

# IEEE-1394 버스의 가용 등시성 대역폭을 활용하기 위한 대역폭 훔치기와 ABR-1394 전송 모드

강 성 일<sup>†</sup> · 이 윤 직<sup>††</sup> · 이 흥 규<sup>†††</sup> · 강 성 봉<sup>††††</sup>

## 요 약

IEEE-1394 고성능 직렬 버스는 대역폭 예약이 가능한 실시간 등시성 전송 모드를 제공하고 있지만 가변 비트율의 멀티 미디어 데이터를 등시성 전송 모드로 전송할 경우 한정된 등시성 대역폭이 비효율적으로 사용되는 문제를 가지고 있다.

본 논문은 등시성 대역폭의 활용도(utilization)를 증대시키기 위하여 가용 등시성 대역폭을 인식할 수 있는 대역폭 훔치기(bandwidth stealing)와 이를 기초로 한 1394용 ABR(Available Bit Rate) 전송 모드의 구현 방안에 대한 것이다. 대역폭 훔치기는 사용 중인 등시성 전송에 전혀 영향을 주지 않고 가용 등시성 대역폭을 식별해주는 확장 기법으로 표준 노드와 확장 노드가 같은 버스에 연결되어 사용될 수 있다. ABR-1394 전송 모드는 어플리케이션에서 가용 등시성 대역폭을 효과적으로 활용할 수 있도록 해주는 것으로 가용 대역폭의 활용 측면에서 보면 ATM의 ABR 전송 서비스와 유사하지만 최저 대역폭에 대한 실시간 전송이 가능하며 네트워크의 도움 없이 송신 노드에서 독립적으로 흐름 제어를 할 수 있는 점이 다르다.

## Bandwidth Stealing and ABR-1394 Transport for Utilizing Available Isochronous Bandwidth on IEEE-1394 Bus

Sung-Il Kang<sup>†</sup> · Yoon-Jick Lee<sup>††</sup> · Heung-Kyu Lee<sup>†††</sup> · Sung-Bong Kang<sup>††††</sup>

## ABSTRACT

The IEEE-1394 High Performance Serial Bus provides the real-time isochronous transport with capability of bandwidth reservation, however, there is a problem that isochronous bandwidth is used inefficiently on transmitting multimedia data with variable rate via the isochronous transport. To improve utilization of isochronous bandwidth, this paper proposes a *bandwidth stealing* technique to be able to recognize available isochronous bandwidth, and describes an implementation scheme of *ABR transport* for 1394 serial bus (ABR-1394) based on this technique. Because the bandwidth stealing technique detects the available isochronous bandwidth without any effects on current isochronous transmissions with reserved bandwidths, standard nodes and extended nodes with the bandwidth stealing technique can be connected together on the same bus. The ABR-1394 transport enables applications to utilize available isochronous bandwidth efficiently. In the respect of the utilization of available bandwidth, ABR-1394 is similar to the ABR service of ATM, however, it is different in that an ABR-1394 node itself can do flow control independently without any help from the network.

† 준 회 원 : 한국과학기술원 대학원 전산학과  
†† 정 회 원 : 삼성전자주식회사 주임연구원  
††† 정 회 원 : 한국과학기술원 전산학과 교수  
†††† 정 회 원 : 삼성전자주식회사 수석연구원  
논문접수 : 1998년 12월 29일, 심사완료 : 1999년 4월 3일

## 1. 서 론

최근 차세대 가정 자동화(home automation)를 위한 기반 통신 기술로 주목받고 있는 IEEE-1394 고성능 직렬 버스(High Performance Serial Bus) (이하 1394 혹은 1394 버스)[1]는 멀티미디어 데이터 전송에 유용한 고속의 등시성(isochronous) 전송 모드(transport)를 지원하고 있다. 1394의 등시성 전송은 대역폭 예약(bandwidth reservation)이 가능하기 때문에 LAN용으로 널리 쓰이는 이더넷(Ethernet)과는 달리 버스에 연결된 다른 노드의 사용에 영향을 받지 않고 예약한 대역폭을 사용할 수 있다.

1394 버스에서 멀티미디어 데이터를 전송하고자 할 때 문제가 될 수 있는 것은 가변 비트율(variable bit rate: VBR)의 데이터를 효과적으로 처리할 수 없다는 것이다. 멀티미디어 데이터는 근본적으로 큰 대역폭을 필요로 하기 때문에 대부분 요구 대역폭을 줄이기 위하여 MPEG-1/2, M-JPEG, H.261/263과 같이 압축에 기초한 데이터 형식[7]을 사용하게 된다. 압축은 멀티미디어 데이터가 갖는 시간적, 공간적 중복성을 제거하는 것으로 압축 결과로 나오는 데이터는 일반적으로 가변 비트율을 가지게 되며 압축의 정도가 클수록 가변의 폭과 변화의 정도는 더욱더 커지게 된다. 이러한 현상은 일정하게 낮은 비트율을 생성하는 오디오 데이터에서 조차 무음 감지(silence detection)<sup>1)</sup>를 하게 되면 쉽게 나타난다[12].

B-ISDN을 위한 고속 전송 프로토콜인 ATM(Asynchronous Transfer Mode)에는 가변 비트율 데이터를 효과적으로 전송할 수 있는 VBR, ABR과 같은 전송 서비스를 지원하고[11] 있지만 1394에서는 그러한 전송 모드(transport)를 지원하고 있지 않다. 그러므로, 1394에서는 VBR 형식의 멀티미디어 데이터를 ATM의 CBR에 해당하는 등시성 전송 모드를 가지고 처리해야 하는데 이럴 경우 한정된 등시성 대역폭이 불필요하게 많이 사용되는 문제가 있다[12]. 1394의 초기 어플리케이션인 영상 편집(video editing)에서는 비트율이 일정한 M-JPEG 방식의 DV(Digital Video) 형식[8]이 주로 사용되어 왔지만 DV는 MPEG에 비해 압축율이 상당히 낮기 때문에 일반적인 멀티미디어 데이터 전송 형식으로는 적합하지 않다. 그리고 1394상의 가정용 A/V

기기의 데이터 전송에 대한 표준인 IEC-61883[6]에서도 MPEG-2 스트림 전송을 규정하고 있으며 앞으로 가정 네트워크(home network)으로 쓰일 1394는 ATM이나 DOCSIS(Data Over Cable System Interface Specification)와 같은 프로토콜을 사용하는 외부망과의 연동[4,13,14]이 불가피하게 될 것이다 따라서, 1394 버스에서도 가변 비트율 데이터를 효과적으로 처리하고 한정된 등시성 대역폭을 효율적으로 사용할 수 있는 방법이 제공될 필요가 있다.

현재 1394 관련 표준화 작업 그룹[2]에서 연구하고 있는 개선 방안은 버스 동기화에 필요한 시간을 최소화시키고 비동기 전송을 효과적으로 사용할 수 있도록 함으로써 버스 활용도를 개선하는 것이다. 그러나 이것은 버스의 활용도만을 부분적으로 증가시키는 것이고 쉽게 부족할 수 있는 한정된 등시성 대역폭의 활용도는 증가시키지는 못한다.

본 논문은 등시성 대역폭과 버스의 활용도를 동시에 증가시키기 위한 것으로 정상적으로 예약된 등시성 대역폭의 사용에 영향을 주지 않으면서 가용 등시성 대역폭을 식별하는 "대역폭 훔치기(bandwidth stealing)<sup>2)</sup>" 기법과 식별된 가용 대역폭을 어플리케이션에서 효과적으로 활용할 수 있도록 해주는 새로운 1394용 ABR 전송 모드(이하 ABR-1394)의 구현 방법에 대한 것이다. ABR-1394는 여유 대역폭을 사용한다는 측면에서는 ATM의 ABR 전송 서비스(이하 ABR-ATM)와 유사하기 때문에 1394 버스가 ATM 네트워크와 연계될 때 유용하게 사용될 수 있다. ABR-1394가 ABR-ATM과 다른 점은 최저 대역폭에 대해 실시간 전송이 가능하고 송신 노드에서 네트워크의 도움없이 직접 흐름 제어를 할 수 있다는 것이다.

