

ATM 망에서의 다자간 통신을 위한 cell-interleaved VC merging 기법

정희원 신상헌*, 김영탁*

Cell-interleaved VC merging scheme for multipoint-to-multipoint communication in ATM network

San-heon Shin*, Young-tak Kim* *Regular Members*

요 약

원격 회의, 원격 교육, 원격 진료 등의 서비스를 제공하기 위해서는 허부 통신망에서 multipoint-to-multipoint (MP-to-MP) 연결을 효과적으로 제공해야만 한다. 최근의 연구결과들에 의하면 MP-to-MP 연결 설정 및 관리를 위하여 shared tree를 사용하는 것이 효과적인 것으로 분석되고 있다^[1,2]. 본 논문에서는 ATM망에서 MP-to-MP 통신 구현 시 필요한 shared tree 기반의 VC 다중화 방안으로서 CIMA(Cell Interleaved Multiplexing on ATM)기법을 제안한다. CIMA 방식에서는 다중화가 발생하는 경우 MRM(Multicast RM) cell을 이용하여 다중화 정보를 다음 노드로 전달한다. 수신자는 MRM cell에 담긴 다중화 정보를 이용하여 동일한 VPI/VCI를 사용하는 채널로 들어온 cell들의 송신측을 구분할 수 있으므로 VC 다중화에서 발생하는 CIP(Cell Interleaving Problem)를 해결할 수 있다.

ABSTRACT

In order to support efficiently the multimedia applications, such as virtual classroom, video conferencing and tele-medical, the efficient multipoint-to-multipoint(MP-to-MP) connection management function is essential. Shared tree is reported as the most useful method for this purpose. In this paper we propose a new MP-to-MP connection setup & management scheme, called CIMA(Cell Interleaved Multiplexing on ATM) scheme, which is a VC merging method for MP-to-MP communication using shared tree. In the CIMA scheme, MRM cell delivers the cell merging information to the next node. The receiving node can identify cells which arrived through a channel using the same VPI/VCI by the merging information in the MRM cell. Therefore the CIMA scheme can solve easily the Cell Interleaving Problem(CIP) that happens in VC merging.

We analyzed the overhead of the proposed CIMA by mathematical analysis, and simulated the buffer usage of CIMA with OPNET. As the result of analysis, we found that the CIMA scheme has acceptable merging overhead and doesn't cause the buffer scare problem.

I. 서론

향후 서비스 요청이 급증할 것으로 예상되는 원격 회의, 원격 교육, 원격 진료, VOD 등의 다자간

멀티미디어 서비스를 효율적으로 제공하기 위해서는 통신망에서 point-to-multipoint(p-to-MP)/multipoint-to-multipoint(MP-to-MP) 다자간 통신 기능을 효율적으로 제공할 수 있는 능력이 요구된다. 다자간 통

* 영남대학교 대학원 정보통신공학과(ytkim@ynucc.yeungnam.ac.kr)
논문번호 : 00049-0207, 접수일자 : 2000년 2월 1일

신을 위해서는 하나의 source node로부터 지정된 사용자들(group)에게 데이터를 전송하는 멀티캐스트 기능과 수신된 데이터가 어느 source node로부터 보내진 것이지를 구분하는 기능, 그리고 그룹 멤버들에 대한 관리 기능이 필요하다. 앞으로 요구되는 멀티캐스트 서비스에서는 많은 수의 멤버가 참여하고 수시로 join/leave가 발생하며, 모든 멤버는 잠재적인 송신자로 간주될 수 있는 특징을 가진다. 하지만 차세대 인터넷의 기간망으로 사용될 ATM 기반의 초고속 정보통신망에서 제공하는 멀티캐스트 기능은 매우 미약하며, 특히 multipoint-to-multipoint 통신 기능을 제공하는데 있어 많은 문제점을 가지고 있다.

멀티캐스트를 위한 tree를 구성하는 방식은 크게 SRT(Source Rooted Tree)와 ST(Shared Tree) 방식으로 나눌 수 있다. 최근의 연구 결과들에 의하면 shared tree 방식이 대역폭 관리, 통신망 자원, join latency, 멤버 관리, operating system overhead의 관점에서 가장 적합한 것으로 보여지며, 이러한 요구를 만족시키는 shared tree를 구성하기 위한 방법에 대한 연구가 현재 활발히 진행되고 있다^[1,2]. CBT(Core Based Tree)^[2]는 가장 대표적인 shared tree 구성 기법이다. 하지만, 이러한 shared tree 기법을 ATM망에 적용할 경우 가장 큰 문제점이 CIP(Cell Interleaved Problem)이다. 이는 many-to-many 연결에서 각각의 flow가 하나의 VC를 이용하여 다중화 될 경우 각 source로부터 전송된 cell들이 뒤섞이게 되어 수신측에서 재조립할 수 없는 상황을 말하는 것이다.

최근의 연구^[3]에서 계층적 관리 개념을 도입하여 ATM/B-ISDN 통신망에서 shared tree 구성 시 교환기의 부담을 줄이고 scalability 문제에 있어 강점을 가지는 방안이 제시되었다. 본 논문에서는 참고 문헌^[3]에서 제시한 shared tree를 이용하여 다자간 통신 서비스를 구현할 때 필요한 VC 다중화 기능을 제공하는 방안을 제안하고자 한다^[4].

II. 기존 multicasting 방식들의 문제점

ATM 통신망에서 멀티캐스트 tree를 구성하고, 이를 활용하여 MP-to-MP 통신을 제공하는 방안에 관해서는 현재 많은 제안들이 나와 있다. Multicast tree 방식은 tree를 사용하는 source를 구분하는 방법에 따라 MARS (Multicast Address Resolution Server), VP merging 기법, VC merging 기법으로

구분할 수 있다.

