

# 효율적인 ATM-PSTN Trunk간의 연동 방안

## (Efficient ATM-PSTN per-Trunk Interworking)

李光熙\*, 李聖昌\*

(Kwanghee Lee and Sungchang Lee)

### 요 약

본 논문에서는 B-ISDN으로의 진화단계에서 불가피하게 요구되는 ATM망과 PSTN간의 연동에서, PSTN의 Trunk 단위로 연동할 때의 효율적인 방안을 제안하였다. 제안한 방안은 PSTN Trunk의 프레임 중에서 실제 사용중인 유효 Channel들만 셀의 페이로드에 매핑함으로써 셀의 유효정보 전송효율을 개선하였다. 또한, 수신측에서의 연속성 있는 프레임 흐름의 복구 및 유지를 위해서 셀 손실 및 오삽입에 내구력이 강한 프레임 복구방안이 제안되었으며, 그 성능에 대한 결과가 제시되었다. 제안된 방안은 두 망간에 적용 가능한 여러 가지 연동 방안들과 셀 활용효율 및 셀화 지연, 셀 손실과 오삽입에 대한 내구력 등의 항목에 대해서 비교되었다. 아울러, 이 연동장치의 구현을 위한 구조를 제안하고 설계하였으며, CAD 시뮬레이션을 통해 제안된 연동 방안 및 설계된 구조가 올바르게 동작함을 보였다.

### Abstract

In this paper, we propose an efficient per-Trunk interworking mechanism between PSTN and ATM network assuming the situation ATM network interworks with PSTN during the evolution period. The proposed mechanism improves the cell payload utilization by mapping only the active channels of PSTN frame into ATM cell payload. Also, we propose the frame recovery mechanism to guarantee the frame sequence integrity. The proposed mechanism is compared with other possible ones in terms of cell payload utilization, cell packetization delay. We present the implementation structure of the interworking unit. The correctness of the mechanism and the feasibility of the implementation are verified through the CAD simulation.

### I. 서 론

근래 B-ISDN(Broadband-Integrated Service Digital Network)과 ATM(Asynchronous Transfer Mode)의 표준화가 이루어진 이래, ATM망은 빠른 속도로 확산되어 가고 있다. 그러나 기존의 망에서 완전한 B-ISDN으로 전환되기까지는 많은 시간이 필요하게 되고, 그 진화 과정에 있어서 ATM망은 기

존 망들을 유연하게 지원해야 할 것이다. 따라서 이러한 망의 진화 과정에 있어서 다양한 망 연동의 상황이 나타날 것이다.<sup>[1]</sup> 이러한 맥락에서, 본 논문에서는 기존 망의 주축이 되는 PSTN(Public Switched Telephone Network)을 ATM망에서 지원하기 위하여 필요한 효율적인 E1 Trunk의 연동방안을 제안한다. 또한, 이러한 연동장치(IWU: Interworking Unit)의 구현 구조를 제안하고, CAD 설계 및 시뮬레이션에 의하여 제안한 방안과 설계의 타당성을 검증하였다.

망 상황에 따라서 ATM망과 PSTN망 사이의 연동은 여러 가지가 있을 수 있다.<sup>[2]</sup> 첫째로, PSTN의 각 Channel이 하나의 ATM VPI/VCI로 매핑되어 Channel 데이터들이 직접 셀화 될 수 있다. 이하 논

\* 正會員, 韓國航空大學校 通信情報學科

(Dept. of Telecommunications, Hankuk HangGong Univ.)

接受日字: 1997年10月24日, 수정완료일: 1998年1月12日

문에서는 이것을 Channel당 연동 (per-Channel Interworking)이라고 칭한다. 이 경우에는 PSTN의 각 Channel들이 ATM망의 VC(Virtual Channel)에 의해 에뮬레이션(Emulation)된다.<sup>[3] [4]</sup> 이러한 Channel당 연동방식에도 셀화의 방식에 따라 여러 가지가 있다. 즉, 셀화 지연을 줄이기 위해 셀의 일부분만 채우거나, 몇 개의 다른 Channel들을 하나의 셀에 채워넣는 방식(Composite Cell) 등이 있다.<sup>[5]</sup> 다른 하나는, Trunk(회선, ex, T1, E1)당 연동 (Per-Trunk Interworking)방식으로서, 이 방식에서는 PSTN의 하나의 Trunk가 ATM망의 VC(Virtual Channel)나 VP(Virtual Path)에 의해 에뮬레이션 된다. 또한, STM 전송 망의 하위 디지털 경로들을 ATM VP로 구현함으로써 여러 가지 이점을 얻고자 할 때에도 Trunk 당 연동이 필요하다.<sup>[6]</sup>

ATM망으로의 진화과정 동안 지역 교환기들(Local Exchange)은 POTS와 ATM서비스를 모두 지원해야 한다. 하이브리드 지역 교환기(Hybrid Local Exchange)가 이러한 두 서비스를 수용할 수 있는 하나의 해결책이다.<sup>[3] [7]</sup> 이 때, POTS와 ATM 서비스는 STM과 ATM 교환기에 의해 각각 수용된다. 또한, STM과 ATM 스위치간에는 연동이 필요하고, 이 연동은 Channel당 및 Trunk당으로 구현된다.

본 논문에서는 이러한 연동들 중에서 Trunk당 연동을 다룬다. 본 논문에서 제안된 Trunk당 연동방안은 ATM망의 전송효율을 개선하기위해 PSTN 프레임 전체를 그대로 전송하는 대신, 호가 설정되어 사용중(active)인 Channel만 전송하는 프레임 매핑 방법을 사용한다. 이러한 방안에 의해 최대 부하량 영역을 제외한 대부분의 트래픽 부하의 영역에서 셀 정보전송 효율을 개선할 수 있었다. 또한, 본 논문에서는 셀 손실 상황에서도 수신측에서 프레임의 연속성을 지속할 수 있는 프레임 복구방안을 제시하고 이에 대한 성능 결과를 제시하였다. 이러한 방안들은 구현과 시뮬레이션에 의해 검증되었다.