논문의 나머지 부분은 다음과 같이 구성되어 있다. 2장에서 먼저 1394 버스의 전송 모드를 설명하고 등시성 전송을 위한 채널과 대역폭의 관리 방법을 설명한다. 그리고 1394 버스의 전송 모드와 ATM의 전송 서비스를 간단히 비교한다. 3장에서 1394 버스의 가용 대역폭을 식별하기 위한 대역폭 훔치기 기법의 제안 배경과 함께 동작 원리를 설명한다. 4장에서 제안 기법에 기초한 ABR-1394 전송 모드의 동작과 구현 방법을 설명한다. 마지막으로, 5장에서 연구 내용을 요약하고 향후 연구 방향을 기술한다.

1) 인터넷 폰이나 ATM 오디오에서 대역폭을 효율적으로 사용하기 위하여 적용되는 기법이다.

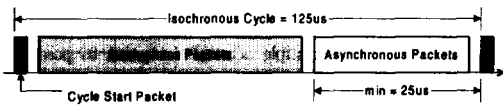
2) 대역폭 훔치기란 1394의 등시성 대역폭을 할당받지 않고 사용하기 때문에 붙여진 이름이다.

## 2. 1394 버스상의 데이터 전송

본 장에서는 1394 버스에서 지원되는 등시성과 비동기 전송 모드가 어떻게 처리되는 지 살펴보고 등시성 전송에 사용되는 채널과 대역폭의 관리 방법에 대해서 알아본다. 그리고 1394의 전송 모드와 ATM의 전송 서비스를 간단히 비교한다.

### 2.1 전송 모드(Transports)

고속의 1394 버스<sup>3)</sup>는 등시성(isochronous)과 비동기(asynchronous), 두 가지 형태의 전송 모드를 제공하고 있다. 등시성 전송 모드는 실시간 데이터 전송을 위한 것으로 초당 8000번 수행되는 125 $\mu$ s의 등시성 사이클(isochronous cycle)마다 채널당 한번의 패킷 전송이 가능하다. 이에 반하여 비동기 전송 모드는 데이터 전달이 보장되는 전송 모드으로써 연결된 모든 노드가 구간 내에서는 한번만 전송할 수 있는 공평 구간(fairness interval)에 의해 전송이 제어된다[1,2].



(그림 1) 1394 등시성 사이클

등시성 사이클은 루트(root)노드로부터 전달되는 사이클 시작 패킷(cycle start packet)에 의하여 시작되는데 한 사이클 내에서 (그림 1)과 같이 등시성과 비동기 데이터가 같이 전송된다. 한 사이클 내에서 대역폭을 예약하는 등시성 전송이 비동기 전송을 우선하는데 등시성 전송에 의해 비동기 전송이 수행되지 못하는 상황을 막기 위하여 전체 사이클의 80%(100 $\mu$ s)만 등시성 전송에서 사용할 수 있다. 즉, 비동기 전송은 최소한 사이클의 20%(25 $\mu$ s, 400Mbps 버스인 경우 80Mbps)는 사용할 수 있다. 만약 등시성 전송이 없다면 사이클 전부를 비동기가 사용할 수 있다.

비동기 전송 모드는 간단한 명령어 전달에 많이 사용되며 세부적으로 <표 1>에 나타난 것과 같이 비동기 읽기와 쓰기(asynchronous read and write), 비동기 방송 쓰기(asynchronous broadcast write), 그리고 P1394a[2]에서 새롭게 정의된 비동기 스트림 채널

(asynchronous stream channel), 3가지 형식으로 나누어 질 수 있다. 여기서 비동기 읽기와 쓰기 만이 확인 과정(acknowledgment)을 통한 데이터의 보증 전달(guaranteed delivery)이 가능하다.

<표 1> 1394 전송 모드

Features	isochronous (stream channel)	asynchronous		
		read/write	broadcast write	stream channel
Time guarantee	Yes	No	No	No
delivery guarantee	No	Yes	No	No
broadcast	Yes	No	Yes	Yes
channel share	unspecified	N/A		Yes

### 2.2 채널과 대역폭

1394 버스의 통신 자원인 채널(channel)과 대역폭(bandwidth)은 버스 리셋(bus reset)<sup>4)</sup>후 자동 선출되는 등시성 자원 관리자(Isochronous Resource Manager: IRM)에서 유지되는 두 개의 레지스터, CHANNELS\_AVAILABLE(CA)과 BANDWIDTH\_AVAILABLE(BA)을 통하여 각각 할당된다[1,4]. 등시성 전송을 원하는 어플리케이션은 비동기 잠금 트랜잭션(asynchronous lock transaction)을 사용하여 IRM에서 채널과 대역폭을 미리 할당받아야 한다. 이렇게 되면 해당 노드는 할당받은 채널과 대역폭을 사용하여 다른 노드의 버스 사용에 관계없이 해당 대역폭 만큼 데이터를 전송할 수 있게 된다. 즉, 개념적으로 그 만한 대역폭을 갖는 별도의 물리 채널을 사용하는 것으로 생각할 수 있다.

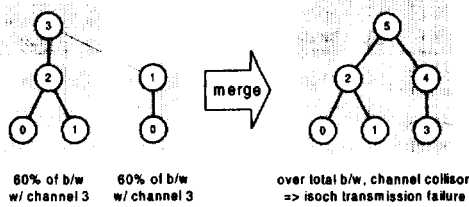
1394에서 대역폭 할당 단위(bandwidth allocation unit)는 S1600(1.6Gbps) 버스 속도를 기준으로 4바이트의 1쿼드릿(quadlet)<sup>5)</sup>을 보내는 데 걸리는 시간(약 20ns)으로 계산된다. 그러므로, 버스의 총대역폭은 6144 단위가 되고 여기서 20%의 비동기 대역폭 1299 단위를 뺀 나머지 4915 단위가 등시성 대역폭이 되며 BA 레지스터의 초기값이 된다[1,5]. 만약 S400(400Mbps) 버스에서 요구 대역폭 단위가 계산되어 졌다면 BA로부터는 그것의 4배(=1600/400)에 해당되는 값으로 할당받아야 한다.

4) 1394에서 버스 리셋은 버스에 새로운 노드가 연결되거나 분리될 때 주로 일어나며 리셋 처리에 약 1초가 소요된다.

5) 1394에서는 전송과 패킷 형식의 기준이 되는 단위가 4바이트(32비트)의 쿼드릿이기 때문에 이에 맞추어 전송 데이터의 형식을 설계하는 것이 중요하다.

3) 현재 400Mbps급이 개발되어 있으며 앞으로 3.2Gbps까지 개발될 계획이다[3].

P1394a에서 새로 추가된 비동기 전송 모드인 비동기 스트림 채널에서도 채널을 사용하지만 동시성 전송과 달리 대역폭을 할당받지 않으며 비동기 전송 구간에서 처리된다. 비동기 스트림 채널은 대역폭을 예약하지 않기 때문에 QoS(Quality of Service)가 요구되는 전송에는 사용될 수 없다.



(그림 2) 두 버스의 결합

(그림 2)에서 보는 바와 같이 1394는 동시성 전송이 이루어지고 있는 두 개의 버스를 하나의 버스로 결합시킬 수 있는데, 이 때, 내부적으로 버스 리셋이 일어나 버스가 재구성된다. 버스가 재구성되는 과정 중에 버스 리셋 전에 전송 중이었던 노드는 자신이 사용하고 있던 통신 자원인 채널과 대역폭을 새로이 선정된 IRM으로부터 다시 할당받아야 한다. 이 때, 같은 채널을 사용하고자 하는 채널 충돌이나 총 요구 대역폭이 버스 대역폭을 초과하는 대역폭 부족이 나타날 수 있다. 채널 충돌은 다른 가용 채널을 찾는 과정을 추가함으로써 해결될 수도 있지만 대역폭 부족은 요구 대역폭을 줄이지 않는 이상 해결 방법이 없기 때문에 일부 동시성 전송이 버스 리셋후 계속될 수 없는 상황이 발생할 수 있다. 그러므로, 전송에 필요한 최소 대역폭만을 사용하여 이전의 동시성 전송이 계속될 수 있도록 해주는 새로운 방법이 제공될 필요가 있다.