1. MARS(Multicast Address Resolution Server)

IETF에서는 UNI 3.1 기반 ATM 망에서 연결형 P-to-MP ATM VC로 비연결형의 IP 멀티캐스트를 지원하기 위해 MARS 모델을 제안하였다^[5]. MARS는 멀티캐스트 tree의 구조를 제한함으로써 Source Identification 문제를 해결하는 대표적인 방안이며, SRT를 사용한다. MARS는 VC-Mesh 방식^[5]과 MCS(Multicast Server) 방식^[6]으로 구분된다. MARS VC-Mesh는 각각의 source가 수신 node와 연결되는 P-to-MP VC 연결을 가진다. 각각의 source가 별도의 tree를 사용하므로 end-to-end delay가 작고 congestion이 발생할 확률이 매우 낮지만, 자원의 낭비가 심하고 source별로 별도의 tree를 구성하기 위한 signaling overhead가 매우 크다는 단점이 있다.

MARS-MCS는 그림 1에 나타난 바와 같이 MCS로부터 설정된 source rooted tree를 공유하며, 모든 source는 MCS와 별도의 point-to-point 연결을 가진다. 이 방식은 모든 source가 하나의 tree를 공동으로 사용하므로 자원을 적게 사용하고 signaling load가 작은 장점이 있는 반면, end-to-end delay가 크고 congestion이 발생할 확률이 높다. 또한 전송된 데이터가 송신자에게 다시 전송되는 reflected-packet 문제가 있다.

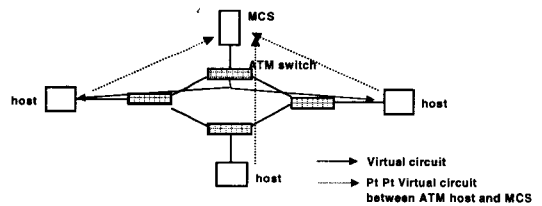


그림 1. MARS-MCS 방식

2. VP merging 기법

VP 다중화는 하나의 멀티캐스트 그룹마다 VPI를 할당하고, 멀티캐스트 그룹 내에서는 VCI를 이용하여 그룹 멤버를 구분하고자 하는 방안이다^[7]. 이는 각 cell의 source에 대한 정보를 VCI에 포함시켜 cell interleaving을 지원한다는 점에서 VC 다중화 기법들 중 AAL 3/4, SPAM와 유사하지만, header에 위치한 VCI 값으로 각 source를 구분한다는 점에서 큰 차이를 보인다.

VPI만을 이용하여 multicasting하는 VP 다중화 방식은 기본적으로 다중화를 위해 교환기에 버퍼링을 할 필요가 없으므로 다중화를 위한 추가적인 버퍼가 필요 없고, 이에 따른 end-to-end delay가 발생하지 않는다는 장점이 있다. 하지만 하나의 호를 VC단위로 처리하는 기존의 ATM 교환기들을 VP단위로도 호를 처리할 수 있도록 대폭 수정해야만 한다. 또한 VP 내에서 source들을 구분할 수 있도록 정적(static)인 VCI 할당을 하여야 하며, source간 VCI 충돌을 방지하는 별도의 방법이 필요하므로 동작 절차가 복잡하다. 또한 VP는 망 서비스 제공자가 중계망 관리를 위해 주로 사용하므로 종단 시스템에서 사용하기에는 부적합하다^{8), 19)}. 그리고 VPI는 2^{12} (=4096)개로 그 크기가 제한되어 있어 서비스 제공에 한계가 있다.

3. VC merging 기법

VC 다중화는 시간적인 제약을 두어 다수의 source가 하나의 VC를 이용하게 하거나, source 정보를 전달하기 위한 추가적인 제어 정보를 이용하여 하나의 단일 VC를 여러 source가 함께 사용할 수 있도록 하는 방안을 말한다^{7), 8)}. ATM의 VPI/VCI 개념은 MP-to-MP 통신에 적합하지 않으므로 하나의 VC를 다수의 source가 공유하는 VC 다중화는 개발에 많은 어려움이 있다. 하지만, ATM에서 하나의 사용자 호(call)는 VC 단위로 정의된다는 점을 고려하면 여러 사용자간의 호도 VC에서 제공하는 것이 타당할 것이다. VC 다중화를 사용할 경우 발생하는 CIP를 해결하기 위해 계층 3의 source 정보를 ATM cell에 전달할 수 있도록 현재까지 제안된 방법들을 살펴보면 다음의 3가지 범주로 구분할 수 있다.

- i) source를 구분하기 위한 정보를 ATM cell에 추가 : (AAL 3/4, SPAM¹⁹⁾)
- ii) shared tree를 사용하는 시간을 조절하여 source를 구분 : (SEAM¹¹⁰⁾, SMART¹¹¹⁾)
- iii) 다중화 정보를 가지는 ATM cell을 사용하여 source를 구분 : (CRAM⁸⁾, CRAM-OPT¹²⁾)

이러한 VC 다중화 기법은 ATM에서 다자간 통신 기능을 제공하기 위한 방안으로서 연구되어 왔다^{2), 5), 7), 8)}. 또한 차세대 인터넷에서의 주요 기술로 주목받고 있는 MPLS (Multiprotocol Labeling Switching)를 구현하기 위해서도 반드시 필요한 기술이므로 최근 활발히 연구되고 있다⁸⁾.

4. ATM 통신망에 적합한 다자간 통신 기법의 고려 사항

최근의 연구들에 의하면 대역폭 관리, 통신망 자원, join latency, member 관리, operating system overhead의 관점에서 shared tree방식이 적합한 것으로 분석되고 있다^{1), 2), 10)}.

특히, 향후 멀티캐스트 서비스를 위한 그룹은 많은 수의 멤버를 가지고 수시로 join/leave가 발생하며, 모든 멤버는 잠재적인 송신자로 간주되는 매우 동적인 상황이 될 것으로 예상된다. 하지만, source rooted tree는 새로운 멤버가 참가하거나 기존 멤버가 그룹을 떠나면, 남아있는 모든 source가 각각 자신의 source rooted tree를 변경해야만 하므로 동적인 멤버 관리가 곤란하다. 반면 shared tree 방식에서는 새로운 멤버가 참가하더라도 나머지 멤버들은 연결 정보를 변경할 필요가 없으며, 새로 참가한 멤버만 기존의 멀티캐스트 그룹 tree와 연결을 설정하면 되므로 동적인 멤버 관리에 유연하게 대처할 수 있다.

