

# MPEG-2 시스템계층의 엔코더와 디코더 간 System Time Clock 동기화 기법

기재훈<sup>†</sup>, 서희돈<sup>\*\*</sup>

## 요 약

멀티미디어, 특히 실시간 통신에서 동기화 문제는 서비스 품질과 직결된다고 할 수 있다. 본 연구에서는 MPEG-2의 시스템계층의 표준 디코더가 고정 지연요소의 경우만 고려하여 설계되어 엔코더와 디코더간의 동기화가 되지 못함을 알게 되었다. 이를 해결하기 위해 MPEG-2에 적용할 수 있는 Extended-SRTS (extended-synchronous residual-time stamp)기법을 제안했다. 이 알고리즘은 MPEG-2의 STC(system time clock)를 서비스클럭(27MHz)으로 사용하여 전송스트림과 동기 시킨다. 그 결과 주파수 드리프트, 시변 망 지터 및 패킹지터 등의 영향을 개선시킬 수 있다. 또한 망 클럭의 의존도를 낮출 수 있어 종단 간에 동기화를 쉽게 하고 투명한 연결을 할 수 있어, 실시간 멀티미디어 통신 분야에 폭넓게 적용할 수 있으리라 기대한다.

## The Synchronization Method of System Time Clock between Encoder and Decoder on MPEG-2 System Layer

Jae-Hoon Kie<sup>†</sup>, Hee-Don Seo<sup>\*\*</sup>

## ABSTRACT

The synchronization problem is directly related to the quality of service in multimedia communication and especially in real-time communication. In this study, we found the cause of clock fluctuation between encoder and decoder in MPEG-2 system layer was that the standard decoder design only considered a fixed time delay component. To solve it, we proposed Extended-SRTS algorithm, which uses STC as service clock by synchronizing transport stream. As the result, we can improve the effect of frequency-drift, time-varying-network-jitter and packing-jitter and so on. And by virtue of this algorithm, we can make low the dependency of network clock, which makes easy to synchronize and connect transparently at the ends point, we expect the proposed algorithm can be widely applied to the field of real-time multimedia communications.

**Key words:** MPEG-2, ATM, STC(시스템타임클럭), Real-Time Transmission(실시간전송)

## 1. 서 론

MPEG-2는 고품질의 영상 및 오디오 압축 기술로 HDTV(high definition TV), VOD(video on de-

※ 교신저자(Corresponding Author): 기재훈, 주소: 대구광역시 북구 태전동 390번지(702-723), 전화: (053) 320-1109, E-mail: lovelong@hitel.net

접수일: 2005년 4월 26일, 완료일: 2005년 6월 9일

<sup>†</sup> 준회원, 대구과학대 컴퓨터정보과 겸임교수

<sup>\*\*</sup> 정회원, 영남대학교 전자정보 공학부 교수

(E-mail: hdseo@yumail.ac.kr)

mand) 그리고 DVD(digital versatile disc) 등의 서비스를 목적으로 이용된다. 특히 데이터 압축효율이 최고 200:1로 통신망을 매체로 이용하게 될 때 망 효율을 극대화할 수 있을 뿐 아니라 실시간 전송이 가능하므로 그 효율성은 매우 높을 것이다. 또 오디오 및 비디오 속성이 가변 비트율이므로, 통계적 다중화에 기반을 둔 ATM(asynchronous transfer mode)망과 같은 전송로를 이용하는 것은 바람직하다.

MPEG-2의 시스템계층의 STC(system time

clock)[1-4]는 엔코더와 디코더에서 사용되는 클럭으로써 PTS(presentation time stamp)와 DTS(decoding time stamp)의 기준 클럭이 된다. STC는 수신 측에서 디코딩될 때 엔코더의 STC와 동기시키기 위한 PCR(program clock reference) 타임스탬프를 만들어 준다. 이 PCR정보(48 비트)는 MPEG 전송 스트림에 의해 매 0.1초마다 수신 측으로 전송되며 수신 측의 디코더 회로에서 로컬 STC와 동기화하기 위해 사용된다. 그러나 망 지터 영향에 의한 PCR손실, 허용범위 내에서의 PCR정보 전달 및 동기화되지 않는 망에 의한 위상편차, 패킷지연변이 등의 문제들로 인해 디코더 버퍼의 오버플로우/언더플로우를 유발하게 됨으로써 정확한 디코딩을 할 수 없게 한다. 이는 심각한 화질/음질 저하를 초래하므로 이에 대한 해결책이 있어야 한다[5].