2.3 ATM과의 비교

1394와 ATM의 가장 큰 차이점은 전송 단위(transfer unit)의 크기이다. 1394는 <표 2>[1,3]와 같이 전송 속도에 비례하여 패킷의 최대 페이로드(payload) 크기가 결정되는 가변 크기의 패킷(packet)을 사용하고 있는 반면, ATM[10]은 고속 처리를 위하여 48바이트의 페이로드를 갖는 53바이트의 고정 크기 셀(cell)을 사용하고 있다. 그리고 점대점 연결을 관장하는 ATM 스위치(switch)는 연결된 전송선을 직접 통제할 수 있지만 다중 액세스 방식의 1394는 그 특성상 버스 사용을

직접 통제할 수 없다. 즉, 1394는 대역폭이 보장되는 동시성 전송 기능을 제외한다면 이더넷과 같은 버스 형태이다. <표 3>은 1394와 ATM의 일반적인 특성을 간단히 비교한 것이다. 1394와 ATM의 전송 품질에 관련된 용어 사용의 혼선을 피하기 위하여 1394에서는 전송 모드(transport)로, ATM에서는 전송 서비스(transmission service)로 사용한다.

<표 2> 1394 패키지의 최대 페이로드 크기(바이트)

Speed code	Data rate	Isochronous	Asynchronous
0	S100	1024	512
1	S200	2048	1024
2	S400	4096	2048
3	S800	8192	4092
4	S1600	16384	8192
5	S3200	32768	16384

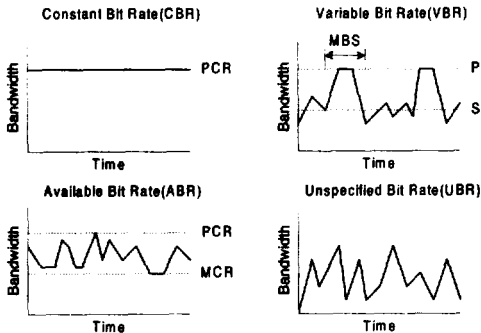
<표 3> 1394와 ATM의 특성

Characteristics	1394	ATM
Physical media	shared (multiple access)	dedicated/switched (point-to-point)
Data unit	variable length packet	fixed cell (53 bytes)
Mode of exchange	connectionless	connection-oriented
Bandwidth allocation	packet size-based bandwidth	cell rate-based bandwidth
Scope of use	HN, DAN,CAN	LAN, MAN, WAN

cf) HN: Home Network, DAN: Desk Area Network, CAN: Controller Area Network

ATM의 전송 서비스에는 크게 4가지, CBR(Constant Bit Rate), VBR(Variable Bit Rate)<sup>6)</sup>, ABR(Available Bit Rate), 그리고 UBR(Unspecified Bit Rate)이 있으며 각 전송 서비스가 제공하는 전송 품질에 따라 입력 매개변수가 다르게 사용되고 있다 [10,11]. 이 4가지 서비스 중에서 실시간 전달이 가능한 것은 CBR과 VBR이다. 각 서비스가 지원하는 트래픽 특성과 매개변수의 개념적인 관계가 (그림 4)에 나타나 있다.

6) 표준 규격의 VBR은 다시 VBR-RT와 VBR-NRT로 세분되어 있으며 셀 단위가 아닌 논리적인 블록 단위의 전송을 위한 ABT(ATM Block Transfer)도 검토되고 있다.



c) PCR: Peak Cell Rate, SCR: Sustained Cell Rate, MCR: Minimum Cell Rate, MBS: Maximum Burst Size

(그림 4) ATM 전송 서비스의 특성

1394와 ATM의 전송 기능을 비교해 보면 1394의 등시성 전송 모드는 일정 비트율 데이터를 처리하기 위한 ATM의 CBR 서비스에 해당된다. 그리고 비동기(asynchronous) 전송 모드는 최대 노력(best-effort)에 의한 전달을 가정한 것으로 보증 전달 특성이 없다면 ATM의 UBR 전송 서비스와 유사하다. 결국, 가변 비트율 데이터를 효율적으로 전송하기 위한 ATM의 VBR과 ABR 전송 서비스에 해당되는 전송 모드는 1394에서 지원되지 않고 있음을 알 수 있다.

### 3. 대역폭 사용과 홈치기

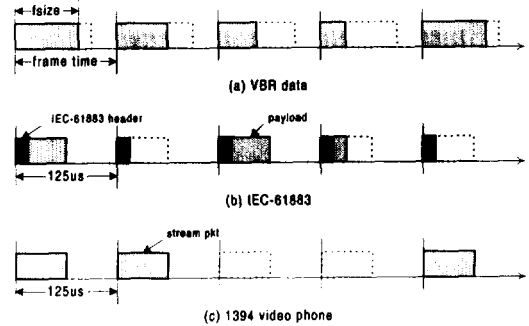
본 장에서는 현재 쓰지않고 남아있는 등시성 대역폭을 활용하기 위한 대역폭 홈치기 기법의 제안 배경과 동작 원리, 그리고 구현 방법을 설명한다.

#### 3.1 어플리케이션의 대역폭 사용

1394 버스에서 등시성 전송은 한정된 버스 대역폭을 배타적으로 사용하기 때문에 정확하게 사용되고 관리되어야 하지만 실제 어플리케이션에서는 상당히 비효율적으로 사용되고 있다.

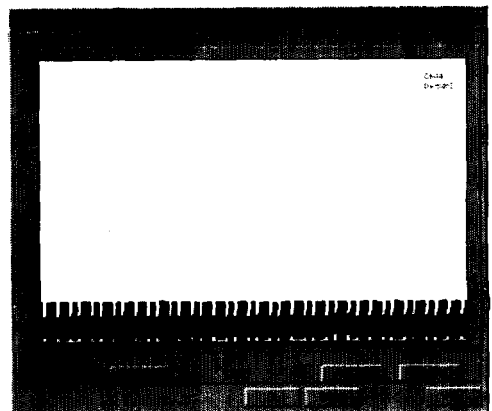
(그림 5)는 1394의 등시성 대역폭이 비효율적으로 사용될 수 있는 3가지 경우를 보여주는 것으로, (a)는 MPEG 비디오와 같은 VBR 데이터를 전송할 때 발생할 수 있는 경우이고 (b)는 가전 제품의 전송 규격을 규정하고 있는 IEC-61883에서의 등시성 전송 방법에서 발생할 수 있는 경우이다. 그리고 (c)는 자체 개발된 화상 전화[18]나 파일 전송[19] 프로그램에서 등시성 대역폭의 사용 방법에서 발생할 수 있는 경우이다.

위의 사용 예에서 점선 부분은 할당되었지만 사용되지 않는 등시성 대역폭을 나타내는 것으로 그 만큼 대역폭이 낭비될 수 있다.

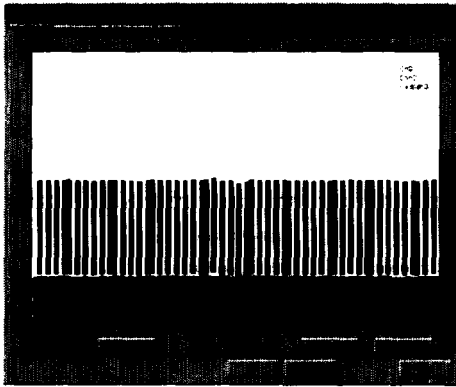


(그림 5) 1394 등시성 전송

앞에서 분석한 예들이 실제 버스에서도 나타나는지 확인하기 위하여 1394 버스 분석기(bus analyzer)[17]로 125μs의 버스 대역폭 사용을 포착하였다. (그림 6)에서 막대 그래프는 각 사이클에서 그 만큼 버스 대역폭이 사용되고 있음을 나타낸다. (그림 6)의 (a)는 IEC-61883 규격을 구현하고 있는 DVCR(Digital VCR)에서 DTV(Digital TV)로 전송하는 MPEG-2 데이터의 등시성 패킷을 포착한 것인데 약 20% 정도의 등시성 대역폭이 쓰여지지 않고 있다. (b)는 PC용 화상 전화 소프트웨어에서 A/V 데이터와 파일을 동시에 전송하는 것을 포착한 것이다. 데이터가 준비되었을 때만 전송하기 때문에 예약 대역폭의 상당 부분이 실제 전송에서 쓰여지지 않고 있다.



