타이밍정보를 전달해야 하기 때문에 그림 12의 RTS 생성부와 SAR-PDC 헤더 생성부에서의 RTS값을 CSI 비트에 삽입하기 위한 H/W가 필요하다. 또한 수신측에서 소스클럭(fs)을 구하기 위해서는 수신된 RTS값을 이용하여 식(2)의 Mq를 구하는 회로가 필요하게 되므로, 제안된 방식의 N1 분주기에 비해 H/W가 복잡하다. 따라서 송신측 뿐만 아니라 수신측의 H/W 구성측면에서도 제안 방법이 간단하다.

IV. 결론

고정길이의 셀을 이용하는 패킷통신인 ATM은 다양한 서비스 품질을 갖는 트래픽을 수용할 수 있으나, AAL1과 같은 지연지터에 민감한 서비스에는 중단간으로 시간 투명성이 보장될 수 없다. 특히 소스클럭이 망 클럭에 동기되지 않는 고정비트를 서비스에서는 서비스 동기를 위해 소스클럭복원이 중단간의 단말에서 요구된다.

나머지시간 타임스탬프 알고리즘은 중단간 공통의 망 클럭이 필요하므로 유사동기식 디지털 계위에서는 적용하기 곤란하다.

이 논문에서는 송신측의 타이밍정보를 사용하지 않고 수신 데이터의 버퍼 점유율을 기준신호로 하여 수신측의 로컬클럭을 제어함으로써 소스클럭을 복원하는 새로운 알고리즘을 제시하였다.

제안된 방법을 양방향 통신시스템을 구축하여 나머지시간 타임스탬프 알고리즘의 성능과 비교한 결과 복원클럭의 지터, H/W 복잡도 측면에서 우수하였다.

이 방법은 동기식 디지털계위망 뿐만 아니라 유사동기식 디지털계위망에서 타이밍지터에 민감한 항등비트율 서비스의 소스클럭복원방법으로 사용할 수 있다.

참 고 문 헌

[1] ITU-T I.211, B-ISDN Service Aspect, 1993.

[2] ITU-T I.363, B-ISDN ATM Adaptation Layer Specification, 1993.

[3] Y.O.Sirl, J.H.Lee, Y.S.Kim, E.T.Lee, "An Implementation of SRTS Techniques for B-ISDN Circuit Emulation", ICSPAT94, pp. 368~371, Oct. 1994.

[4] 이종형, 설영욱, 김태균, B-ISDN에서의 Circuit Emulation, JCCI95, 제5권, pp 339~343, 1995.4

[5] Richard C.Lau and Paul E. Fleisher, "Synchronous Techniques for timing Recovery in B-ISDN", IEEE Transactions on Communications, VOL. 43, NO 2/3/4, pp 1810~1818, Feb., 1995.

[6] Hitoshi Uematsu and Hiromi Ceda, "Implementation and Experimental Results of CLAD Using SRTS Method in ATM Networks", IEEE GLOBECOM'94, pp. 1815~1821, Dec.1992.

[7] Hassan M. Ahmed, Adaptive Terminal Synchronization in Packet Data Networks, GLOBECOM, pp. 728~732, 1989.

[8] ISO/IEC 13818-1 CD, MPEG-2 System, 1994.

[9] Martin de Prycker, "Asynchronous Transfer Mode Solution for Broadband ISDN", second edition, ELLIS HORWOOD, NEW YORK, 1994.

[10] Jozef Babiarz, AAL Definition for voice and telephony over ATM, ATM Forum SAA/CES SWG contribution 95-0677, June 5-9, 1995.

[11] Martin De Prycker, Marc Ryckebusch, Peter Barri, Terminal synchronization in asynchronous networks, ICC, pp. 800~807, June, 1988.

[12] J.H.Kim, Y.S.Kim, S.S.J, Y.M.P, J.H.Lee, E.T.Lee, "Design and Implementation of DS3 Video Terminal adaptor in B-ISDN", ICOIN-9, pp.19~24, Dec.1994.

[13] Jong-Hyeong Lee and Tae-Kyun Kim, DS3 rate CBR service for High Definition Video Communication in B-ISDN, HDTV95, pp2A-~2A-8, Nov. 1995.

[14] ITU-T G.703, Physical/Electrical Characteristics of Hierarchical Digital Interfaces, Blue Book, 1989.

[15] Zheng Chen, "The Characteristic of RTS Parameters for Circuit Emulation Application over ATM Network", IEEE GLOBECOM'94, pp.1822~1826, 1994.

저 자 소 개



李鍾濤(正會員)
1981.2 충남대학교 전자공학과(공학사). 1987.2 숭실대학교 전자공학과(공학석사). 1992.3~현재 충남대학교 컴퓨터공학과 박사과정. 1988.2~현재 한국전자통신연구소 멀티미디어통신연구실 근무, 주관

심분야는 디지털 통신 시스템, 멀티미디어 통신 등임



金太均(正會員)
1971년 2월 서울대학교 공과대학 졸업. 1978년 3월 일본 동경공업대학 물리정보과(공학석사). 1985년 12월 일본 동경공업대학 물리정보학과(공학박사). 1974년 ~ 현재 충남대학교 공과대학 컴퓨터공학과

교수. 주관심분야는 패턴 인식, 영상처리, 멀티미디어 통신 등임