ATM에서 하나의 사용자 호(call)는 VC로 정의된다는 점을 고려하면 여러 사용자간의 호도 VC에서 제공하는 것이 타당한 것으로 생각할 수 있고, shared tree를 활용하는 VC 다중화 기법이 보다 적절한 것으로 생각된다. 또한 VP 다중화 방식은 scalability에 문제가 있어 대규모 통신망에 적용하기 곤란하며, 최근 ATM Forum에서는 MP-to-MP 통신 기능을 제공하기 위한 방안으로 VC 다중화를 선택하여 PNNI(Private Network-Network Interface) 2.0에 VC merge 기능을 포함시킨 점¹³⁾, 차세대 인터넷에서 사용될 MPLS에서 VC merge 기능을 요구한다는 점 등을 고려하면 VC 다중화 기능이 가장 타당한 방안으로 분석된다.

III. Cell-Interleaved Multiplexing on ATM(CIMA)

본 논문에서는 shared tree를 많은 수의 source가 효율적으로 사용하기 위한 VC 다중화 방안으로서 Cell Interleaved Multiplexing on ATM(CIMA)기법을 제안한다. 제안하고자 하는 방법은 기본적으로 CRAM에서 사용된 방법과 유사하지만, source ID의 배분 및 관리기능과 다중화 정보를 전달하는데 사용되는 RM cell의 format에 있어서 보다 효율적인 방법을 도입하였다.

1. Merge 지점에서의 다중화

두 개 이상의 VC가 만나는 merge 지점에서 지정된 출력 포트가 이미 다른 입력 포트로부터의 cell들에 의해 사용중이고, 입력 포트의 버퍼가 모두 차거나 일정 시간 이상 다른 입력 포트로부터의 cell들에 의한 전송이 유지되면 cell level의 다중화가 일어나게 된다. 본 논문에서 제안하는 CIMA 방식에서는 다중화가 발생하면 cell 지연 변동(jitter)과 입력 포트들간의 대역폭 차이를 고려하여 각 입력 포트로부터 들어온 cell들을 지정된 cell 단위로 interleaving하여 전송한다. Cell level의 다중화 정보를 다음 교환기로 전달하기 위한 수단으로는 MRM(Multicast Resource Management) cell을 사용한다.

CRAM에서는 다중화 정보를 RM cell을 따라 송신되는 ATM cell이 속한 packet의 2byte source ID를 모두 기록해주므로 최대 24개의 cell에 대한 source 지정이 가능하다. 이는 트래픽이 지속되어 다중화가 계속하여 발생할 경우 매 24개의 cell마다 다중화 정보를 가진 RM cell이 전송되어야 함을 뜻하며, 교환기의 버퍼 능력을 고려할 경우 비효율적인 요소이다. 또한, 다중화 정보를 가진 RM cell의 payload에 오류가 발생하면 지정된 cell이 속한 AAL5 CPCS-PDU 전체가 손상을 입게 되어, 재전송 혹은 폐기되어야만 하므로, 다중화 정보를 가진 RM cell에 대한 강력한 에러 검출 및 복구 기능이 요구된다. 하지만 CRAM방식에 에러 검출 및 복구를 위한 field를 추가하면 다중화 정보의 양의 감소하고 다중화 overhead가 증가하기 때문에 강력한 에러 검출 및 복구 기능을 제공하기 어려운 단점이 있다. 본 논문에서는 이러한 단점을 극복하고자 다중화 정보 전송을 위한 새로운 RM cell인 MRM cell을 제안한다.

MRM cell에서는 그림 2에서 보는 것과 같이 멀티캐스트용 merge정보를 가진 RM cell임을 알리기 위해 Protocol ID에 2를 할당한다. 즉, 교환기 또는 수신자 노드에서는 Protocol ID = 2인 RM cell이 수신되면 ABR 서비스의 전송 속도 조절 기능 대신, 멀티캐스트를 위한 merge 기능을 수행하기 위해 RM cell payload를 검사한다. Length field는 다중화된 source의 수를 나타낸다. Source ID field는 뒤따라오는 cell들의 source ID를 나타내며, cell counter field는 동일한 source ID를 가지는 cell들의 수를 나타낸다. source ID/ cell counter field는 다중화가 일어날 때마다 추가된다. PAD field는 다중화 정보로 모두 채워지지 않은 RM cell이 전송될 경우 나머지 구간을 채우기 위한 것으로 최대 39 octet의 크기를 가진다. RM cell이 다중화 정보로 모두 채워질 경우 PAD는 추가되지 않는다. 마지막 4 octet은 RM cell payload(44 octet)의 에러 검출 및 복구를 위한 CRC-32 field이다.

2. Source ID의 할당 및 관리

입력 포트에 어떤 packet의 처음 cell이 도착하면 교환기는 해당 packet에 대해 source ID를 할당하게 된다. 이 source ID는 마지막 cell인 EOP(End of packet) cell이 수신될 때까지 유지되며, EOP cell의 전송이 끝나면 재사용되기 위해 삭제된다. 즉, source ID는 교환기 단위로 생성/ 유지되지만, 하나의 AAL-5 CPCS PDU에 대해서는 유일한 값이 사용되므로 다음 교환기에서도 특정 CPCS PDU에 속한 cell들을 구분하는 것이 가능하다.

멀티캐스트 RM cell을 선두로 다중화된 cell들이 입력 포트에 수신될 경우에는 source ID의 변환이 일어나게 된다. 전단의 교환기에서 사용한 source ID값이 다음 교환기에서는 다른 입력 port로부터의 cell들에 의해 이미 사용중인 경우도 가능하기 때문이다. 이 경우 해당 교환기에서 사용 가능한 임의의 값이 할당된다. 다만, 한 입력 port에 동일한 source ID를 가지고 들어오는 cell들에 대해서는 변환 후에도 동일한 source ID를 가지도록 관리한다.