(a) from DVCR to DTV



(b) 1394 video phone  
(그림 6) 1394 등시성 패킷의 포착

3.2 프로토콜상의 부정확한 대역폭 사용

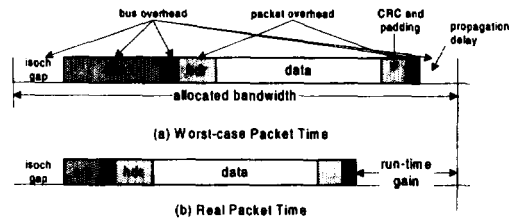
1394 노드는 버스에 동적으로 연결되고 분리될 수 있기 때문에 연결 형태나 최대 홉(hop) 수에 따라 버스 활용도를 높일 수 방법과 전송 패킷의 종류나 상황에 따라 전송 속도를 개선할 수 방법이 제공되고 있다. 그러나 이러한 개선의 대부분은 등시성 전송선, 즉, 대역폭을 할당받을 때 알 수 있는 것이 아니기 때문에 개선될 만큼 미리 대역폭을 줄여서 할당받을 수 없는 문제점을 가지고 있다. 이와 같이 1394 프로토콜상에서 나타나는 부정확한 등시성 대역폭 사용에 대해 구체적으로 알아보자.

첫째, 1394-1995[1]와 P1394a 규격[2]에 의하면 등시성 대역폭을 할당받을 때 패킷 오버헤드(7)와 버스 오버헤드가 포함된 값으로 할당받도록 되어 있다[1,7]. 버스 오버헤드(bus overhead)에는 버스가 잘못 사용되는 것을 막기 위하여 등시성 갭(isochronous gap), 버스 중재(bus arbitration), 데이터 전후단(data prefix and data end) 등에 관련된 시간이 모두 포함되어 계산되는데 실제 필요한 값은 버스 토폴로지(topology)에 따라 상당히 달라질 수 있다. (참고로, IEC-61883 규격에서 정의하고 있는 버스 오버헤드의 최대와 최소 값의 차이는 512-32=480 대역폭 단위이다.) 규격에는 실제 보다 더 크게 계산된 버스 오버헤드에 의해 버스 활용도가 떨어지는 것을 막기 위하여 갭 카운트 조절을 통한 최적화(gap count optimization)<sup>8)</sup>[1,2]를 수행할 수 있다

7) 3 쿼드릿이 소요되며 패킷의 헤더, 헤더 CRC, 페이로드 CRC가 여기에 포함된다[1,3].

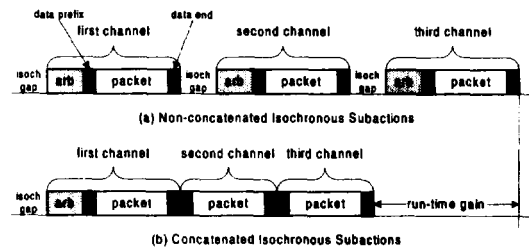
8) TOPOLOGY\_MAP로부터 파악된 최대 홉(hop) 수나 PING 패킷에 의해 실제 측정된 값으로 갭 카운트를 조절할 수 있다[2].

록 하고 있지만 버스 토폴로지는 전송 중에도 변경될 수 있기 때문에 최적화된 버스 오버헤드에 맞춰 등시성 대역폭을 할당받을 수 없다. 그러므로, 최악의 버스 구성, 즉, 갭 카운트(gap count)가 63인 초기값을 기준으로 할당받아야 하기 때문에 등시성 대역폭이 필요 이상으로 BA 레지스터에서 없어지게 된다. (그림 7)은 버스 토폴로지를 적절히 구성함으로써 할당받은 등시성 대역폭에서 실제로 버스 오버헤드가 차지하는 부분이 상당히 줄어들 수 있고 갭 카운트 최적화가 수행될 경우 더욱 더 줄어들 수 있음을 보여주고 있다.



(그림 7) 패킷 시간의 할당과 사용

둘째, 1394-1995 규격[1]에 의하면 한 노드에서 다수의 등시성 채널을 사용하고 있을 때, (그림 8)에서와 같이 각 채널별로 별도의 버스 중재 과정을 거치지 않고 한번의 중재로 다수의 등시성 채널의 패킷들을 한꺼번에 붙여서 전송할 수 있는 등시성 접합(isochronous concatenation)이 가능하다.

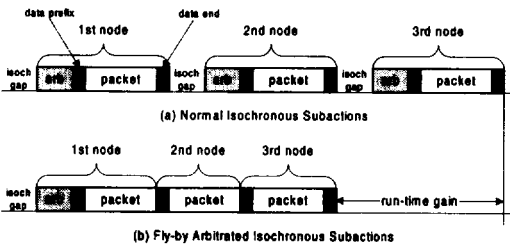


(그림 8) 등시성 접합

만약 등시성 접합이 이루어진다면 접합되는 채널의 수만큼 등시성 갭(isochronous gap)과 중재(arbitration)에 소요되는 시간을 줄일 수 있게 되므로 그 만큼 대역폭에 여유가 생긴다. 그런데, 등시성 접합 여부는 각 채널의 패킷이 실제 전송될 때 알 수 있기 때문에 이것을 고려하여 미리 그 만큼 대역폭을 줄여서 할당받

을 수는 없다. 즉, 언제 어떤 채널이 해제될 지 모르기 때문이다.

셋째, P1394a 규격[2]에 의하면 루트를 향하여 전송되는 등시성 패킷이 있을 경우 패킷이 점유하는 중간 노드에서 전송하고자 하는 등시성 패킷이 있을 경우 (그림 9)와 같이 중재 과정 없이 전송 중인 패킷에 함께 접합시켜 전송할 수 있는 **진행중 중재(fly-by arbitration)**가 가능하다. 만약 진행중 중재가 일어난다면 (그림 8)의 등시성 접합에서 절약할 수 있었던 등시성 겹과 중재 시간외에도 패킷 후단(packet end) 만큼의 대역폭을 더 절약할 수 있다. 참고로, 등시성 접합은 노드 내에서 사용될 수 있는 프로토콜 개선 사항이며 진행중 중재는 노드 간에 사용될 수 있는 개선 사항이다.



(그림 9) 진행중 중재

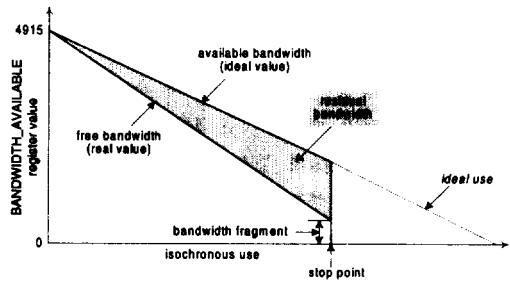
앞에서 설명한 세가지 프로토콜 개선 사항은 모두 가장 저속인 S100(100Mbps) 속도를 가정한 것[1,5]이기 때문에 더 빠른 버스가 사용될 경우 그 이득은 버스 속도에 비례하여 커지게 된다. 다시 말해, BA 레지스터의 값이 버스 속도에 비례하여 낭비가 더 심해진다는 뜻이 된다.