2장에서는 PSTN과 ATM망간의 연동 환경에 대해 기술했고, 3장에서는 PSTN 프레임과 ATM 셀간의 매핑방안을 제안하고 타 방안과 셀 전송 효율 및 셀화 지연을 비교하였고, 4장에서는 셀 손실과 셀 오삽입에 대한 내력이 강한 프레임 복구 기술에 대해 다루며, 5장에서는 제안한 연동방안의 구현 구조를 제시하고 CAD 설계에 의해 연동방안 및 설계의 타당성을

검증하였다.

## II. ATM과 PSTN의 연동

### 1. 연동 개요

그림 1.에는 망 진화 기간동안 예상되는 가입자 교환시스템의 구성을 보였다. 그림에서와 같이 ATM 트래픽은 직접 ATM 스위치에 수용된다. 그러나, ATM 스위치가 POTS 트래픽을 수용하기 위해서는 직접 Channel당 연동(per-Channel Interworking)을 하거나, 그렇지 않으면, STM 스위치로부터의 트래픽을 Trunk당 연동(per-Trunk Interworking)을 해야 할 것이다. 물론, STM 스위치로부터의 트래픽을 Channel당 연동(per-Channel Interworking)할 수도 있다. 그러나, ATM 스위치가 각각의 POTS가입자 라인에 직접 Channel당 연동을 하여 수용하는 것은 많은 비용이 소요될 것이다. 따라서, STM 스위치로부터의 Trunk를 ATM에 Channel당 혹은 Trunk당 연동하게 될 것이 예상되며, 특히, Trunk당 연동은 진화과정에서 ATM망이 PSTN의 중계망 역할을 할 때는 Trunk당 연동이 많이 활용될 것이다. 본 논문에서는 이러한 ATM망과 PSTN간의 Trunk당 연동에 있어서의 효율적인 연동방안을 제안한다.

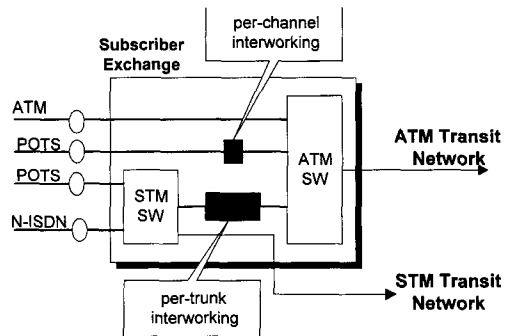


그림 1. 진화과정의 예상 가입자 스위치 시스템  
Fig. 1. Evolving subscriber switching system.

PSTN과 ATM간의 연동은 Trunk당 연동 및 Channel당 연동, 신호(Signaling, control plane)의 연동까지를 포함하는 연동과 신호의 개입 없이 두 연동점 사이에 반영구 데이터 경로(User Plane)를 설정하는 연동방법이 있다. 즉, 전자는 ATM과 PSTN의 연동 장치에서 B-ISDN의 신호(Signaling)와 PSTN

의 신호(Signaling)사이의 연동까지 지원하는 방안이며, 후자는 제어평면(Control Plane)의 연동없이 ATM망에서 POTS망에 투명한 경로(path)를 지원하는 방법이다.<sup>[8] [9]</sup> 본 논문에서는 후자의 연동방안에 대해 다룬다. Trunk 당 연동은 망 진화 단계 내에서 큰 복잡도 없이 ATM망이 PSTN망을 지원함으로써 ATM전송망의 이점을 추구 할 수 있게한다.

### 2. ATM-PSTN 연동 장치(IWU)

그림 2.에 ATM과 PSTN의 연동을 위한 프로토콜 스택을 보였다. 두 망간의 연동은 프로토콜 스택의 Mapping Function에 의해 수행된다.

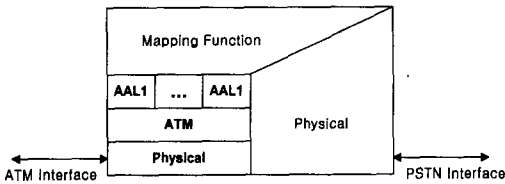


그림 2. 연동장치의 프로토콜 스택  
Fig. 2. IWU Protocol Stack.

ATM Forum의 Circuit Emulation Service Interoperability Specification<sup>[10]</sup>에는 그림 2.의 Mapping Function이 Structured 및 Unstructured의 두 가지 CES로 나뉘어 기술되고 있다. Structured Service는 ATM망이 Nx64(Fractional), E1/DS1, E3/DS3 등을 AAL 1의SDT 방법을 이용하여 에뮬레이션하는 것이며, Unstructured Service는 Nx64, E1/DS1, E3/DS3 등을 데이터 스트림 그대로 투명하게 전송해 주는 서비스이다.

본 논문의 연동방안에 대한 기본 골격은 저자 등이 이미 1995년, 1996년에 일부 발표한 바 있다.<sup>[11] [12]</sup><sup>[13]</sup> 본 논문의 연동방안 mapping function은 1997년 1월 발표된 ATM Forum의 CES 규격의 mapping function과 유사한 기능을 한다. 그러나, 본 논문의 연동방안은 ATM망-PSTN간의 Trunk당의 연동이며, 프레임내의 Channel의 사용현황에 따라 동적으로 사용중인 Channel만 ATM 셀로 매핑되게 함으로써 셀 전송의 활용도(utilization)를 개선한다. ATM Forum의 CES는 주로 가입자 망의 CES를 가정하여 Nx64, E1/DS1, E3/DS3등을 프레임 내 Channel의 사용상황에 관계없이 통째로 structured 혹은 unstructured로 전송한다. Nx64(fractional

E1/DS1)를 structured service로 하는 경우에는, 프레임 내 전체 Channel중에서 N개의 Channel만 ATM 셀로 매핑한다. 그러나, 이것은 가입자 망에서 고정적으로 Nx64만 가입되어 있는 경우로서, 셀에 매핑되는 Channel은 관리자 평면에 의해 고정적으로 할당되어 있다.