3. Delay를 고려한 버퍼링

Source의 수가 적고 발생되는 데이터 양이 적은 경우, merge 지점에서 RM cell이 다중화 정보로 모두 채워질 때까지 기다리게 되면 장시간의 buffering에 의한 지연 문제가 발생한다. 이를 방지하기 위해 다음과 같은 조건에 해당하는 경우에는

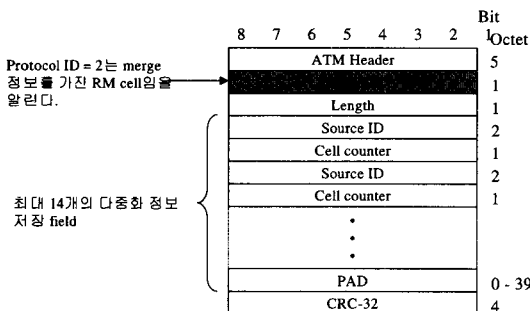


그림 2. MRM 셀 구조

다중화 정보를 담은 RM cell과 데이터 cell들을 즉시 전송한다:

- i) 버퍼에 저장된 cell 수가 기준 한도를 초과한 경우,
- ii) EOP cell이 도착하는 경우.

다중화를 위해 버퍼에 저장되었다가 출력 port로 부터 나오는 cell들은 burst 특성을 나타내게 된다. ABR을 이용하여 연결을 설정한 경우, 이러한 burst 특성을 나타내는 cell들의 전송 속도가 ABR 연결 설정시 지정된 MCR로 전송할 수 없을 정도로 큰 경우에는 cell 손실이 발생할 수 있다. CRAM에서는 최대 24개의 cell만이 buffering될 수 있으므로 burst 특성이 크게 나타나지 않지만, 제안하는 방식에서는 최대 3,584개($2^8 \times 14$)의 cell이 buffering될 수 있으므로 burst 특성이 크게 발생할 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해, 출력 링크의 MCR을 고려한 기준 한도(cell 수)를 지정하고 버퍼에 저장된 cell수가 기준치를 넘어서면 다중화 정보를 담은 MRM cell과 버퍼에 저장된 데이터 cell들을 즉시 전송하도록 한다.

ATM 통신망에서 종단간 사용자 데이터 전달의 최소 단위는 AAL-PDU이다. AAL-5를 사용할 경우 AAL-5 CPCS-PDU가 이에 해당하며, CPCS-PDU의 끝을 알리는 EOP cell이 수신되어야만 최소한의 메시지 조합이 가능하다. 즉, 사용자 관점에서는 EOP cell의 delay가 메시지 전체의 delay와 직결되는 매우 중요한 요소이다. 사용자가 느끼는 delay를 최소화하기 위해서 모든 merge 지점에서는 EOP cell이 수신되면 다중화 정보를 담은 MRM cell과 버퍼에 저장된 데이터 cell들을 즉시 전송하도록 한다.

IV. CIMA에서 QoS 보장을 위한 버퍼링 관리

1. ATM VC merging에서의 QoS

(Quality of Service) 문제

CIMA에서는 그림 3과 같이 다중화 지점에서 cell 들이 일정 개수 단위로 한꺼번에 처리된다. 그러므로, 다중화가 발생하면 한 source로부터 전송된 cell들 사이에는 다른 source로부터 전송된 많은 cell들이 위치하게 된다. 이러한 cell 지연 변동(CDV: Cell Dealy Variance)은 서비스 품질의 중요한 요소인 jitter 문제를 일으키게 되며, 이러한 현상

은 입력포트의 속도차가 클수록 심각하게 발생한다. 즉, 저속의 포트로부터 들어온 cell들 사이에 고속의 포트(많은 수의 source로부터 들어온)로 들어온 많은 수의 cell들이 있으므로 큰 jitter가 발생한다. 그러므로 교환기에서 한번에 처리되는 cell 수는 서비스 품질(jitter)를 만족시킬 수 있는 범위내에서 결정되어야만 한다.

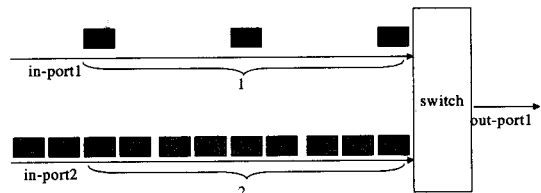


그림 3. 교환기에서의 셀 처리

2. CIMA에서의 QoS 보장

서비스 품질(jitter)을 만족하는 범위내에서 교환기에 한번에 처리 가능한 cell 수를 구하기 위해 다음과 같이 가정하였다. 멀티캐스트 그룹은 n 개의 source를 가지며, source당 대역폭을 h bps, 교환기에서 한번에 처리되는 cell수를 y 라 한다. 그리고 jitter는 마지막 source가 다중화 되는 지점에서 가장 커지므로 마지막 다중화 교환기에서의 출력은 그림 4와 같이 표현할 수 있다.

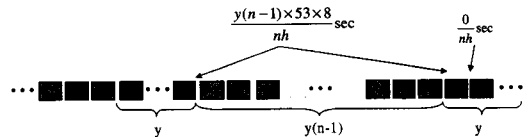


그림 4. 마지막 다중화 교환기에서의 출력

이 때 발생하는 jitter는

$$jitter = \frac{y(n-1) \times 53 \times 8}{nh} \text{ [sec]}$$

이고, 이러한 jitter가 허용 범위내에 있어야 하므로 허용 jitter를 Δ 라 표현하면

$$\frac{y(n-1) \times 53 \times 8}{nh} \text{ [sec]} < \Delta$$

$$y < \frac{(\Delta \times nh)}{(n-1) \times 53 \times 8}$$

로 정리된다. 또 n 이 1보다 충분히 크다고 가정하면

$$y < \frac{\Delta \times h}{53 \times 8} \quad (n \gg 1)$$

로 간략화 할 수 있다.