3.3 대역폭 훔치기

3.1절과 3.2절에서 분석한 버스 사용 형태로 볼 때 한정된 등시성 대역폭이 얼마나 비효율적으로 사용되거나 사용될 수 있는지 알 수 있으며 이로 인하여 BA 레지스터에서 할당받아 놓고 사용하지 않는 잔여 대역폭(residual bandwidth)도 상당히 크게 될 수 있음을 알 수 있다. 그리고 1394 버스는 앞으로 400Mbps 이상의 높은 대역폭을 지원할 것이기 때문에 남아있는 미사용 대역폭(free bandwidth) 역시 개선된 버스 속도에 비례하여 더 크게 될 것이다.

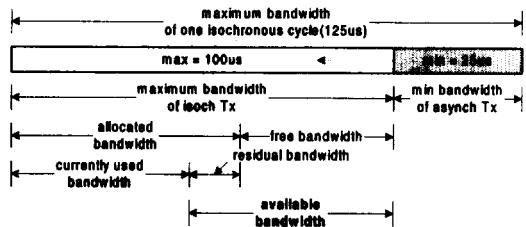
(그림 10)의 그래프가 보여주는 바와 같이 BA 레지

스터에서 유지되는 등시성 대역폭 단위가 줄어들어 더 이상의 등시성 대역폭을 할당할 수 없는 경우에도 어플리케이션의 비효율적 사용과 버스 사용의 최적화(optimization)나 개선 사항(enhancements)으로 인하여 잔여 대역폭이 더 커지게 되고 할당에 충분치 않은 대역폭 단편(bandwidth fragment)이 존재할 수 있기 때문에 실제로는 상당한 가용 대역폭이 남아있을 수 있다. 즉, 최대 100μs의 등시성 대역폭에서 잔여 대역폭과 미사용 대역폭을 합친 가용 대역폭(available bandwidth)을 적극적으로 활용할 필요가 있다.



(그림 10) 대역폭 할당 및 사용과의 관계

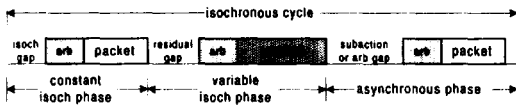
가용 대역폭의 크기는 사이클마다 변할 수 있기 때문에 가용 대역폭을 CBR 형태의 데이터 전송보다는 VBR 형태의 데이터 전송에 사용하는 것이 적합하다. 대역폭 훔치기(Bandwidth Stealing : BS)는 예약된 등시성 전송에 영향을 주지 않으면서 사이클 내의 가용 대역폭을 식별하는 기법으로 비동기 전송의 최저 대역폭은 그대로 유지해준다. (그림 11)은 1394 버스의 대역폭 사용에 대한 각 용어가 본 논문에서 어떻게 구분되는지를 보여주고 있다.



(그림 11) 1394 대역폭 사용의 구분

정상적인 등시성 대역폭 사용과 비동기 대역폭 사이에 존재하게 될 가용 대역폭을 활용하기 위해서는 사

이클 내에서 예약된 동시성 전송이 언제 끝났는지를 알 수 있어야 하고 비동기 전송 이전에 얼마나 많은 가용 대역폭이 남아 있는지 알 수 있어야 한다. 먼저 (그림 12)과 같이 정상적인 동시성 대역폭의 사용이 종료되는 시점을 식별하기 위하여 새로운 버스 휴식 시간(bus idle time)인 잔여 갭(residual gap)을 도입한다.



(그림 12) 잔여 갭과 가변 동시성 단계

잔여 갭은 정상적인 동시성 전송과 비동기 전송 사이에 나타나야 하기 때문에 <표 4>[2]에 나타나 있는 바와 같이 0.04~0.05μs의 동시성 갭(isochronous gap) 보다는 크고 비동기 전송이 일어날 수 있는 약 10μs의 서브액션 갭(subaction gap)보다는 작은 것이 되어야 한다.

<표 4> 1394 갭 타이밍

Gap Type	Detection Time		Description
	Minimum	Maximum	
Acknowledge gap	0.04μs	0.05μs	~4/BASE_RATE - time between end of packet and return of acknowledgement
Isochronous gap	0.04μs	0.05μs	~4/BASE_RATE - bus idle time btw nonconcatenated isochronous transactions
Subaction gap	(27+gap count*16)/BASE_RATE	(29+gap count*16)/BASE_RATE	~10μs - time between asynchronous transaction subactions
Arbitration reset gap	(51+gap count*32)/BASE_RATE	(53+gap count*32)/BASE_RATE	~20μs - the gap that occurs between fairness intervals

잔여 갭을 통하여 식별되고 비동기 전송 단계(Asynchronous Phase : AP) 전에 나타나는 새로운 전송 단계를 가변 동시성 단계(Variable Isochronous Phase : VIP)라 정의하고 용어의 혼선을 피하기 위하여 기존의 동시성 단계는 고정 동시성 단계(Constant Isochronous Phase : CIP)로 재정의한다.

VIP의 가용 대역폭은 최대 동시성 대역폭 내에 있기 때문에 CIP이후 100μs까지 남아있는 동시성 대역폭을 계산할 수 있어야 하는데 이것은 노드 자체에 유지되고 있는 클럭을 사용하여 계산할 수 있다. 즉, 사이

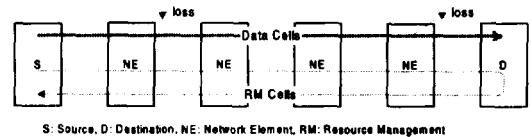
클 동기(cycle synch) 이후 100μs가 지나기 전까지의 클럭 카운터(clock counter)<sup>9)</sup> 값[1]으로 남아있는 가용 대역폭의 크기를 알아낼 수 있다. 즉, 대역폭 홈치기는 표준 규격의 동시성과 비동기 전송 모드에 영향을 주지 않는 범위 내에서 가용 대역폭을 식별해 주는 확장 기법이기에 때문에 하나의 버스에 표준 규격의 노드와 확장 노드가 함께 연결되어 사용될 수 있다. 그러나 확장 기법을 사용한 동시성 패킷 통신은 표준 노드에서는 인식할 수 없기 때문에 확장 노드 사이에서만 가능하다.

#### 4. 1394용 ABR 전송 모드

본 장에서는 대역폭 홈치기 기법에 의하여 인식된 가용 대역폭을 어플리케이션에서 활용할 수 있도록 ATM의 ABR(ABR-ATM) 전송 서비스와 유사한 새로운 1394용 ABR(ABR-1394) 전송 모드를 제안하고 동작 및 구현 방법을 설명한다.

##### 4.1 ATM의 ABR 서비스

대역폭 사용을 정확하게 예측할 수 없는 어플리케이션 선들을 위한 ATM의 ABR(이하 ABR-ATM) 전송 서비스는 입력 매개변수로 최저 셀률(MCR)과 최고 셀률(PCR)을 사용하며 MCR을 유지하면서 전송 데이터의 흐름을 제어하기 위하여 (그림 13)에서 보는 바와 같이 별도의 폐쇄형 단단한 흐름제어 루프(closed end-to-end rate-control loop)를 형성한다[11]. 이 제어 루프를 통하여 네트워크 트래픽을 확인하기 위한 RM(Resource Management) 셀이 전송되는데 RM 셀에는 네트워크의 트래픽 정보가 기록되어 소스로 되돌아 온다. RM 셀은 대개 N개의 데이터 셀마다 하나씩 전송된다.



(그림 13) ABR-ATM 서비스의 흐름 제어

소스의 전송률을 조절하기 위하여 RM 셀에 트래픽 정보를 기록하는 가장 간단한 방법은 혼잡 표시를 위

9) 1394-1995 규격[1]에 의하면 동시성 전송을 할 수 있는 노드는 24.576MHz 클럭을 가지고 있으며 클럭 카운트 값이 CYCLE\_TIME 레지스터에 기록된다.



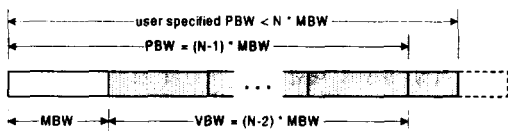
한 한 비트(congestion-marking bit)만을 가지는 것이고 좀 더 발전된 방법으로는 명시적 셀률(explicit cell rate)을 표시하는 것이다. 만약 전송률 조절을 위한 RM 셀이 스스로 되돌아 오지 않는다면 혼잡을 가정하고 소스는 자동적으로 전송률을 낮추게 된다.