또한, 최근(1997년 5월)에 발표된 ATM Forum Specifications of (DBCES) Dynamic Bandwidth Utilization - In 64 Kbps Time Slot Trunking over ATM<sup>[14]</sup>에는 저자 등이 제안했던 연동방안과 매우 유사한 연동방안이 제시되었다. 이 방안에서는, 저자 등이 제안했던<sup>[12]</sup> 프레임 현황(Frame Status)과 유사한 Maskbit를 사용하여 미리 양단간의 합의에 의해 구성된 N개 이하의 Channel들을 상황에 따라 가변적으로 사용한다. 이것은 기본적으로 CES 기능을 가진 IWU에 추가될 수 있는 기능이다. 본 논문의 연동은 공중 ATM망과 PSTN이 연동하는 경우로서, 이 경우의 PSTN Trunk는 프레임내의 Channel들이 시간에 따라 최소수에서 최대 모든 Channel까지 동적으로 변화하며 무작위로 사용된다. 본 논문의 연동방안은 이러한 망간 연동에서 ATM 셀 페이로드의 유효정보 전송효율을 개선하기 위한 것이다.

### III. 프레임 매핑 방법(Frame Mapping Methods)

#### 1. 직접 매핑(Direct mapping)

AAL 1은 SRTS와 SDT방식 등을 이용하여 셀 내에 있는 등시성(isochronous) 구조의 데이터를 전송하는 기술을 제공한다. PSTN 프레임의 경우에 SDT를 사용하여 Trunk 내의 모든 프레임을 집적적으로 SAR-PDU에 매핑할 수 있다. 프레임 경계는 ALL 1 헤더의 P-format을 이용하여 구별된다. 이 방식은 다른 어떤 매핑 방식을 사용하지 않고, 가공하지 않은 비트의 흐름으로 취급한다. 이 방식은 Trunk 데이터를 전송하는 가장 간단한 기술이지만 프레임 내의 Channel들이 사용상태이든 비사용상태이든 상관없이 프레임 전체를 그대로 전송하기 때문에 Trunk의 부하가 작을 때는 전체 셀 전송량에 대한 유효정보의 전송 효율은 저조하게 된다. 이 방식의 셀화 지연은 Trunk 당47\*8 비트 시간 동안이 된다.

2. 유효Channel 레이블 매핑(Active channel mapping with labeling)

이 방식에서는 셀 전송 효율을 높이기 위해 프레임 내의 Channel들 중에서 사용 중(active)인 Channel들만 ATM 셀의 페이로드 내에 매핑된다. 셀 내에 매핑되는 각각의 Channel을 구별하기 위해 각 Channel 데이터에는 Channel 식별을 위한 레이블(label)을 붙인다. 그림 3.에 이 방식의 Channel 매핑 방식을 보였다. 프레임 경계는 Rec. I.363에 정의된 SDT를 사용하여 표시한다. P-format내의 포인터는 해당 셀 과 다음 셀 내에서 나타나는 첫번째 프레임 경계를 가리킨다.

이 방식의 셀화 지연은 프레임 내의 사용Channel의 수에 의해 좌우된다. 프레임 내의 사용Channel의 수가 작을 수록 셀화 지연은 길어진다. 최악의 경우(오직 한 Channel만이 사용되고 있을 경우)셀은 46 혹은 47 옥텟이 각 데이터 샘플당13비트씩(5비트의 레이블과 8비트 데이터)으로 모두 채워질 때까지 기다려야 한다. E1이나 T1의 경우(46\*8/13=28.3)\*125s 정도의 지연이 일어난다. 최대 셀화 지연을 제한하기 위해서는 타임아웃(time out)개념이 적용될 수 있다. 즉, 셀이 다 채워지기 전이라도 타임아웃이 발생하면 완전히 채워지지 않은 셀이라도 그대로 전송하는 것이다.

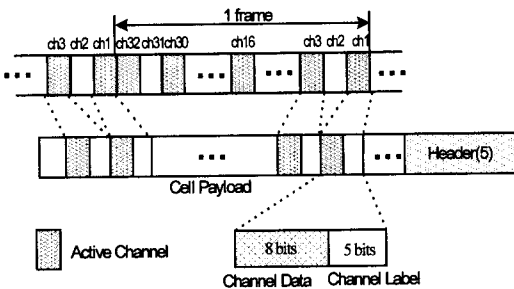


그림 3. Channel 레이블을 이용한 유효 Channel 매핑 방법

Fig. 3. Active Channel Mapping with Label.

프레임 경계는 SDT방식에 의해서 식별되며, 각 Channel은 Channel 레이블에 의해 식별된다. Channel 레이블 값은 프레임 내에서 단순증가가 되므로, P-프레임과 P-프레임간에 여러 개의 프레임이 포함되더라도 프레임간의 경계는 단순증가가 끝나는 점을 찾음으로써 구별될 수 있다. 수신측에서는 전송되

지 않은 비사용 Channel은 비사용시의 데이터를 채워 넣음으로써 복구하고, 사용Channel은 수신된 데이터를 채워넣어 프레임의 복구를 행한다.

3. 프레임 현황을 이용한 유효 Channel 매핑 (Active channel mapping with frame status)

본 논문에서 제안하고 구현 설계한 방안으로서, 이 방식에서는 프레임을 셀에 매핑할 때 프레임 데이터 앞에 프레임내의 각 Channel의 사용현황을 표시한다. 즉, 프레임 현황(Frame Status)에 의해 사용중인 Channel들을 표시하고, 사용중인 Channel들만을 매핑하여 송신한다. 그림 4.에 제안된 방안의 매핑 구조를 보였다. 프레임 현황(frame status) 영역은 32비트로 구성되며 각각의 비트들은 각각에 대응하는 Channel이 사용중인지 아닌지를 나타낸다.

유효Channel 레이블 방식에서와 같이 매핑된 프레임의 길이는 프레임 내 사용중인 Channel의 수에 의해 좌우된다. 이 방식에서도 프레임간 구분은 마찬가지로 SDT(Structured Date Transfer)방법을 사용한다. 이 방식에서도 사용중인 Channel만 셀 내로 매핑되므로, 만약 프레임 내에 사용 Channel이 거의 없을 경우에는 한 셀 내에 여러 개의 프레임이 매핑되게 된다. 이 경우, 프레임 포인터가 셀 내의 첫번째 프레임의 시작을 가리키게 된다. 프레임 현황에는 사용중인 Channel이 표시되므로 프레임간에 사용 Channel의 수가 변화하더라도 수신측에서는 이를 감지할 수 있다. 이 방식에서도 부하가 작을 경우에 최대 셀화 지연을 제한하고자 할 때에는 타임아웃 개념이 적용될 수 있다.