H.261에 정의된 화상 회의(Video conferencing)의 경우를 고려하면, bit rate는 384Kbps~1.92Mbps이고, 최대 허용 jitter는 10msec이므로 4명의 참가자가 화상회의를 한다고 가정하면,

i) 1.92Mbps인 경우

$$y < \frac{10 \times 10^{-3} \times 4 \times 1.92 \times 10^6}{(4-1) \times 53 \times 8} = 60.38 \text{ cell}$$

ii) 384Kbps인 경우

$$y < \frac{10 \times 10^{-3} \times 4 \times 384 \times 10^3}{(4-1) \times 53 \times 8} = 12.08 \text{ cell}$$

이다. 참가자가 10명 이상으로 1보다 충분히 큰 경우($n \gg 1$)에는

iii) 1.92Mbps인 경우

$$y < \frac{10 \times 10^{-3} \times 4 \times 1.92 \times 10^6}{53 \times 8} = 45.28 \text{ cell}$$

iv) 384Kbps인 경우

$$y < \frac{10 \times 10^{-3} \times 384 \times 10^3}{53 \times 8} = 9.06 \text{ cell}$$

의 결과를 얻을 수 있다.

이상의 결과에서 교환기에서 한번에 처리되는 cell수가 화상회의의 경우 대역폭이 384Kbps이면 9 cell, 대역폭이 1.92Mbps이면 45 cell보다 작으면, 서비스 품질(jitter)을 만족시킬 수 있음을 알 수 있다.

V. 제안된 merging 방안의 성능 분석

1. Overhead 분석

다중화 정보를 전달하기 위한 MRM cell을 추가 함으로 인해 발생하는 overhead를 측정하기 위해, 다중화 정보를 모두 채워서 전송하는 경우와 다중화 정보가 모두 채워지지 않았더라도 EOP cell이 수신되면 즉시 전송하는 경우로 나누어 생각하였다.

MRM cell의 field를 모두 채워서 전송하는 경우를 위해 다음과 같이 가정하였다. 현재 입력 포트에서 지정된 수만큼의 cell을 읽어들이면 다음 포트의 cell을 읽어들이는다. 만일 EOP cell이 수신되면 지정된 수만큼의 cell을 읽어들이지 못했더라도 다음 포트의 cell을 읽어들이는다. 다중화 정보를 저장하는 field가 모두 채워지면, 다음 노드로 전송한다. 제안

한 다중화 RM cell에는 다중화 정보를 저장할 수 있는 field가 14개 있으므로, 하나의 다중화 RM cell이 지정할 수 있는 데이터 cell의 수를 계산하기 위해 하나의 AAL-5 CPCS-PDU로부터 생성된 ATM cell의 수를 x , 교환기에서 한번에 처리되는 cell 수를 y 라 하면, x 개의 cell에 대한 정보를 저장하기 위해 필요한 field의 수는 $\lceil \frac{x}{y} \rceil$ 개임을 알 수 있다. 14 field에 의해 지정되는 데이터 cell의 수를 z 라 하면,

$$\lceil \frac{x}{y} \rceil \text{ fields} : x \text{ cells} = 14 \text{ fields} : z \text{ cells}$$

$$\therefore z = \frac{14x}{\lceil \frac{x}{y} \rceil}$$

와 같이 구할 수 있다. 그림 5는 교환기에서 한번에 처리되는 cell 수(y)가 4개와 5개일 때의 overhead를 이 식을 이용하여 계산한 것이며 CRAM 방식(4%)보다 작은 2%이하의 overhead를 유지함을 알 수 있다. 교환기에서 한번에 처리하는 cell 수가 커지면 overhead는 급격히 감소하게 된다.

EOP cell이 수신되면 즉시 다음 노드로 전송하는 경우를 위해 다음과 같이 가정하였다. 현재 입력 포트에서 지정된 수만큼의 cell을 읽어들이면 다음 포트의 cell을 읽어들이는다. 만일 EOP cell이 수신되면 즉시 MRM cell과 데이터 cell들을 다음 노드로 전송한다. x 개의 ATM cell로 이루어진 AAL-5 CPCS-PDU를 지정하기 위해 필요한 field의 수는 $\lceil \frac{x}{y} \rceil$ 개이며, EOP cell이 수신되면 MRM cell의 14 field가 모두 채워지지 않았더라도 다음 노드로 전송하게 되므로 필요한 다중화 RM cell의 수를 살펴보면

필요한field 수		MRM cell 수(k)
$0 < \lceil \frac{x}{y} \rceil \leq 14$	\Rightarrow	1
$14 < \lceil \frac{x}{y} \rceil \leq 28$	\Rightarrow	2
$28 < \lceil \frac{x}{y} \rceil \leq 42$	\Rightarrow	3
...		

이므로 필요한 MRM cell의 수 $k = \lceil \frac{x}{14y} \rceil$ 로 표현할 수 있다. 그림 6은 교환기에서 한번에 처리되

는 cell 수(y)가 4개와 5개일 때의 overhead를 이식을 이용하여 계산한 것과 CRAM-OPT방법^[12]을 비교한 것이다. CRAM-OPT는 CRAM의 변형으로서 본 논문에서 제안한 방식과 유사하게 EOP cell이 수신되면 더 이상의 입력을 기다리지 않고 즉시 다음 노드로 전송하는 방법이다. CPCS-PDU의 크기가 20 cell 이상일 경우 제안한 방식이 CRAM-OPT의 절반 정도의 overhead를 유지함을 알 수 있다. 그러나, 이 경우에는 교환기에서 한번에 처리하는 cell 수가 커져서라도 overhead가 급격히 감소하지는 않는다.