ABR-ATM 서비스는 TCP/IP, IPX/SPX, APPN과 같은 상위 프로토콜 구현[13]에 사용될 수 있으며 파일이나 메일 전송과 같이 지연에 대해 탄성이 높은 어플리케이션 뿐만 아니라 멀티미디어 데이터 전송에도 효과적으로 사용될 수 있다[11].

#### 4.2 ABR-1394 서비스의 정의

대역폭 홈치기로 식별된 가용 대역폭을 어플리케이션에서 활용할 수 있는 방법이 제공되어야 하는데 문제는 어떻게 제공할 것인가에 있다. 2.3절에서 분석한 바와 같이 ATM의 전송 서비스 중에서 1394에서 직접 지원되지 않는 것은 VBR과 ABR이다. 그런데 VBR은 상당히 복잡한 전송 매개변수와 접속 허가 제어(connection admission control) 메커니즘을 가지고 있기 때문에 1394에서 직접 지원하기 힘들다. 따라서 가용 대역폭을 활용한다는 측면에서 ATM의 ABR 서비스에 해당하는 1394용 전송 모드인 ABR-1394를 구현한다.

ABR-1394을 사용하여 가변 비트율 데이터를 전송하고자 하는 어플리케이션은 ABR-ATM과 같이 MCR과 PCR에 해당하는 최저 대역폭(minimum bandwidth: MBW)과 최고 대역폭(peak bandwidth: PBW)을 명시한다.



(그림 14) ABR-1394의 대역폭

최저 대역폭(MBW)은 반드시 만족되어야 하기 때문에 정상적인 등시성 대역폭 할당과 전송 방법을 사용하여 처리한다. 그리고 최대 대역폭에서 최저 대역폭을 뺀 가변 대역폭(variable bandwidth: VBW)은 현재 버스에 걸리는 트래픽의 정도에 따라 전송 여부가 결정될 수 있기 때문에 3.3절에서 정의한 가변 등시성 단계(VIP)에서 처리된다. 1394에서 등시성 패킷의 페이로드 크기는 한번 결정되면 동적으로 변경하기 힘들

기 때문에 VBW는 MBW의 배수<sup>10)</sup>로 구성한다. 만약 VBW가 MBW의 배수가 되지 않는다면 VBW에 포함되는 최저 대역폭의 최소 공배수로 할당한다. 사용자가 명시한 최대 대역폭 보다 PBW를 작게 잡는 것은 어플리케이션에서 요구한 것보다 더 많은 대역폭을 전송하지 않도록 하기 위함이다. (그림 14)는 앞에서 설명한 ABR-1394 요구에 대한 입력 매개변수가 내부적으로 어떻게 결정되는지를 보여주고 있다.

ABR-ATM에서는 MCR=0인 경우도 가능한데 ABR-1394에서 MBW=0이면 기준이 되는 MBW가 없어지기 때문에 예외적으로 노드 내에 설정된 디폴트 값으로 패킷의 페이로드 크기를 결정한다. ABR-1394의 접속 허가(connection admission)는 앞에서 계산된 MBW와 PBW로 이루어진다. 즉, 해당 노드가 사용할 수 있는 최대 페이로드 크기<sup>11)</sup>를 넘지 않는 범위 내에서 MBW만큼의 등시성 대역폭이 할당될 수 있고 PBW가 100 $\mu$ s 이내인 경우 해당 요구를 받아 드린다.

#### 4.3 버퍼 구성과 전송 제어

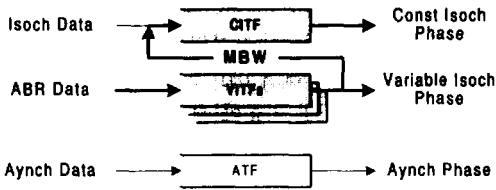
4.2절에서 정의한 ABR-1394 전송 모드 구현을 위한 전송 버퍼의 구성과 관리 방법에 대해 설명한다. ABR-1394의 패킷은 고정 등시성 전송 단계(CIP)와 가변 등시성 전송 단계(VIP), 두 전송 단계에 걸쳐 전송될 수 있기 때문에 일반적으로 노드당 하나만 유지되는 등시성 전송 버퍼(isochronous transmission FIFO: ITF)를 가지고 등시성 요구와 ABR-1394 요구를 같이 처리한다면 등시성 요구의 패킷 전송이 방해받을 수 있다. 따라서, 각 전송 단계를 위한 두 종류의 버퍼, CITF(Constant ITF)와 VITF(Variable ITF)로 분리할 필요가 있다.

VITF를 통하여 전송될 ABR 데이터에서 MBW가 보장되어야 하므로 MBW에 해당하는 부분은 VITF에서 다시 CITF를 이동시켜 전송한다. 처음부터 MBW에 해당하는 부분을 CITF로 이동시킬 수 없는 이유는 패킷의 전송 순서를 지키기 위한 것으로 이전의 VIP에서 전송하다 남은 패킷이 있다면 그것을 CIP에서 전송해야 하기 때문이다. 그리고 모든 등시성 요구에 대하여 공통의 하나의 CITF가 사용되는 것과 달리 VITF

10) 작은 셀을 사용하는 ATM에 비하여 1394는 상대적으로 크기가 큰 패킷이 사용되기 때문에 대역폭 제어에 대한 정밀성이 상대적으로 떨어질 수 있다.

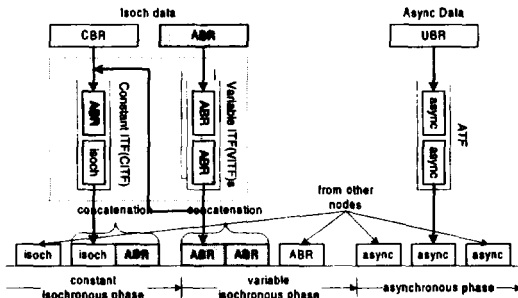
11) 이 값은 각 1394 노드에 유지되는 Configuration ROM의 max\_rec 필드에 기록되어 있으며 노드마다 다를 수 있다.

는 ABR 요구별로 각각 분리된 버퍼가 사용되어야 한다. 그 이유는 각 사이클 마다 전송될 수 있는 VBW의 크기, 즉, 패킷의 수를 정확히 예측할 수 없기 때문이다. (그림 15)는 ABR-1394 데이터 전송을 위하여 확장된 버퍼 구성을 보여주고 있다.



(그림 15) 전송 버퍼의 구성

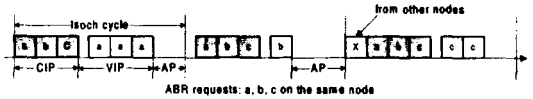
(그림 16)은 확장 버퍼를 사용한 ABR 데이터의 전송 모습을 보여주고 있다. 전송중 가변 대역폭에 포함된 ABR-1394 패킷이 내부 클럭(clock)에 의하여 계산된 가용 대역폭 내에 수용될 수 없으면 다음 사이클에서 전송된다. 그리고 가용 대역폭이 VBW보다 더 많이 남아 있더라도 PBW 이상을 전송하지 않도록 (N-2)개 이하의 패킷만 전송한다.



(그림 16) ABR-1394 노드에서의 패킷 전송

다음은 한 노드에서 발생할 수 있는 다수의 ABR 전송 요구에 대한 처리이다. 만약 하나의 노드에서 여러 개의 ABR 요구가 처리되어야 할 경우 한 사이클 내의 가용 대역폭을 각 요구들이 공평하게 나누어 사용하는 것이 아니라 회전(round-robin) 방식으로 한 사이클 내에서는 한 ABR 요구의 VBW에 해당하는 패킷만을 전송한다. 이렇게 하는 이유는 다수의 VITF에서 매번 패킷을 수집하는 것보다 하나의 VITF에 있는 패킷을 한꺼번에 전송하는 것이 PBW에 대한 제어

가 쉽고 구현이 더 간단하기 때문이다. 그러나 MBW에 해당하는 ABR 데이터 패킷은 CITF를 통해 매 사이클 마다 전송된다. (그림 17)은 한 노드에서 a, b, c, 3개의 ABR 요구에 대한 패킷이 전송되는 과정의 일부를 보여주고 있다.