## 2. MPEG-2 시스템의 동기

MPEG-2는 디코더의 클럭 할당 및 동기를 위해서 PCR 타임스탬프를 제공한다. PCR은 스트림이 엔코딩될 때 만들어지며 TS(transport stream)의 헤더정보 중 PID(packet identifier)[6]를 판독함으로써 구분할 수 있다. 적응계층의 필드에서의 PCR필드 부분이 그림 1에 나타나 있다. 90KHz부분은 MPEG-1과의 호환성을 위해 33비트로 구성되어 있고, 27MHz는 9비트로 확장된 부분으로 총 42비트로 27MHz는 37ns마다 1개씩 카운터 됨으로 24시간을 표현할 수 있다[6].

표준 디코더는 그림 2와 같이 엔코더의 PCR클럭(27MHz)과 수신단 디코더의 내부 클럭과의 동기화를 위해 사용한다. 시간 지연요소가 고정적인 망에서는 표준 디코더 회로만으로도 동기화할 수 있다. 그러나 시변 망 지터의 경우 이로 인한 지터의 영향으로 엔코더와 디코더 간의 정확한 동기를 맞추기가 어렵게 된다. 그 결과 색 왜곡, 오디오/비디오 간의 비동기 문제 등이 유발될 수 있고 심한 경우 디코더

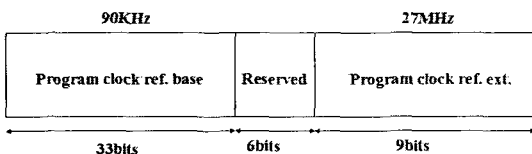


그림 1. TS의 적응계층에서의 PCR필드

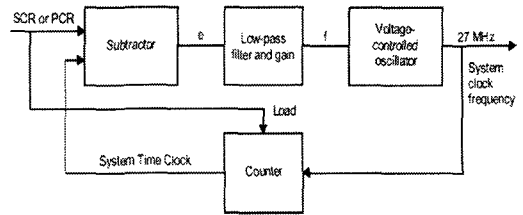


그림 2. MPEG-2 표준디코더 PLL회로

의 버퍼(~3MB)의 오버플로우/언더플로우로 인한 화면정지(screen freezing)현상이나 깜빡임(blanking)이 일어 날 수 있다.

### 2.1 엔코더와 디코더 간의 동기화

MPEG-2에서는 엔코더와 디코더의 기본클럭으로 27MHz(허용오차: ±810Hz)[7]를 권고하고 있다. 그림 2의 표준디코더에서는 수신된 TS부터 100ms(허용오차: ±4ms)마다 PCR정보를 추출하여 PLL회로에 의해 엔코더의 클럭과 동기를 시키게 된다. 수신 측의 디코더에서 엔코더의 클럭 복원이 이루어질 때 고려해야 할 사항은 다음과 같다.

- 1) 송수신기 간 주파수 드리프트의 경우: 다음 두 경우에 비해 영향이 적다. 지터가 가변적이지 않다면 간단한 보정회로를 추가함으로 드리프트를 해결하거나 혹은 버퍼에 의한 보상방법이 있다.
- 2) 가변지연에 의한 망 지터의 경우: 망에서 기인된 지터는 시변성을 가진다. 주원인은 망에서의 다중화 혹은 ATM의 통계적 다중화에 의한 것으로 CDV(cell delay variation)의 영향과 망 관리를 위한 OAM(operation administration, maintenance)셀 삽입 등에 의해서 기인한다. 이에 대한 해결책은 종단 간 동기화 방법이 있다.
- 3) 소스 측 패킷지터의 경우: 패킹과정에서 생겨나는 지터[8,9]로, AAL-5(ATM adaptation layer-5)에 2개의 TS를 하나의 AAL-PDU(AAL-protocol data unit)에 매핑 시킨다고 할 때 TS에 PCR 유무를 검사하지 않을 경우(PCR-unaware) 패킹과정에서 PCR변위가 생겨 날 수 있으며 그림 3에서처럼 최대 한 개의 패킷지연을 겪게 된다. 이때 전송 속도가 4Mbps라면 0.38ms