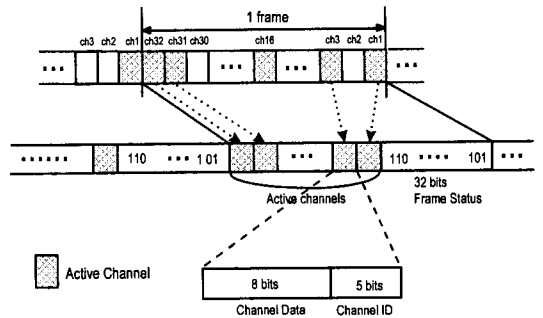


그림 4. 프레임 현황을 이용한 유효 Channel 매핑  
Fig. 4. Active Channel mapping with Frame Status.

4. 각 방안의 성능 비교

본 절에서는 앞의 세 방식에 대해 총 셀의 전송량에 대한 유효정보의 전송효율과 셀화 지연에 대해 비교하였다. 이하의 기술에서 PSTN의 Trunk는 E1을 가정하였다.

1) 셀 유효정보 전송효율(Cell Payload Utilization Efficiency)

셀의 유효정보 전송효율(PUE: Payload Utilization Efficiency)은 셀에 의해 전송되는 전체 유효정보량을 셀의 전체 전송 데이터량으로 나눈 값으로 정의하며, 아래의 식과 같이 표현할 수 있다.

$$PUE = \frac{\beta}{\alpha \times 47} \quad (1)$$

$\alpha$  = 한 개의 프레임을 ATM망으로 전송하기 위해 발생하는 셀 수

$\beta$  = 한 개의 프레임 내의 유효 데이터(Active Channel Data) 수

위의 식(1)에서  $\alpha \times 47$ 은 한 개의 프레임을 ATM망으로 전송하는 경우 발생하는 전체 전송 데이터량이고, 이미 언급한 바와 같이는 트래픽 부하(Traffic Load)에 따른 한 개의 프레임 내의 유효 데이터(Active Channel Data) 수이다. 따라서, PUE의 정의에 따라  $\beta$ 를  $\times 47$ 로 나눈값으로 PUE를 나타낼 수 있다. 이러한 PUE를 이용하여 여러 매핑 방안들을 상호 비교할 수 있는 이유는 매핑 방식에 따라 같은 크기의 를 전송하기 위한 전체 발생 데이터의 크기( $\alpha \times 47$ )가 달라지기 때문이다.

그림 5.는 본 논문에서 언급한 세가지 매핑 방안의 PUE를 트래픽 부하에 따라 계산한 결과를 나타내고 있다. 그림에서 보듯이 직접 매핑의 경우 Trunk Traffic이 늘어남에 따라 PUE가 증가하는 반면 트래픽이 적을 경우에는 PUE가 낮다.

한편, 유효Channel 레이블링 방식은 레이블링에 의한 오버 헤드를 제외하고는 셀의 모든 페이로드에 유효 데이터가 매핑되기 때문에 모든 트래픽 부하에 대해 일정한 PUE을 갖는다. 그러나 만약 셀화 지연을 제한하기 위해 타임아웃 방식을 채택한다면, 부하가 낮은 경우에는 PUE가 감소하게 될 것이다.

본 논문에서 제안한 프레임 현황을 이용한 매핑방식(FS 방안)은 낮은 부하범위에 대해 좋은 PUE값을 갖는다. FS방식의 PUE는 프레임현황을 전송하는 오

버헤더 때문에 부하가 1.0에 가까운 매우 높은 부하에서만 직접 매핑보다 약간 낮은 값을 갖는다. 또한, 유효Channel 레이블링 방식과 비교해서는 부하가 0.15 정도 이하로 매우 낮은 부하에서만 약간 낮은 값을 갖는다. 즉, 실제로 있어서의 대부분의 망의 동작 부하 범위에서는 다른 두 가지 방식에 비해 높은 효율을 갖는 것을 볼 수 있다.

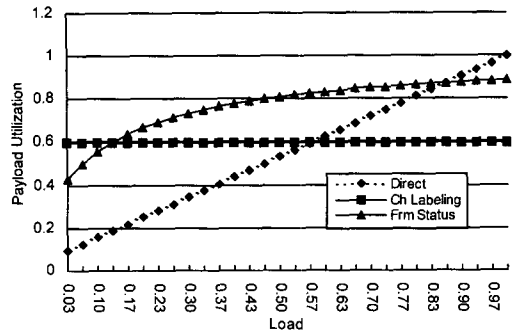


그림 5. 셀 정보 효율의 비교  
Fig. 5. Comparison of the payload utilization.

2) 셀화 지연( The Cell Packetization Delay )

세 방식의 셀화 지연을 그림 6.에서 비교하여 보았다. 그림 6.의 데이터는 식(1)을 이용하여 구한 것으로 프레임내의 사용중인 Channel 수에 대해서 각각의 경우 셀화에 소요되는 최대 지연들을 보여준다. 트래픽 부하가 낮을 때에는 유효Channel 레이블링과 프레임 현황을 이용한 방식이 직접 매핑 방식보다 셀화 지연이 크지만, 부하가 증가함에 따라 그 지연은 줄어들어 직접 매핑 방식과 비슷하거나 오히려 작아진다.

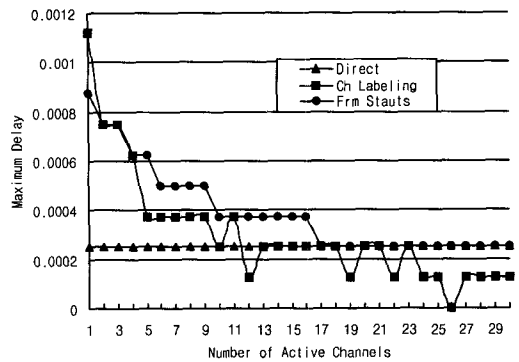


그림 6. 셀 조립/분해 지연  
Fig. 6. Cell assembly/disassembly delays.