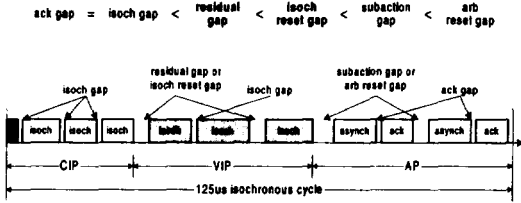
(그림 17) 한 노드에서 다수의 ABR 데이터 전송

이와 같은 과정을 통해 송신된 데이터의 수신은 다음과 같이 이루어진다. 하나의 등시성 사이클 내에서 수신된 동일 채널 번호를 가지는 모든 등시성 패킷은 동일한 ABR 요구에 대한 패킷으로 보고 하나의 수신 버퍼로 전송한다. VIP의 등시성 패킷들은 하나의 노드에서 보낸 것이므로 3.2절에서 설명한 것과 같이 대부분 등시성 접합이 이루어진 형태로 나타날 가능성이 높다.

VIP의 등시성 패킷들은 대역폭을 할당받지 않고 전송되는 것이기 때문에 버스에 부하가 크게 걸릴 경우 비동기에서와 같이 노드 ID가 작은 노드에서 가변 대역폭에 해당하는 데이터를 전혀 전송할 수 없는 기근(starvation) 문제가 발생할 수 있다. 이것은 노드 ID에 기초한 1394의 버스 중재 메커니즘[1,2]으로 인한 것인데 이 문제를 해결하기 위하여 비동기 전송에서 사용되는 노드간 공평 구간(fairness interval) 개념을 그대로 적용하여 가용 대역폭 사용에 대한 공평성<sup>12)</sup>을 제공한다. 이것을 구현하기 위해서는 비동기 전송에서와 같이 등시성 전송에 대한 공평 구간의 시작과 구간 내에서 자신의 버스 사용을 기록할 수 있는 방법이 제공되어야 한다. 즉, 3.3절에서 정의한 잔여 갭보다 크고 비동기 단계에서 사용하는 서브액션 갭 보다는 작은 새로운 갭과 공평 구간내의 사용 여부를 기록할 수 있는 활성 비트가 필요하다. 새로운 갭을 등시성 재설정 갭(isochronous reset gap)이라 하고 새로운 비트를 등시성 중재 활성 비트(isochronous arbitration enable bit)라 정의한다. 그러므로, VIP는 AP가 서브액션 갭이나 중재 재설정 갭으로 시작할 수 있는 것과

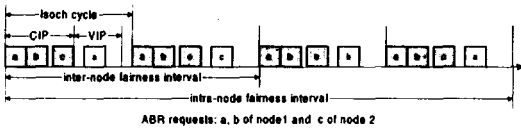
12) ABR-1394의 공평성은 비동기 전송의 공평성에 기초한 것으로 이것은 실제 사용하는 대역폭의 크기 보다는 노드 단위의 사용 횟수에 대한 것이다.

같이 잔여 갭이나 등시성 전송 재설정 갭으로 시작할 수 있다. 본 논문에서 새로이 정의된 두 개의 갭과 표준 규격에서 정의된 갭들의 상대적 크기, 그리고 각 갭들이 등시성 사이클 내에서 나타날 수 있는 위치가 (그림 18)에 나타나 있다.



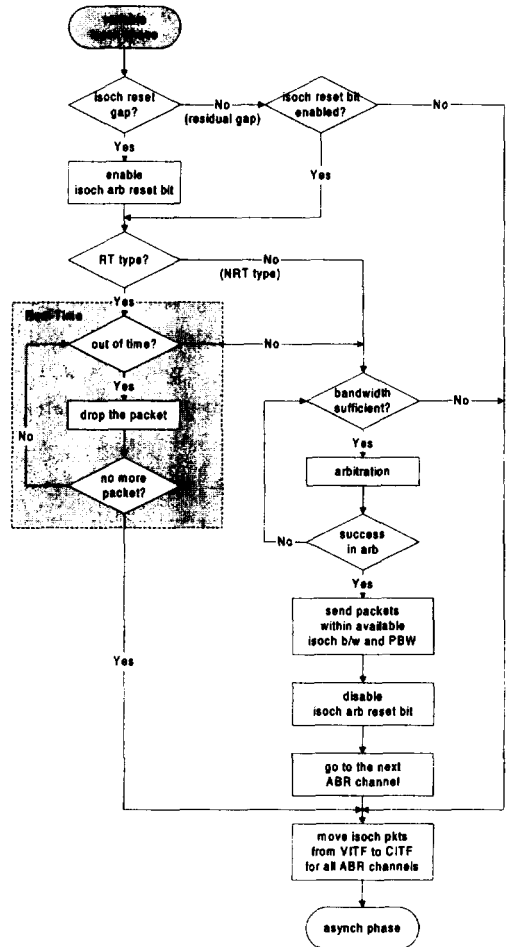
(그림 18) 갭의 상대적 크기와 사이클내의 위치

결과적으로 ABR-1394에서 가변 대역폭 전송에는 두 개의 가변적인 공평 구간이 존재하게 된다. 하나는 비동기 전송과 같은 형태의 노드간 공평성을 위한 구간이고 또 하나는 한 노드 내에 존재하는 ABR 요구들에 대한 공평성을 위한 것이다. (그림 19)는 한 노드에는 두 개의 ABR 요구가 있고 또 하나의 노드에서는 하나의 ABR 요구만 있을 경우의 전송을 보여주고 있다.



(그림 19) ABR 전송의 공평 구간

ABR-1394 전송 모드는 패킷 타이밍을 제어함으로써 ABR-ATM과 달리 두 가지 옵션, 실시간(real-time: RT)과 비실시간(non real-time: NRT)으로 사용될 수 있다. (그림 20)은 실시간 옵션이 포함된 가변 대역폭 내의 ABR 패킷이 전송되는 절차를 보여주고 있다. 실시간 옵션이 사용되지 않는다면 그림에서 회색 상자 내에 있는 타이밍 검사와 패킷 버림은 일어나지 않는다. 이와 같은 타이밍에 의한 전송 제어는 1394 OHCI(Open Host Controller Interface) 규격[6]의 전송 제어 방법을 이용할 경우 손쉽게 구현될 수 있다. 만약 노드 내에 ABR 요구가 없다면 (그림 21)의 과정은 생략되고 바로 비동기 전송으로 넘어간다.



(그림 20) ABR-1394의 VIP에서 패킷 전송

4.4 ABR-1394와 ABR-ATM의 특성 비교

ABR-ATM은 최저 셀률(minimum cell rate: MCR)을 유지하면서 가용 대역폭을 활용하기 위하여 네트워크의 도움을 받아 RM셀을 이용한 별도의 흐름 제어(flow control)[8]를 해야 하지만, ABR-1394는 정상적인 등시성 전송으로 MBW가 보장되며 대역폭 훔치기로 노드에서 직접 가용 등시성 대역폭을 인식할 수 있기 때문에 별도의 흐름 제어를 필요로 하지 않는다. 즉, ABR-1394 어플리케이션은 자신이 직접 버스에 상태 맞게 전송률을 제어할 수 있다. 그리고 ABR-ATM은 셀 손실율(cell loss ratio: CLR)을 명시하고 있으며 이것을 지키도록 ATM 스위치가 노력해야 하지만 ABR-1394는 버스에서 패킷을 버리지 않기 때문

에 가변 대역폭에 포함된 패킷 손실율에 대해 제어할 필요가 없다. ABR-1394 역시 ABR-ATM과 같이 가용 대역폭 사용에 대한 공평성을 제공하고 있는데 전송률보다는 노드 수준에서 동시성 대역폭에 대한 공평성을 제공하고 있다는 점이 다르다.