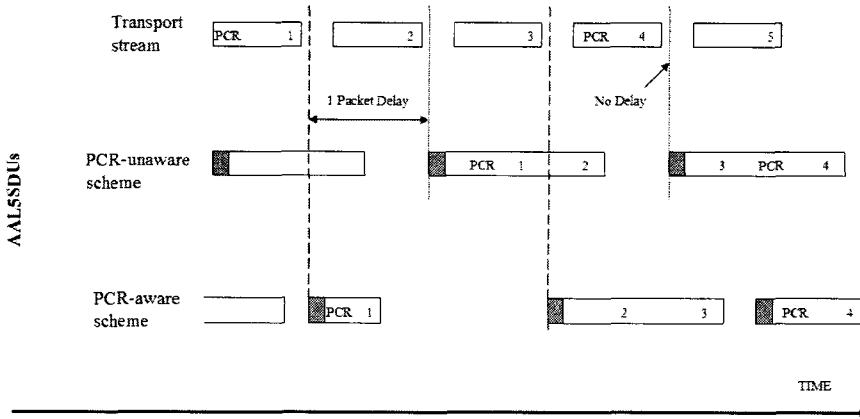


그림 3. PCR패킹 계획(N=2)

의 패키징지연이 생길 수 있다. 개선책으로 AAL-PDU에 TS를 매핑 할 때, TS 헤더정보를 검사하여 PCR값을 페이로드로 하는 AAL-PDU를 100ms마다 삽입하는 방법도 있으나 이 방법 역시 PCR지터를 근본적으로 해결할 수 없다[8].

2.2 PCR지터를 개선한 기존의 디코더 회로

그림 4는 망 지터를 흡수할 수 있는 디지털링 (dejittering)버퍼를 가진 방식으로 최대 지연변위를 고려한 버퍼설계가 가능하다고 하더라도, 버퍼의 불안정한 동작을 일으킬 가능성이 많으며 디코더 버퍼 외에 부가적인 메모리 소모가 크다. 일반적으로 10ms 전후의 지터 허용치 범위에서 설계가 되는데 크리스토프의 실험결과에 의하면 10ms이내에서도 버퍼 넘침 현상이 있다고 한다[9]. 그림 5는 수신된 TS들로부터 추출한 PCR값 사이의 시차를 카운트하여 PCR값을 보정하는 방식으로 리스탬핑(restamping)이라고 한다. 이 방식은 PCR지터를 줄일 수 있으나 첫 번째 PCR이 패킷 에러를 포함하는 경우 디코더에서 STC 복원 시 심각한 오류를 발생한다. 이를 지표로

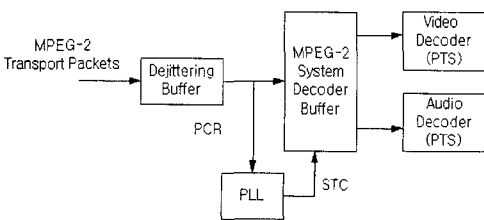


그림 4. 디지털링 버퍼를 가진 디코더

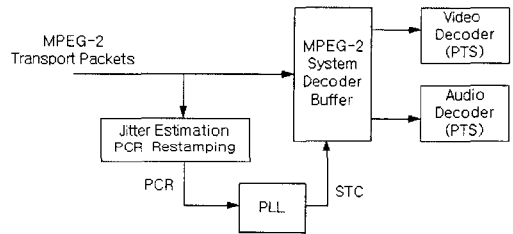


그림 5. 리스탬핑 기능을 가진 디코더

다음에 따르는 PCR을 수정하는 것은 동기화에 심각한 문제를 일으킨다. H/W적 구현이 복잡하며 가변 비트율 스트림을 고려할 때 PCR값을 보정할 수 있는 지터추정기를 설계하기가 어렵다[10].