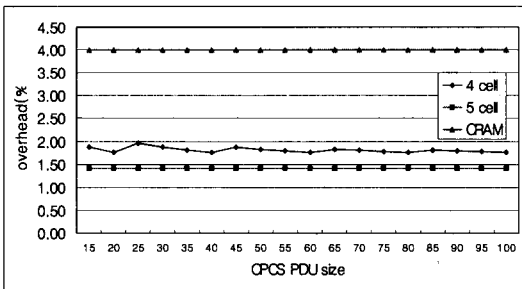


그림 5. EOP 셀을 고려하지 않았을 경우의 오버헤드

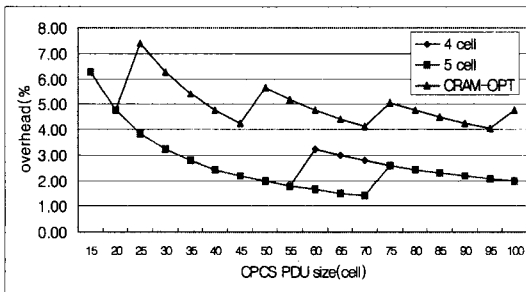


그림 6. EOP 셀을 고려했을 경우의 오버헤드

2. 교환기에서의 버퍼 사용량 분석

ATM 통신망에서의 다중화 기법에 있어 또 하나의 중요한 기준은 버퍼 소모량이다. 기존에 제안된 방법들 중 SEAM은 간단한 구조로 인해 구현이 쉬운 반면 교환기의 버퍼를 쉽게 고갈시키는 구조적인 문제가 있으며, CRAM은 버퍼를 고갈시키는 문제는 없으나 다중화 정보를 전달하기 위한 overhead가 크고 구현하기가 복잡하다는 단점을 가진다.

제안한 방법의 버퍼 사용량은 OPNET 6.0.L^[14]을 사용하여 CIMA와 SEAM 방식일 때의 사용량을

비교 분석하였다. OPNET의 ATM model은 MP-to-MP 연결을 지원하지 않으므로, CIMA와 SEAM을 시뮬레이션 하기 위해 별도의 ATM node model을 개발하여 사용하였다. CIMA와 SEAM을 위한 ATM node model은 signaling에 의한 연결 설정 기능이 배제되어 사용자의 조작에 의해 multipoint-to-point 연결을 가지며, MRM cell 생성 및 다중화 기능을 가진다. 그림 7은 개발된 node model 및 process model 중 CIMA 방식의 교환기 node model과 교환기에서 다중화를 담당하는 process model을 보인 것이다. ATM cell format은 OPNET에서 제공 model을 사용하였다.

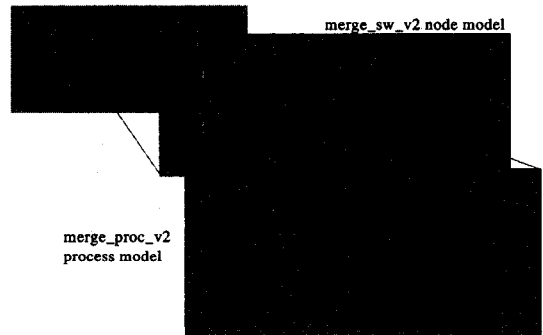


그림 7. CIMA 교환기의 노드/프로세스 모델

그림 8의 시험망 구조는 CRAM^[12]에서 사용한 구조로서 src는 신호원을, sw는 ATM 교환기를, dst는 목적지 수신 노드를 의미한다. src1~src5는 1초 간격으로 cell 10개에 해당하는 traffic을 발생시켜 이를 9600bps의 속도로, src6은 6000bps의 속도로 ATM 교환기로 전송한다. 그림 8과 같은 망구조에서 버퍼 고갈의 문제를 가장 심각하게 나타내는 곳은 sw5로써 고속 채널과 저속 채널이 다중화 되는 경우이다.

그림 9는 SEAM 방식을 사용했을 때, sw5에서 두 입력 포트의 버퍼 소모량을 시뮬레이션 한 결과이며, 그림 10은 교환기에서 한번에 5 cell(y=5)을

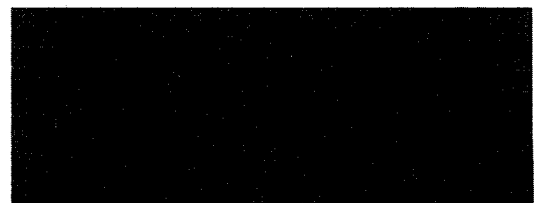


그림 8. 시험망 구조

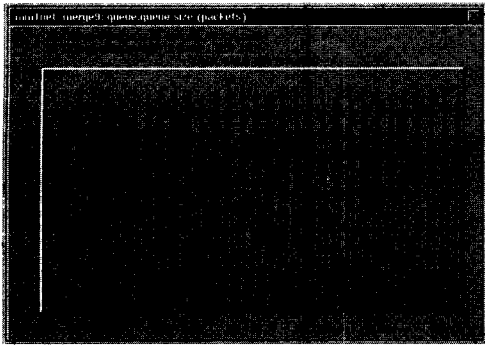


그림 9. SW5에서의 버퍼 소모량(SEAM)

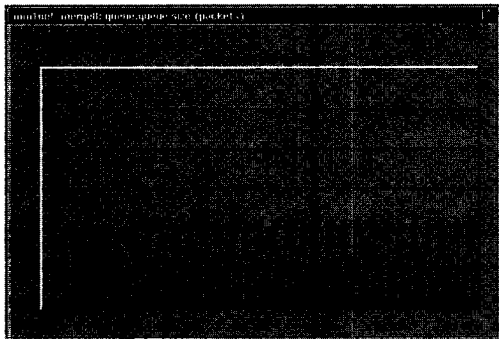


그림 10. SW5에서의 버퍼 소모량(CIMA)

읽어들이도록 하여 제안한 방식을 적용했을 때의 버퍼 소모량을 시뮬레이션 한 결과이다.

그림 9에서 나타난 것처럼 SEAM과 같은 방법을 적용했을 경우에는 저속 입력 채널에 의해 출력 포트가 선점되면 고속 채널에 연결된 입력 포트에서

는 버퍼 사용량이 급격히 증가한다. 하지만, 그림 10에서 나타난 것처럼 제안한 방식에서는 입력 채널을 교대로 처리해주므로 고속 입력 채널과 저속 입력 채널간의 속도 차이가 크더라도 버퍼 사용량이 훨씬 작음을 알 수 있다.