결과적으로 ABR-1394은 ABR-ATM과 같이 남아있는 가용 동시성 대역폭을 다수의 노드에서 사용할 수 있게 함으로써 동시성 대역폭의 활용도를 증가시켜 주며 최저 대역폭의 사용으로 동시성 대역폭이 과도하게 사용되는 것을 막아줌으로써 동시에 더 많은 동시성 채널이 사용될 수 있도록 해준다. <표 5>는 앞에서 설명한 ABR-ATM과 ABR-1394의 특성을 요약한 것이다.

<표 5> ABR-ATM과 ABR-1394의 특성

Characteristics	ABR-ATM	ABR-1394
Input Parameters	PCR, MCR, CLR	PBW, MBW
Guaranteed B/W	MCR	MBW
Using Bandwidth	remaining after allocated CBR and VBR b/w	remaining after allocated isoch b/w within 100us
Transfer Rate Control	using RM cells	self control
Fairness	unused bandwidth	unused isoch bandwidth
Real-Time Transfer	N/A	supported by RT option

ABR-1394 서비스의 실시간(RT) 옵션은 기존의 형식과 호환성을 유지하면서 추가의 데이터 수신으로 향상된 품질을 제공할 수 있는 MPEG-2<sup>13)</sup>와 같은 형식의 멀티미디어 데이터를 전송할 경우 상당히 유용하다.

5. 결 론

본 논문에서 IEEE-1394 고성능 직렬 버스에서 쓰이지 않는 가용 동시성 대역폭을 식별하기 위한 대역폭 훔치기 기법을 제안하였으며 이를 기초로 가변 비트율 형태의 데이터를 효과적으로 전송할 수 있는 ATM의 ABR(ABR-ATM) 서비스와 유사한 1394용 ABR(ABR-1394) 전송 모드의 구현 방안을 제시하였다.

대역폭 훔치기 기법은 IEEE 1394-1995 규격이 정의하고 있는 동시성과 비동기 전송 모드의 처리 개념을

위배하지 않으면서 다수의 노드에서 가용 대역폭을 활용할 수 있도록 함으로써 1394 버스의 활용도를 높일 수 있는 기회를 만들어 준다. 그리고 이러한 대역폭 훔치기 기법에 기초한 ABR-1394 전송 모드는 최저 대역폭(MBW)을 기준으로 사용되기 때문에 동시성 대역폭이 불필요하게 많이 사용되지 않도록 해주며 ATM에서 유용성이 큰 것으로 알려져 있는 ABR 서비스에 대응되는 것이기 때문에 ATM과 연계해서 사용할 경우 매우 유용하게 쓰일 수 있다. ABR-ATM과 다른 점은 실시간 전송 기능을 추가적으로 제공하고 별도의 흐름 제어 메커니즘을 구현할 필요가 없다는 것이다. 그리고 ABR-1394는 버스 트래픽을 송신 노드에서 즉시 파악할 수 있기 때문에 트래픽 변화에 대해서 신속하게 대응할 수 있다.

앞으로 1394 버스와 ATM 네트워크의 효율적인 연결 방안과 자율적으로 사용하도록 되어있는 1394의 채널과 대역폭을 효과적으로 관리할 수 있는 방법에 대해 연구할 예정이다.

참 고 문 헌

- [1] IEEE 1394-1995, Standard for High Performance Serial Bus, 1995.
- [2] IEEE P1394a, Draft Standard For a High Performance Serial Bus(Supplement), Mar., 1998.
- [3] IEEE P1394b, Draft Standard For a High Performance Serial Bus(Supplement), Mar., 1998.
- [4] IEEE P1394.1, Draft Standard For a High Performance Serial Bus Bridges, Oct. 1997.
- [5] D. Anderson, FireWire System Architecture: IEEE 1394, Addison-Wesley, 1998.
- [6] 1394 Open Host Controller Interface Specification, Release 1.0, Oct., 1998.
- [7] IEC 61883, Digital Interface for Consumer Electronic Audio/Video Equipment, Edition 1.0, Mar. 1998.
- [8] M. Tsunoo, File keeper of dissolved HD Digital VCR conference, Matsushita Electrical Industrial Co., Ltd.
- [9] W. Grosky, R. Jain, R. Methrotra, The Handbook Multimedia Information Management, Prentice-Hall PTR, 1997.

13) 계층적 코딩(layered coding)이 가능한 확장성 문법(scalable syntax)을 갖는 MPEG-2 데이터인 경우.

- [10] M. Boisseau, M. Demange, and J. Munier, ATM Technology : An Introduction, 2nd Ed., ITP, 1996.
- [11] ATM Forum, Traffic Management Specification, Version 4.0, April 1996.
- [12] L. Roberts, "Can ABR Service Replace VBR Service in ATM Networks," Proc. of Interop, Mar. 1995.
- [13] B. Feng, D. Ghosal, and N. Kannappan, "Impact of ATM ABR Control on the Performance of TCP-Tahoe and TCP-Reno," Proc. of Globecom, Nov. 1997.
- [14] B. Pearson, "Protocol Enhancements in P1394a and Why They are Important for 1394 Devices in a PC Environment," R1.0, White paper, Intel, Jan. 1998.
- [15] T. Nomura, et al., "New protocol architecture ASEL," Proc. of Int. Conf. on Consumer Electronics(ICCE), pp.194-195, Jun. 1998.
- [16] Y. Tan, "Scaling up a IEEE 1394 DV network to an enterprise video LAN with ATM technology," Proc. of Int. Conf. on Consumer Electronics(ICCE), pp.112-113, Jun. 1998.
- [17] 3A International, 1394DA-210:1394 Data Analyzer, 1998.
- [18] 이충훈, 강성일, 편기현, 이흥규, "IEEE-1394에서의 화상 전화기 시스템의 구현", 한국정보과학회, '98 가을학술발표논문집(III), pp.677-679, 1998년 10월.
- [19] 편기현, 강성일, 이흥규, "IEEE-1394에서의 파일 전송 기법에 대한 연구", 한국정보과학회 '98 가을학술발표논문집(III), pp.261-263, 1998년 10월.



**강 성 일**

e-mail : sikang@casaturn.kaist.ac.kr  
 1986년 부산대학교 계산통계학과 졸업  
 1988년 부산대학교 대학원 계산통계학과(이학석사)  
 1988년~현재 국방과학연구소 근무(선임연구원)

1996년~현재 한국과학기술원 박사과정  
 관심분야 : 운영체제, 실시간 처리, 멀티미디어 통신 등



**이 윤 직**

e-mail : leeyj@secns.sec.samsung.co.kr  
 1995년 광운대학교 전자통신공학과 졸업  
 1997년 광운대학교 대학원 전자통신공학과(공학석사)  
 1997년~현재 삼성전자주식회사 근무(주임연구원)

관심분야 : IEEE1394, LAN, Home network 등

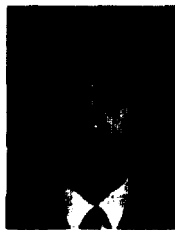


**이 흥 규**

e-mail : hklee@cs.kaist.ac.kr  
 1978년 서울대학교 전자공학과 졸업  
 1981년 한국과학기술원 전산학과(공학석사)  
 1984년 한국과학기술원 전산학과(공학박사)

1985년~1986년 U. of Michigan, USA(Research Scientist)  
 1986년~현재 한국과학기술원 전산학과 교수(부교수)  
 1991년~1995년 공업진흥청 JTC1/SC29(전문위원)  
 1994년~1996년 한국통신기술협회 ITU-T SC-9 VOD 위원회 (위원장)  
 1999년~현재 한국정보통신협회 IEEE1394 분과(전문위원)

관심분야 : 실시간 처리, 고장허용, 영상처리, 멀티미디어 통신 등



**강 성 봉**

e-mail : sbkang@secns.sec.samsung.co.kr  
 1983년 한국항공대학교 전자공학과 졸업  
 1985년 한국항공대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)  
 1984년~현재 삼성전자주식회사 근무(수석연구원)

관심분야 : 고속 통신망, Internetworking, Home Networking 등