3. 제안하는 Extended-SRTS 알고리즘

ATM망을 경유하는 TS는 종단 간에서 볼 때 망 지터의 영향으로 인해 투명한 시간성을 가질 수 없다. 수신단 디코더의 동기를 위해 0.1초마다 전송되는 PCR은 지터의 영향을 받게 됨으로써 종단 간의 동기는 사실상 어렵게 된다. 그림 6은 망 지터로부터 종단 간 동기화 개념도이다. 2장에서 디지털링 방식 중 버퍼를 이용할 경우 무한한 크기의 버퍼를 갖는다고 해도 디코더 버퍼의 오버플로우/언더플로우를 해결하기 위한 일시적인 방법일 뿐, 엔코더와 디코더 간의 신속한 동기를 취할 수 없다. 예로서 동영상을 되돌릴 경우 응답속도가 늦을 수 있고 디코딩 프로세스 자체가 문제를 발생시킬 소지가 있다.

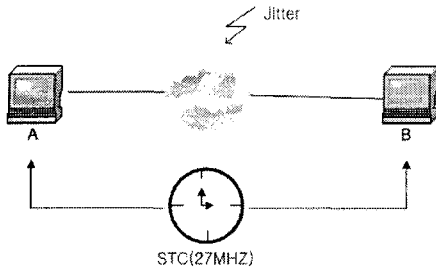


그림 6. 종단 간 STC로 동기화된 망 개념도

3.1 Extended-SRTS기법의 적용 이점

본 연구에서는 종단 간에 기준망 클럭(STC)으로 동기시켜 망 지터에 대해서도 종단 간 투명한 시간성을 갖게 하기 위해 MPEG-2의 STC(27MHz)를 서비스 클럭으로 하는 Extended-SRTS를 제안한다. 이를 MPEG-2에 적용함으로써 얻을 수 있는 이점은 다음과 같다.

- 1) 동기화 용이: STC로 동기 됨으로 주파수 드리프트를 최소화할 수 있다. 또한 시변망 지터를 종단 간에서 고정지연요소로 다룰 수 있으므로 종단 간 버퍼의 오버플로우/언더플로우를 해결할 수 있으며 망 지터의 영향을 거의 받지 않는다[11-13]. RTS를 4 비트로 설계할 경우  $\pm 11\text{Hz}$  정확도를 가진 종단 간 동기화된 STC클럭을 제공함으로써 STC를 기준으로 하는 정확한 DTS, PTS를 구할 수 있을 뿐만 아니라 PAL이나 NTSC 시스템에서 필요로 하는 13.5MHz를 정확히 재생할 수 있다.
- 2) PCR지터 해결: 50ms마다 4비트의 RTS를 AAL-PDU의 헤더에 실어 전송함으로써 PCR 정보(48비트)전송에 비해 추가적인 오버헤드가 없고 패킷-캡슐화에 의한 PCR지터를 근본적으로 해결할 수 있다. PCR-Aware/Unaware approach[7]에서 가능 할 수 있는 최대 PCR지터는 1개의 PDU(protocol date unit)시간이 되며, AAL-5 PDU(384 옥텟인 경우)를 사용하고 전송속도가 4Mbps라면 0.77ms/50ms의 패킷화 지연이 생길 수 있으므로 PCR지터를 해결하는 것은 MPEG의 성능 개선에 큰 의미를 갖는다.
- 3) 하드웨어 구현 간단: 리스텝핑 방식에 비해 H/W 구현이 간단해 지고 RTS가 4비트이므로

AAL-1/5의 MPEG TS에 적용이 수월하며, 패킷 화에 의한 PCR지터의 영향을 많이 받는 가변 비트율 서비스인 AAL-2에도 적용이 가능하다.