3. 종합 성능 분석

제안한 CIMA와 기존 방식들의 장단점을 비교하면 표1과 같다. 제안한 방식은 교환기에서 다중화를 위한 버퍼를 필요로 하며, 교환기에서 버퍼의 사용으로 인한 cell level delay가 발생한다. 이를 피하기 위한 방법으로 다중화 시 cell들을 즉시 전송한 후, MRM cell을 나중에 전송하는 방법도 고려해 볼 수 있다. 하지만, 이 경우에는 수신 사용자 단말에서 MRM cell이 도착할 때까지 입력 cell들을 별도의 버퍼에 저장해 두어야 한다. 모든 수신 단말에 대용량의 버퍼를 설치하는 것은 현실적으로 어려운 일이므로, 상대적으로 수가 적고 수정이 용이한 교환기에 버퍼를 설치하는 것이 타당할 것이다.

VC merging에 따른 overhead를 비교하면, AAL 3/4가 약 8.33%로 가장 크고, CRAM 방식이 4%정도이다. 하지만 종단간 PDU level의 delay를 고려하여 CRAM을 개선한 CRAM-OPT는 CPCS-PDU 길이에 따라 7%~4%로 비교적 큰 overhead를 나타낸다. CIMA 방식은 교환기에서 한번에 처리하는 cell 수에 따라 overhead가 변하며, 한번에 처리되는 cell 수가 클수록 overhead는 크게 줄어든다. 교환기에서 한번에 처리되는 cell 수는 서비스 품질과 버퍼 요구량을 고려하여야만 하므로 무한정 크게 잡을 수는 없다. 하지만, 이러한 요소를 고려하여

표 1. 다른 방식과의 비교

	AAL 3/4	SEAM	CRAM	CIMA
다중화시의 Overhead	크다 (8.33%)	없다	중간 (최소 4%)	작다
비다중화시의 overhead	일정	없다	없다.	없다
구현 방법	실제 구현이 어려움	새로운 기능의 추가	기존 기능의 수정 필요	새로운 기능의 추가
다중화 delay	없다	크다	작다	중간 (종단간 PDU level delay 없음)
Source ID	해당없음	해당없음	Dynamic /Unique	Dynamic
에러 복구	중간	낮음	낮음	높음
버퍼 사용량	작다	크다	작다	작다
복잡성		낮음	중간	높음

교환기에서 한번에 처리되는 cell 수를 4~5 cell 정도로 낮게 지정했을 경우에도 4.3.1절에서 본 바와 같이 CRAM/CRAM-OPT의 절반 이하의 overhead를 가진다. SEAM은 cut-through forwarding을 통해 cell interleaving을 방지하는 방식이므로 VC merging에 따른 추가적인 overhead를 발생시키지는 않는다.

SEAM은 버퍼 사용량에 있어 치명적인 단점을 가지고 있다. 이는 간단한 구조와 overhead가 작은 특성을 위해 cut-through forwarding을 채택한 결과로서, 특히 저속 링크와 고속 링크가 merging될 때 고속 링크 쪽의 버퍼 사용량이 급속히 증가하는 문제점이 있다. AAL 3/4는 merging에 따른 추가적인 버퍼는 요구하지 않지만 교환기에서 MID를 읽어들이기 위해서는 cell payload에 접근할 수 있는 기능이 필요하다는 문제점이 있다. CRAM의 경우에는 다중화 정보 전달용 RM cell이 구성될 때까지 데이터 cell들을 저장해두기 위해서 별도의 버퍼가 필요하며, 이 버퍼는 RM cell이 지정할 수 있는 최대 cell 수인 24 cell을 저장할 수 있는 크기를 가져야 한다. CIMA에서도 다중화 정보를 전달하기 위한 MRM cell이 구성될 때까지 데이터 cell들을 저장해 두기 위한 별도의 버퍼가 필요하다. CIMA에서는 한 개의 MRM cell이 24개보다 훨씬 많은 데이터 cell을 지정하므로 CRAM보다는 큰 크기를 가지는 버퍼가 필요하다.

살펴본 바와 같이 본 논문에서 제안한 CIMA 방식은 VC merging시 발생하는 overhead에 있어서는 CRAM보다 유리하며, VC merging시 추가적인 버퍼 사용량에 있어서는 SEAM에 비해 장점을 가진다. 즉, SEAM은 낮은 overhead를 구현하기 위해 높은 버퍼 사용량을 감수하고 있으며, CRAM은 낮은 버퍼 사용량을 구현하기 위해 높은 overhead를 감수하는 극단적인 면을 보여주지만, CIMA는 버퍼 사용량과 overhead에 있어 고른 장점을 보여준다. 그러므로, VC merging을 위한 추가적인 버퍼와 overhead 사이에서 적절한 타협점을 찾고자 할 때, CIMA가 훌륭한 선택이 될 수 있다.

CRAM 방식과 구현 관점에서 비교하면, CRAM에서는 Source ID를 알아내기 위해 교환기에서 ATM cell payload를 읽어 들어야만 한다. 이는 기존의 ATM 교환기를 대폭 수정할 것을 요구하는 반면, 제안하는 방식은 MRM cell을 처리하는 기능 모듈을 추가하여 구현이 가능하므로 구현이 보다 용이하다. 하지만, CIMA에서는 CRAM에서 다중화

정보를 전달하기 위해 사용하는 RM cell보다 복잡한 구조를 가지는 MRM cell을 처리하는 기능이 요구된다. 이는 교환기의 각 포트별로 MRM cell의 SID field가 지정한 Source ID, counter field가 지정한 데이터 cell 수, 현재 처리된 cell 수, EOP cell의 수신 여부에 대한 정보를 지속적으로 관리하여야 하기 때문이며, 이는 추가되는 기능 모듈의 복잡성을 증가시킨다.