그림에서 나타나듯이 각 방식들의 지연은 부하가

아주 작은 때를 제외하고는 대개가 거의 비슷하다. 또한, 그림에서 상대적 차이가 크게 보이는 부하가 작은 경우에 있어서도 절대시간의 차이는 1ms내의 작은 차이임을 감안하면 단대단 전체 지연에 미치는 각 방식의 영향은 거의 마찬가지라고 할 수 있다. 이러한 지연이라도 줄이고자 한다면 타이아웃방식을 채택하여 지연을 억제할 수도 있다. 그러나, 유효Channel 레이블링 방식이나 프레임 현황을 이용한 방식에서의 최장 셀화 지연이 최악의 경우(부하가 낮을 경우) 직접 매핑방식과 비교하여 그 차이가 1ms정도이므로 타이아웃 방식의 구현에 드는 노력을 정당화하기는 힘들 것이다.

#### IV. 프레임 복구(Frame Recovery)

본 장에서는 수신측에서의 셀 오 삽입이나 셀 손실에 대한 처리에 대해 다룬다. 즉, 예상치 못했던 셀 손실이나 오 삽입에 의해 Channel 데이터가 손실일 경우는, 수신 측에서는 송신측에서 전송한 프레임의 흐름이 유지되도록 해야 한다. SAR-PDU내의 SCF(Frame Sequence Field)를 이용한 Sequence Count 처리 알고리즘이 제안 되었으나 SCF만으로는 하나 이상의 셀이 손실되었을 경우 프레임의 흐름을 원상대로 복구하기에 어려울 수 있다. 본 장에서는 본 논문에서 제안한 프레임 현황(FS)을 이용한 방식에서의 셀 손실 및 오 삽입에 대한 프레임 복구방안을 제시한다.

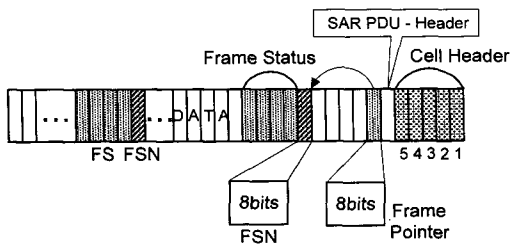


그림 7. 프레임 복구를 위한 매핑 구조  
Fig. 7. Mapping structure for robust frame recovery.

그림 7.은 제안된 프레임 복구를 위한 프레임 현황을 이용한 방식에서의 셀 구조를 나타낸다. 각각의 셀은 그 셀 내의 첫 프레임을 가리키는 포인터를 가지고 있다. 포인터의 사용은 ITU-T AAL 1 권고안의

SDT 방식과 같이 SC(sequence count)의 한 주기내에서 처음 나타나는 경계를 SC가 짝수일 경우에 한번만 P-format을 사용하는 방식을 사용할 수 있다. 한편, 보다 셀 손실이나 오 삽입등에 내구력이 강한 프레임 복구보완을 위해서는 약간 전송효율이 감소하는 것을 감수하며 매 셀에SDT방법을 적용할 수도 있다.

셀 내에 매핑된 매 프레임들은FS(Frame Status, 프레임 현황)영역과 함께 1 octet의 FSN(Frame Sequence Number)영역을 가지고 있다. 따라서, 각 프레임들에는 프레임 순서 번호(Frame Sequence Number)가 붙여지고, 이 번호는 최대 256주기까지 가능하며 필요에 따라 일부 비트만 사용하여 주기를 줄일 수도 있다. 각각의 셀은 셀 내 첫 프레임의 경계를 나타내는 포인터(프레임 포인터, FP)를 가지고 있기 때문에 중간에 많은 수의 셀 손실이 일어나더라도 프레임의 경계를 찾을 수 있다. 또한 프레임의 흐름은 손실된 프레임의 수가 FSN의 주기 범위 내(최대 256)에 있다면 그 흐름의 복구 및 유지가 가능하다.

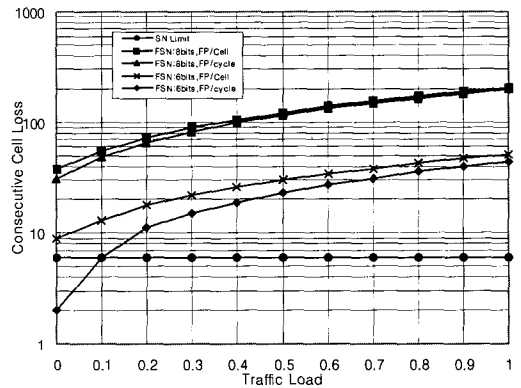


그림 8. 각 경우에 따른 최대 허용 연속 셀 손실 수  
Fig. 8. Max. number of allowed consecutive cell losses.

그림 8.은 FSN에 사용하는 비트의 수에 따른 프레임 복구에 지장을 초래하지 않는 최대 허용 셀 손실 수를 나타낸다. SN(Sequence Number)만을 사용하는 경우 최대 허용 셀 손실 수는 6 개로 고정되어 있으나 FP(Frame Pointer)와 FSN을 사용함으로써 현저히 많은 수의 연속 셀 손실 수를 허용할 수 있고, 사용하는 FSN의 비트수(6비트 또는 8비트)와 FP의 사용횟수 즉, 매 셀 사용(FP/Cell) 또는 권고안과 같이 SN주기에 한 번만(FP/Cycle)-에 따라 최대 허용 셀 손실 수가 달라지게 된다. 그림에 보인 바와 같이

트래픽 부하가 0일 경우라도(프레이밍 Channel과 신호Channel, 0과 16만이 사용중이라고 가정) FSN을 8비트로 사용한다면 10개의 연속된 셀 손실도 허용될 수 있다. 그러나, 실제에 있어서 10개의 연속된 셀 손실은 망 내에서 심각한 장애가 있지 않는 한 일어나지 않을 것이다. 또한, FP를 매 셀마다 사용하는 방안(FP/Cell)과 SC의 한 주기에 한번만 사용하는 방안(FP/Cycle)의 비교에서는 허용 손실 셀 수의 차이가 크지 않은 것을 볼 수 있다. 따라서, 권고안과의 완전한 호환을 유지하면서도 충분한 내구력을 가지는 프레임 복구를 할 수 있다.