3.2 하드웨어 구성

그림 7의 로컬클럭(27MHz)은 엔코더의 STC이며 MPEG-2 표준권고안에서는 PCR정보가 100ms마다 전송하는 방식을 사용한다. PCR대신 RTS를 사용한다면 I.363 권고안에 의해 N는 3008로 홀수 번째의 SAR-PDU(segmentation and reassembly-PDU)헤더의 CSI(convergence sublayer indication)비트마다 RTS값을 전달하는 방식이나, 본 연구에서는 그림 8에서처럼 50ms±2ms범위 내에 들어오는 AAL-PDU에 RTS값을 전달하는 방식을 사용한다. 이때 50ms범위내의 AAL-PDU를 찾기 위한 방법은 27MHz에 의해 분주된 4MHz클럭(CBR: 4Mbps 전송스트림)을 사용하며 25µs마다 비트 카운팅함으로써 2000 tick마다 RTS값을 전송한다. 그림 9는 RTS 디코더로써 로컬클럭에 의한 RTS'와 수신된 RTS값이 비교기에 의해 RTS 간의 차를 구하여 피드백 시킴으로써 엔코더의 STC와 동기 시키게 된다. 그림 10은 RTS 디코더 회로를 MPEG-2에 사용한 것이

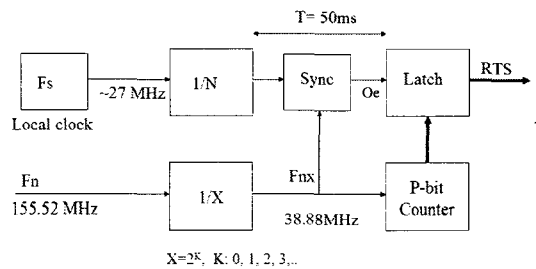


그림 7. RTS 엔코더

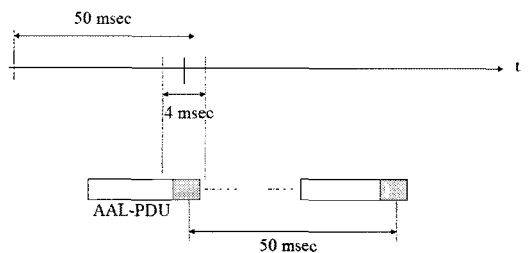


그림 8. RTS 전송방법

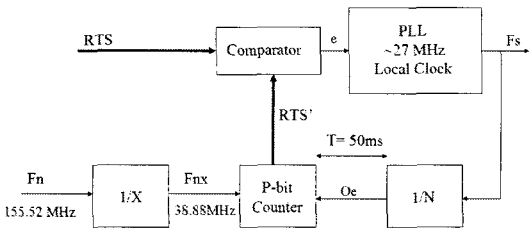


그림 9. RTS 디코더

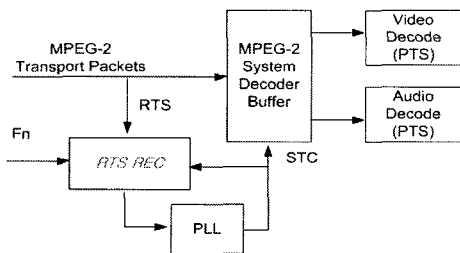


그림 10. RTS를 사용한 MPEG-2 디코더

다. 표준 디코더 회로의 PLL(phase locked loop)을 이용한다면 약간의 하드웨어와 소프트웨어 변경으로 MPEG-2 시스템계층에 적용할 수 있음을 알 수 있다.

3.3 제안하는 알고리즘과 검증

본 연구에서 제안하는 Extended-SRTS의 개념은

그림 11에 나타내었다. 기존의 SRTS기법이 TS에 동기화시켜 RTS를 전송하는데 반하여[14], 제안하는 알고리즘은 서비스 클럭을 STC(27MHz)로 설정하고 TS 주파수(4MHz)로 동기시켜 RTS를 전송한다. MPEG-2의 STC를 서비스 클럭으로 제공할 수 있을 뿐만 아니라 TS에 대한 동기도 취할 수 있으므로 MPEG전송에 적합하다.