VI. 결론

지금까지 ATM 통신망에서 multipoint-to-multipoint 다자간 통신 기능 제공 방안에 대한 연구 필요성과 기존의 제안된 다자간 통신 기법들을 살펴보고 각 방식의 장단점을 분석하였다. 그리고, 이러한 분석 결과를 바탕으로 shared tree를 ATM 통신망에서 활용하는 새로운 방안으로서 VC merging 기능을 제공하는 CIMA 방식을 제안하였다. 이 방법은 다중화 정보를 전달하는 MRM cell을 이용하여 cell 단위 interleaving을 지원하며, 기존 교환기에 MRM cell 처리 기능만을 추가하여 구현이 가능하다는 장점을 가진다. 제안한 CIMA 방식의 성능을 분석하기 위하여 수학적 분석을 통해 CIMA 방식의 overhead를 계산하였으며, 시뮬레이션 tool인 OPNET을 사용하여 버퍼 사용량을 측정하였다. 기존의 VC 다중화 기법들과 비교하여, CIMA 방식은 CRAM, SPAM, AAL3/4에 비해 overhead가 적으면서도 SEAM과 같은 버퍼 고갈을 문제를 일으키지 않는다. 또한, AAL-CPCS PDU가 매우 큰 길이를 가지는 경우에도 효과적으로 사용될 수 있다.

참고 문헌

- [1] T. Billhartz, J. B. Cain, E. F. Goudreau, D. Fieg, and S. Batsell, "Performance and Resource Cost Comparisons for CBT and PIM Multicast Routing Protocols in DIS Environments," IEEE INFOCOM, 1996.
- [2] Ballardie, "Core Based Trees(CBT) Multicast Routing Architecture," RFC2201, 1997.
- [3] 신상현, 김영탁, "ATM/B-ISDN 통신망에서의 Multipoint-to-Multipoint 통신 기법 연구", 한국통신학회 하계학술대회, 1999.
- [4] 신상현, 김영탁, "ATM 망에서의 다자간 통신을

위한 VC 다중화 기법 연구”, 한국 통신학회 추계학술대회, 1999.

[5] G. Armitage, “Support for Multicast over UNI 3.0/3.1 based ATM Networks,” RFC 2022, November 1996.

[6] R. Talpade, M. Ammar, “Multicast Server Architectures for MARS-based ATM multicasting,” RFC 2149, May 1997.

[7] R. Venkateswaran, C.S. Raghavendra, X. Chen, V.P. Kumar, “Support for Multiway Communications in ATM Networks,” IEEE ATM 98, 1998.

[8] S. Komandur, “CRAM : cell re-labeling at merge-points for ATM multicas,” ICATM98, 1998.

[9] S. Komandur and D. Mosse, “SPAM : A Data Forwarding Model for Multipoint-to-Multipoint connection Support in ATM Networks,” 6th International conference on Computer Communications and Networks. IEEE Computer Society, September 1997.

[10] M. Grossglauser and K. K. Ramakrishnan, “SEAM: Scalable and Efficient ATM Multicast,” IEEE INFOCOM, 1997.

[11] E. Gauthier, J. Y. Le Boudec, and P. Oechslin, “SMART : A Many-to-Many Multicast Protocol for ATM,” IEEE Journal on Selected Areas in Communications, April 1997.

[12] Komandur, Mosse, Crowcroft, “Performance Comparison of CRAM, SEAM, and SPAM Multipoint VC Schemes for ATM Networks,” ICCCN '98, 1998.

[13] ATM Forum, “PNNI Version 2.0 Ling List,” July 1998

[14] <http://www.mil3.com>

[15] Clay Shields and J.J. Carcia-Luna-Aceves, “The Ordered Core Based Tree Protocol,” IEEE INFOCOM, 1997.

[16] Hwa-Chun Lin, Shou-Chuan Lai, “Core placement for the core based tree multicast routing architecture,” GLOBECOM, 1999.

[17] R. Venkateswaran, C.S. Raghavendra, X. Chen, V.P. Kumar, “DMRP: A Distributed Multicast Routing Protocol for ATM Networks,” IEEE ATM 97. 1997.

[18] SooYong Koo, Chul Kim, SangHeon Shin, EunHyuk Lim, YoungTak Kim, BongYoung Lee, “Simulation of ATM VP transit networking based on OPNET,” OPNETWORK '99, 1999.

[19] 구수용, 신상헌, 김영탁, 김경미, 전홍범, ATM/B-ISDN 통신망에서의 병렬 분산 라우팅 기법, JCCI 98, 1998.

[20] Y.T. Kim, S.Y. Koo, Y.K. Chung, D.S. Yoon, “A Parallel and Distributed Routing Algorithm with a Hierarchical Connection Management Architecture for ATM/B-ISDN,” GlobeCom '98, 1998.

[21] S.Y. Koo, Y.T. Kim, “A Parallel and Distributed Routing Algorithm with a Hierarchical Connection Management Architecture for ATM/B-ISDN,” JCN vol.1 no.4, 1999.

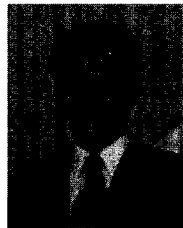
신 상 헌(Sang-heon Shin)



1998년 2월 : 영남대학교
전자공학과 졸업
2000년 2월 : 영남대학교
전자공학과 공학석사
2000년 3월~현재 : 영남대학교
정보통신공학과 박사과정

<주관심 분야> 멀티캐스팅, 초고속 정보통신망 및 차세대 인터넷, ATM/B-ISDN

김 영 탁(Young-tak Kim)



1983년 2월 : 영남대학교
전자공학과 졸업
1985년 2월 : 한국과학 기술원
전기 및 전자공학과
공학석사
1990년 2월 : 한국과학 기술원
전기 및 전자공학과
공학박사

1994년 8월 : 한국통신 통신망 연구소 선임연구원
1994년 9월~현재 : 영남대학교 정보통신공학과
부교수

<주관심 분야> 초고속 정보통신망 및 차세대 인터넷
Networking Engineering, ATM/B-ISDN,
TINA/TMN/ SNMP 체계의 망운용관리, IN
체계의 통신망 제어