V. 연동장치( IWU)의 하드웨어 구성

그림 9.는 IWU의 하드웨어 구조를 보인다. 이와 같은 구조를 가지고 본 연구에서 디자인한 IWU 하드웨어는 고속으로 셀을 조립 및 분해하고 셀 손실에 의한 손실 프레임을 복구할 수 있다.

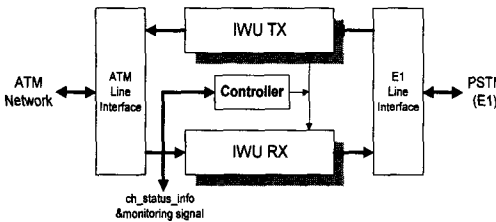


그림 9. 연동장치의 하드웨어 구조  
Fig. 9. Architecture of IWU Hardware.

본 연구의 IWU(Interworking Unit, 연동장치) 하드웨어의 IWU TX와 IWU RX는 자기 독립적으로 동작하고 전체적인 동작의 제어 및 프레임 내의 Channel 현황(Frame Status) 등의 부가 정보는 Controller를 통해 외부와 연결 된다.

1. TX Part

그림 10.에서 보듯이 IWU TX Part의 FSGM에서는 E1 Trunk내의 모든 Active Channel을 검사하여 FS(Frame Status, 프레임 현황)를 생성하거나 외부에서 입력 받는 방식을 사용하여 FSF(Frame Status Field)처리를 하고, FB내의 Active Channel만을 생성된 FSF뒤에 붙여 ATM Line Interface내의 버퍼로 전송한다. 또한, FPGM과 FSNGM에서는 각각 FP와 FSN을 생성하여 전송한다. IWU TX

Part의 세부 모듈의 기능은 다음과 같다.

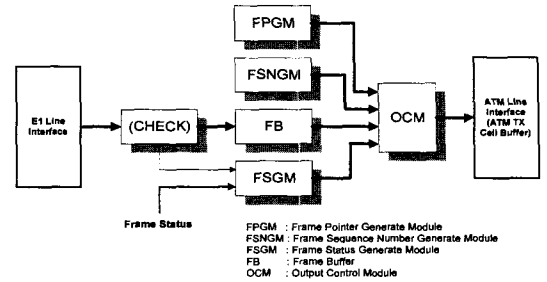


그림 10. 연동장치 송신측의 블럭다이어그램  
Fig. 10. Block Diagram of IWU TX Part.

• FPGM (Frame Pointer Generate Module):

E1 프레임을 ATM 셀로 매핑할 경우 필요한 8비트의 FP(Frame Pointer)를 생성하기 위한 모듈이다. FP는 ATM 셀 내의 E1 프레임의 경계를 구분하기 위한 것이므로 ATM셀에 저장되는 E1 프레임 데이터(8비트)를 카운팅하고 있다가 E1 프레임이 끝나는 시점에서 Enable Signal을 발생하여 FP를 만들 수 있게 한다. 또한 FPGM 내부에는 FSNGM, FSGM, FB를 제어하기 위한 카운터를 가지고 있다.

• FSNGM(Frame Sequence Number Generate Module) :

셀 손실 발생시 손실된 셀 내의 프레임 수를 알아내기 위한 Sequence Number를 발생하는 모듈이다. 사용할 FSN 비트수에 따라 최대 카운트 수가 정해지고, 프레임의 시작과 동기하여 1씩 증가한다.

• FSGM (Frame Status Generate Module) :

4바이트로 이루어진 FS를 구성하는 모듈이다. 8비트의 입력된 E1 프레임 데이터를 검사하여 Active인 경우는 1, Inactive인 경우는 0으로 하여 FS를 생성한다. Active/Inactive 검사는 Check 모듈에서 수행한다.

• FB (Frame Buffer):

ATM 셀로의 매핑 시 생기는 지연을 흡수하기 위한 E1 Frame 데이터의 버퍼이다.

• OCM (Output Control Module) :

FPGM, FSNGM, FSGM, FB의 출력 데이터들을 FPGM에서 발생되는 제어신호를 이용하여 8비트 병렬 데이터로 출력하는 모듈이다. 이 모듈에서 입력되는 데이터들은 ATM 셀로 저장되는 형태로 최종 정리하여 ATM Line Interface로 전달하게 된다.

2. RX Part

ATM 셀은 IWU RX Part에서 분해되어 해석된다. FPHDLR에서는 현재 처리 중인 셀의 FP(Frame Pointer)를 처리하고 FHEXTR에서는 Frame Header(FSN, FS)를 분리하여 각각을 FSNHDLR과 FSHDLR에서 처리할 수 있도록 하게 해준다. ATM 망 내에서 전송 중 셀 손실이 생긴 경우 FSN을 이용하여 손실된 셀 내의 프레임 수를 계산하여 손실된 프레임 수와 같은 수의 의미 없는 프레임을 삽입하여 E1 프레임의 Sync.를 유지시킨다. 이에 대한 동작의 흐름을 그림 11.에서 보이고 있다.

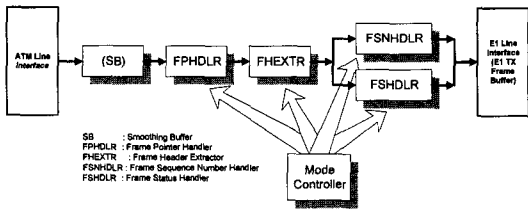


그림 11. 연동장치 수신측의 블럭다이아그램  
 Fig. 11. Block Diagram of IWU RX Part.

IWU RX Part의 세부 모듈의 기능은 다음과 같다.