1개의 AAL-PDU의 크기는 (1)이고 여기서 4Mbps의 단위 사이클은  $1/(4 \times 10^6)$ 이다. MPEG-2의 전송속도가 4Mbps라 하면 AAL-5의 1 PDU시간은 (2)와 같다. 이때 10개의 PDU시간을 T로 설정하면 (3)과 같이 된다.  $F_s$ 를 27MHz로 하고  $F_{nx}$ 를 38.88MHz로 설정하고 N을 구하면 (4)와 같이 된다.

$$AAL - PDU = ((188 \times 2) + 8) \times 8 = 3072 [bit] \quad (1)$$

$$1 PDU \text{ 시간} = (2.5E-7) \times 3072 = 7.68E-4 [sec] \quad (2)$$

$$T = N / F_s \approx M / F_{nx} \quad (3)$$

$$= 10 \times PDU = 7.68E-3 [sec]$$

$$N = T \times F_s = 7.68E-3 \times 27 \times 10^6 = 207360 \quad (4)$$

$$M = (F_{nx} \times N) / F_s = 298592 + 6.4 \quad (5)$$

$$= M_q + RTS = 18662(16) + y$$

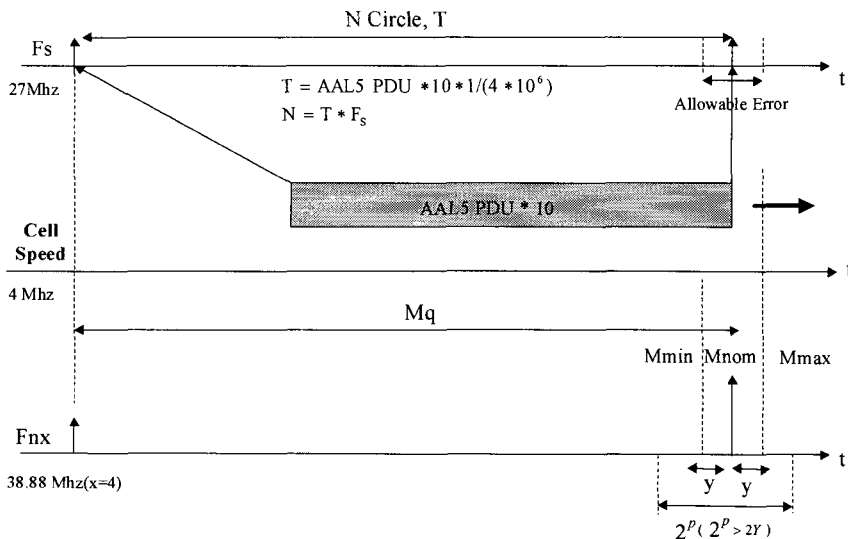


그림 11. 제안된 새로운 Extended-SRTS 개념

(5)에서  $M_q$ 는  $M$ 의 MOD(16)의 나눈 몫이고 RTS는 나머지도다. 여기서  $y=165ns$ 가 되며  $2^p > 2y(P=4)$ 를 만족한다. 허용치가 30ppm일 경우 RTS값은 6을 기점으로 하여 -6~+9의 거리상에 존재하며 다음(6)을 이용하여 에러를 구할 수 있다.

최대 가능한 오차는 578~778Hz로 계산된다.

RTS가 8이라고 하면, 복원된  $F_{srest}$ 는 (7)과 같이 된다. 따라서  $27MHz - F_{srest}$ 는 144.7 Hz이므로 허용치 범위 810Hz를 만족한다.

$$F_{s_{err}} = F_s - (F_{nx} \times N) / (M_q + RTS) \quad (6)$$

$$F_{s_{rest}} = (F_{nx} \times N) / (M_q + 8) = 26.99985532MHz \quad (7)$$

### 3.4 시뮬레이션 결과 및 분석

실험은 2가지 형태로 하였다. 첫 번째로  $F_s$ 에 지터를 가해 RTS값의 변화를 확인했고, 두 번째로  $F_n$ 에 지터를 가해 첫 번째 경우와의 차이점을 분석하였다. 실험결과 MPEG-2 표준컨로안 STC(27MHz)에 대

한 30ppm을 만족함을 확인했다. 특히  $F_n$ 에 지터를 가했을 때 망 지터가  $F_s$ 에 영향을 주지 못함을 알 수 있어 제안하는 알고리즘을 증명할 수 있었다.

그림 12는  $f_{sn}$ 에 10~30ppm지터를 주어 50ms동안 시뮬레이션 한 결과이다. rts값이 6, 4, 9, F, C, 4로 이론값과 일치함을 실험결과로 확인했다. 이는 STC 허용오차 30ppm을 충분히 만족한다. 그림 13은 엔코더와 디코더에 각각 30ppm의 지터를 주어서 실험했다.  $f_{s0}$ 와  $rts0$ 은 각각 엔코더 측의 지역 주파수(27MHz)발생기와 RTS발생기이다.

그림 14는 망 클릭에 30ppm의 지터를 가해 시뮬레이션 했다.  $f_s$ 에 지터를 준 시뮬레이션 결과와 비교해 보면 확인한 차이점을 발견할 수 있다. 즉, rts값들이 1, 2, 4, 5, 6, 8로 순차적이고 값의 변화의 범위가 작음을 알 수 있다. 이는 망 지터가  $F_s$ 에 영향을 크게 주지 못함을 알 수 있다.

### 4. 결 론

본 연구에서는 MPEG-2의 시스템계층의 표준 디

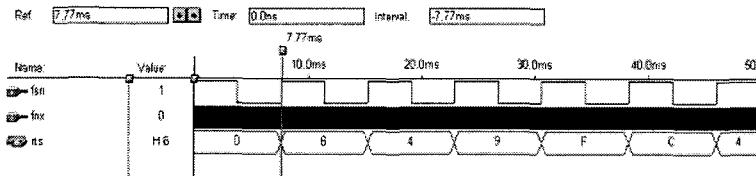


그림 12. Extended-SRTS 시뮬레이션 결과( $F_s$ 에 10~30ppm지터)

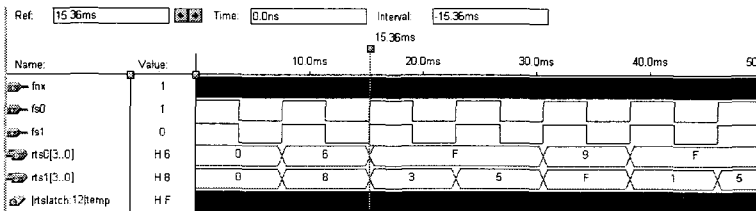


그림 13. Extended-SRTS 시뮬레이션 결과(송수신단  $F_s$ 에 30ppm지터)

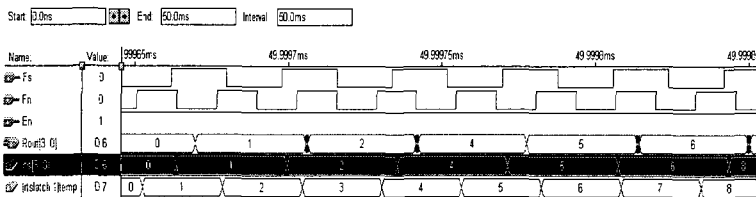
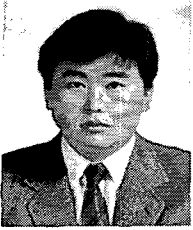


그림 14. Extended-SRTS 시뮬레이션 결과( $F_n$ 에 30ppm지터)

코더가 고정 지연요소만 고려하여 설계되어 종단 간의 동기화가 되지 못함을 알게 되어, 이를 해결하기 위해서 MPEG-2에 적용할 수 있는 Extended-SRTS 알고리즘을 제안한다. 이는 MPEG-2의 STC에 대한 엔코더와 디코더 간 동기화 기법으로, MPEG-2의 STC를 서비스클럭(27MHz)으로 이용하여 TS와 동기 시킨다. 그 결과, 주파수 드리프트와 시변 망 지터 및 패킹지터 등의 영향을 크게 개선할 수 있으며 망 클럭의 의존도를 낮추고 종단 간의 동기화를 쉽게 할 수 있어 신뢰성있는 연결을 할 수 있다. 제안된 알고리즘은 실시간 멀티미디어 통신 분야에 폭넓게 적용할 수 있다. 차후 과정은 QoS를 고려하여 ATM망 혹은 다른 망에서 가능할 수 있는 망 폭주 시나 열악한 환경에서 데이터 손실을 보호하기 위한 우선순위별 데이터 분류기법을 연구해야 할 것이다.