- SB (Smoothing Buffer) :  
 ATM망 내에서 생길 수 있는 CDV(Cell Delay Variation)을 흡수하기 위한 버퍼를 IWU RX Part 내부에 포함 시킬 수 있고, 상황에 따라 포함 여부를 선택할 수 있다.
- FPHDLR (Frame Pointer Handler) :  
 ATM 셀 내의 프레임 경계를 구분하기 위한 FP를 처리하는 모듈이다. FP의 처리는 매 셀마다 수행하지 않고 Connection 연결 후 첫 셀과 셀 손실이 발생한 후의 셀의 FP만을 처리한다.
- FHEXTR (Frame Header Extractor) :  
 E1 프레임을 ATM 셀로 매핑하기 위하여 부가되었던 FH(Frame Header : FSN과 FS)를 분리한다. 따라서 FHEXTR는 FSN, FS, E1 Active Channel 데이터의 세가지를 출력한다.
- FSNHDLR (Frame Sequence Number Handler) :

ATM내에서 셀 손실이 생긴 경우, 올바른 복구를 위해서는 손실된 셀 내의 E1프레임의 수를 알아야 한다. 손실된 셀의 전후 셀의 FSN을 이용하면 손실된 셀 내의 E1프레임의 수를 알 수 있고, 손실된 프레임

만큼의 Null 프레임을 만듦으로써 셀 손실에 의하여 놓칠 수 있는 E1 Trunk의 Sync.를 유지할 수 있다. FSNHDLR에서는 셀 손실이 발생한 경우, FSN을 이용하여 손실된 셀 내의 E1 프레임의 수를 계산하고, 손실된 E1 프레임만큼의 Null 프레임을 만들어 E1 Trunk의 sync.를 유지할 수 있게 한다.

- FSHDLR (Frame Status Handler) :  
 Active인 Channel만을 전송하는 본 논문에서 제안하는 방법에서는 완전한 E1 프레임을 복원하기 위해서는 FS의 정보를 사용하여야 한다. FSHDLR에서는 FS와 입력된 Active Channel 데이터를 이용하여 완전한 E1 프레임을 생성하게 된다.
- Mode Controller :  
 IWU - RX Part의 전반적인 동작을 제어하는 부분이다. Initial, Normal, SN error, Recovery등의 상태에 따라 각 모듈의 동작을 제어한다.

3. 시뮬레이션

1) IWU 송신부 시뮬레이션

그림 12.는 IWU 송신부의 동작을 시뮬레이션한 결과를 보이고 있다. 그림의 신호 이름 N\_83은 FP, N\_55는 FSN, N\_119는 FS, 그리고 N\_113은 데이터 인에이블신호이다. 이 신호에 따라 IWU 송신부는 적절한 데이터의 발생 타이밍을 알 수 있다.

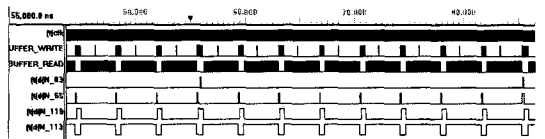


그림 12. IWU 송신부의 동작 시뮬레이션 결과  
 Fig. 12. IWU TX Part Simulation Wave Form.

그림 13.은 IWU 송신부의 FP, FSN, FS의 생성의 자세한 파형을 보이고 있으며, 신호 이름은 그림 12.과 같다.

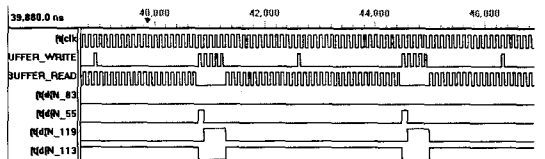


그림 13. FP, FSN, FS의 생성  
 Fig. 13. Generation of FP, FSN, FS.



2) IWU 수신부 시물레이션

그림 14.는 셀 손실이 생기지 않은 경우의 정상적인 IWU의 수신부의 동작을 시물레이션한 결과를 보이고 있다. 수신측에서는 FSNE(FSN Enable Signal), FSE(FS Enable Signal), DATAE(Data Enable)를 이용하여 수신된 데이터를 추출하게 되고 신호 이름 N\_127, N\_151를 이용하여 현재 수신 측의 동작 모드를 알 수 있다. 참고로 언급하면 수신측의 동작 모드는 initial mode(=00), presync mode(=01), sync mode(=10) 그리고 recovery mode(=11)가 있다.

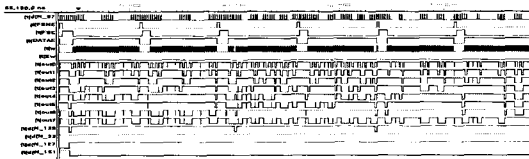


그림 14. IWU 수신부의 동작 시물레이션  
Fig. 14. IWU RX Part Simulation Wave Form.

그림 15.은 IWU 수신부의 FSN, FS를 이용한 프레임 추출의 자세한 파형을 보이고 있으며, 신호 이름은 그림 14.와 같다.

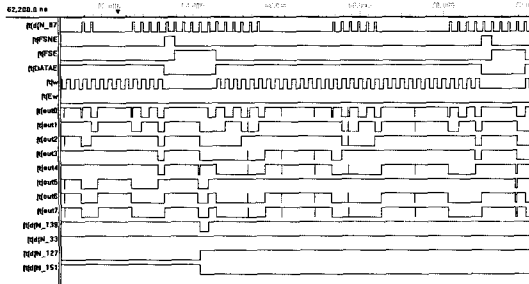


그림 15. FSN, FS의 추출  
Fig. 15. Extraction of FSN, FS.

또한, 그림 16.는 셀이 전송 중 손실이 생긴 경우 IWU 수신측에서 프레임을 복구하는 경우의 시물레이션 결과를 보이고 있다. 셀이 손실되면 IWU 수신측에서는 Trunk의 Sync.를 유지하기 위해 FSN을 이용하여 손실된 셀 속의 프레임을 유효하지 않은 데이터(Dummy Data)를 이용하여 복구한 후, 손실된 셀 이후의 올바른 셀의 FP가 가리키는 위치의 데이터부터 정상적인 E1 프레임으로 변환한다.

N\_127과 N\_151 신호가 나타내는 수신 모드의 변화를 보면 셀 손실 처리를 위한 프레임 복구 시

recovery mode(=11)가 되고, 프레임 복구 후 다시 정상 상태인 sync mode(=10)로 돌아오는 것을 알 수 있다.