## 참 고 문 헌

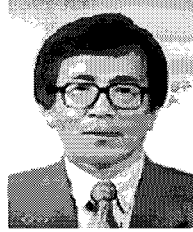
- [1] Yu-Jen Chang and Alan T. Pan, "Design and Implementation of a Real-time MPEG-II Bit Rate Measure System," *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol. 45, No. 1, pp. 165-170, 1999.
- [2] Arun Ramaswamy, "A Standard Target Decoder Model for MPEG-4 Flexmux Streams," *ISCAS '99. Proceedings of The International Symposium on Circuit and System*, Vol. 4, pp. 455-458, 1999.
- [3] ITU-T, *H.222.0 Transmission of Non-Telephone Signals Information Technology-generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio Information: System*, ITU-T, Geneva swiss, 2000.
- [4] ITU-T, *H.222.1 Transmission of Non-Telephone Signals Multimedia Multiplex and Synchronization for Audiovisual Communication in ATM Environments*, ITU-T, Geneva swiss, 2000.
- [5] K. Shuaib, T. Saadawi, M. Lee, and B. Basch, "De-jittering in the Transport of MPEG-4 and MPEG-2 Video over ATM," *ICATM '99. 2nd International Conference on ATM*, pp. 502-506, 1999.
- [6] Steven Gringeri, Bhunip Khasnabish, Arianne Lewis, Khaled Shuaib, Roman Egorov, and Bert Basch, "Transmission of MPEG-2 Video Streams over ATM," *IEEE Multimedia*, Vol. 5, No. 1, pp. 58-71, 1998.
- [7] Michael Orzessek, *ATM & MPEG-2, Integrating Digital Video Into Broadband Networks*, Hewlett-Packard books, USA, 2001.
- [8] Christos Tryfonas and Anujan Varma, "Timestamping Schemes for MPEG-2 Systems Layer and Their Effect on Receiver Clock Recovery," *IEEE Transactions on Multimedia*, Vol. 1, No. 3, pp. 251-263, 1999.
- [9] Christos Tryfonas and Anujan Varma, "A Restamping Approach to Clock Recovery in MPEG-2 Systems Layer," *ICC '99 IEEE International Conference on Communications*, Vol. 2, pp. 1285-1290, 1999.
- [10] Christos Tryfonas and Anujan Varma, *MPEG-2 Transport over ATM Networks*, Computer Engineering Department University of California UCSC-CRL-99-01, Santa Cruz, 1999.
- [11] Yih-Chang Lee, Tain-Lieng Kao, and KouTanWu, "Design of ATM AAL1 SAR for Circuit Emulation," *IEEE Transactions on Communications*, Vol. 46, No. 9, pp. 1117-1121, 1998.
- [12] Richard C. Lau and Paul E. Fleischer, "Synchronous Techniques for Timing Recovery in BISDN," *IEEE Global Telecommunications Conference*, pp. 814-820, 1992.
- [13] B.F. Cockburn and T. Friesen, "Simplified Jitter Analysis and performance-enhancing Extensions for the SRTS Mode of ATM AAL-1," *IEEE Pacific Rim Conference on Communications*, Vol. 1, pp. 61-65, 1997.
- [14] Jacqueline Walker, "A New Reconstruction Approach in the SRTS Method," *IEEE Transactions on Communications*, Vol. 51, No. 11, pp. 1761-1764, 2003.



기 재 훈

- 1989년 경일대학교 전자 공학과 (공학사)
- 1991년 홍익대학교 전자 공학과 (공학석사)
- 2005년 영남대학교 전자 공학과 (공학박사)
- 1993년~현재 대구과학대 컴퓨터 정보과 겸임교수

관심분야: 멀티미디어통신, 네트워크, 컴퓨터하드웨어



서 희 돈

- 1973년 영남 대학교 전자 공학과 (공학사)
- 1987년 일본 Tohoku 대학교 전자공학과(공학박사)
- 1973년~1980년 삼성반도체 과장
- 1987년~현재 영남대학교 전자정보 공학부 교수

관심분야: 생체의학, 센서시스템, 마이크로시스템