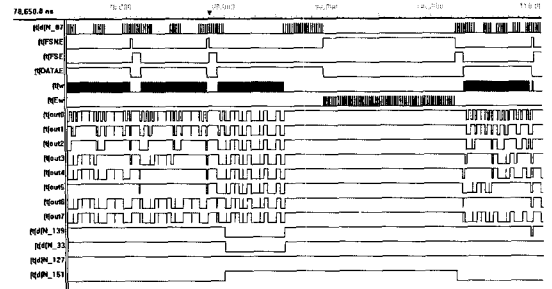


그림 16. 셀 손실이 생긴 경우의 프레임 복구  
Fig. 16. Frame Recovery for Cell Loss.

VI. 결론

B-ISDN으로의 진화과정에서 불가피하게 요구되는 PSTN과 ATM망 사이의 연동에 있어서, 효율적인 Trunk 당 연동을 제공할 수 있는 방안을 제안하였다. 제안한 방안은 PSTN Trunk의 프레임중에서 실제 사용중인 유효 Channel들만 셀의 페이로드에 매핑하므로써 셀의 유효정보 전송효율을 개선하였다. 또한, 수신측에서의 연속성있는 프레임 흐름의 복구 및 유지를 위해서 셀 손실 및 오 삽입에 내구력이 강한 복구 방안도 함께 제안되었다. 제안된 방안은 다른 가능한 방안들과 셀전송에 있어서의 셀 활용효율 및 셀화 지연시간 등의 관점에서 비교되었다. 비교의 결과, 제안된 방식은 대부분의 실제 동작부하 영역에서 다른 방안들보다 높은 셀 활용도(Cell Utilization)를 나타내었다. 셀화 지연의 비교에서는 부하가 낮은 범위에서 직접 매핑과 비교할 때 약간 높게 나타났으나 셀화 지연의 절대값의 차이가 최악의 경우 1ms 정도로 전체 단대단 지연에 미치는 영향은 차이가 없다고 판단되었다. 제안된 방안은 Trunk당 연동으로서 신호(Signaling, Control Plane)의 연동은 포함하지않고, ATM 가상연결을 통해 투명한 경로를 제공한다. 따라서, 신호의 연동까지 포함하는 연동에 비해 그 구현이 간단하여 진화과정에 망간 연동에 많이 활용될 수 있을 것이다. 또한, 본 논문에서는 구현 구조를 제시하고 설계하였으며, CAD 시물레이션을 통해 제안된 방안의 타당성을 검증하였다.

참 고 문 헌

[1] Hirokazu Ohnishi, et. al., "All Band Switching Node Architecture for Flexible and Cost-Effective Evolution toward B-ISDN," in *Proceedings of ISS 95*, B1.2, pp. 57-61, April, 1995.

[2] Ingemar Gard and Lars-Goran Peterson, "Supporting STM Traffic with ATM - A Switch Implementation," in *Proceedings of ISS 95*, Vol. 1, B1.3, April 1995.

[3] Hideaki Iwata, et. al, "An ATM subscriber Line Interface Circuit for Voice and Telephony over ATM(VTOA)," in *Proceedings of Globecom 95*, pp. 270 - 274, 1995.

[4] Zsehong Tsai, et. al, "Performance Analysis of Two Echo Control Designs in ATM Networks," *IEEE/ACM Transactions on Networking*, Vol. 2, No. 1, pp. 30-39, Feb. 1994.

[5] Ron A. Spanke and J. Mark Adrian, "ATM Composite Cell Switching for DS0 Digital Switches," in *Proceedings of ISS 95*, Vol. 1, P.b3, April 1995.

[6] Hitoshi Uematsu and Hiromi Ueda, "STM Signal Transfer Techniques in ATM Networks," in *Proceedings of ICC 92*, pp. 281-285, 1992.

[7] B. Schaffer, "ATM Switching in the developing Telecommunication Networks," in *Proceedings of ISS 90*, pp. 28-29, Feb. 1990.

[8] David J. Wright, "Voice over ATM : An Evaluation of Implementation Alternatives," in *IEEE Communication Magazine*, May, 1996.

[9] David J. Wright, "Voice over ATM : An Evaluation of Network Architecture Alternatives," in *IEEE Communication Magazine*, September/October, 1996

[10] "Circuit Emulation Service Interoperability Specification Version 2.0", *The ATM Forum*, January, 1997.

[11] "ATM 셀에 적용할 Echo 제거기의 연구및 구현(I)", *과제 최종보고서*, 한국전자통신연구원, december, 1995

[12] Sungchang Lee, Kwanghee Lee, Wonsik Park, Jungsik Kim, Changsoo Eem, "Efficient Cell Assembly and Disassembly of E1 Trunk", *ITC-CSCC 96*, July, 1996.

[13] "ATM망과 PSTN의 연동을 위한 Interworking Unit(IWU) 구현 연구", *과제 중간및 최종 보고서*, 삼성전자통신 연구소, 1996

[14] "Specifications of (DBCES) Dynamic Bandwidth Utilization - In 64 Kbps Tume Slot Tunking over ATM - Using CES", *The ATM Forum*, May, 1997.

저 자 소 개



李 光 熙(正會員)

1996년 2월 한국항공대학교 항공통신정보공학과 졸업(공학사). 1996년 ~ 현재 한국항공대학교 항공통신정보공학과 대학원 석사과정 재학중. 1998년 2월 졸업 예정(공학석사). 주관심분야는 B-ISDN 및

ATM 시스템 등.



李 聖 昌(正會員)

1983년 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1985년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(공학석사). 1991년 미국 Texas A&M University 전기공학과 졸업(공학박사). 1985 ~ 1987년 한국과학기술원 시스템공학센터 연구원. 1992 ~ 1993년 한국전자통신연구원 선임연구원. 1993~현재 한국항공대학교 통신정보공학과

기술원 시스템공학센터 연구원. 1992 ~ 1993년 한국전자통신연구원 선임연구원. 1993~현재 한국항공대학교 통신정보공학과