

MPOA 망과 MPLS 망 연동시 심리스 연결에 대한 지연 분석

(Delay Analysis for Seamless Connections in Interworking between MPOA Networks and MPLS Networks)

김 동 호 [†] 이 송 희 ^{**} 전 형 구 ^{***}

(Dong Ho Kim) (Soong Hee Lee) (Hyung Goo Jeon)

요 약 인터넷을 통해 사용자 정보가 여러 망을 거치는 동안 연동지점에서의 처리 지연은 고속 전송에 큰 부담이 되며 종단간의 심리스 연결이 가능하다면 좋은 해결책이 될 것이다. 이 논문에서는 ATM-LAN에 유력한 MPOA 망과 백본 기술로 적용이 검토되고 있는 MPLS 망을 심리스 연결하기 위한 방안을 제시한다. 두 망의 특징을 비교하고, 연동에 필요한 요구사항을 제시하며, 적용 가능한 세가지 연동 방안을 기술한다. 제시된 연동방안은 LER에서 ATM VC와 LSP를 심리스 연결함으로써 IP 룩업에 소요되는 처리 지연을 최소화하고 종단간 전송 지연을 줄인다. 각 연동 방안들의 세부 동작 절차와 특징을 기술하고, 잭슨망 이론을 이용하여 제시된 연동 방안들의 종단간 전송지연을 분석하고 그 결과를 비교한다.

키워드 : 심리스 연결, 연동 방안

Abstract Seamless connection can be a good solution to reduce processing delays in interworking points, a possible big burden to the data transmission in Internet. This paper, therefore, will present several interworking methods which can minimize the delays through seamless connections in interworking between MPOA networks, usually ATM-LANs, and MPLS networks, mainly Internet backbones. We compare characteristics of those networks, propose requirements for interworking, and describe three interworking methods. Proposed interworking methods reduce end-to-end transmission delay for seamless connection between ATM VC and LSP, as decreases the number of IP lookup processing in LER. We describe detailed process and characteristic of each interworking method. And we analyze and compare end-to-end delay, using Jackson's network theorem, of proposed interworking methods.

Key words : Seamless connection, interworking method

1. 서 론

인터넷의 급속한 확산과 함께 사용자에게 고속의 서비스를 제공하고자 하는 다양한 기술들이 제시되었다. 특히 ATM(asynchronous transfer mode) 등의 고속 통신망에서 IP 서비스를 수용하기 위한 MPOA(multi-protocol over ATM), MPLS(multiprotocol label switching),

IPOA(IP over ATM) 등의 여러 새로운 기술들이 등장했다[1-3]. ATM 기술은 B-ISDN(broad-band-integrated service digital network) 표준화를 위해 제시된 이후 공중망과 사설망의 심리스 연결이 가능한 장점이 부각되어 왔고 이를 이용하고자 하는 연구도 있었다[4].

ATM Forum은 LANE(LAN emulation)에 의해 ATM 망과 기존 LAN과의 통신을 수용하였지만 확장성을 높이기 위해 서로 다른 ELAN(emulated LAN)간의 홉(Hop) 수를 줄일 수 있도록 NHRP(next hop resolution protocol)를 이용한 MPOA를 제정하고 1999년 버전 1.1을 발표하였다[1,5]. IETF(internet engineering task force)에서는 기존 라우터 망의 복잡성을 줄이기 위해 등장한 입실론의 IP 스위칭과 시스코의 태

[†] 정 회 원 : 인제대학교 광대역정보통신학과
rionkim@netian.com

^{**} 정 회 원 : 인제대학교 전자정보통신공학부 교수
icsilee@ijnc.inje.ac.kr

^{***} 비 회 원 : 동의대학교 전기전자정보통신공학부 교수
hgjeon@dongeui.ac.kr

논문접수 : 2001년 2월 16일
심사완료 : 2001년 12월 10일

그 스위칭, IBM의 ARIS(aggregate route-based IP switching), 도시바의 CSR(cell switch router) 등을 표준화 하기 위한 MPLS 워킹 그룹(working group)이 1996년 구성되어 현재 표준화가 진행중이다[2]. 국내에서도 초고속 국가망과 ISP(internet service provider) 등에서 MPLS를 적용하는 문제를 검토중이다[6]. 따라서 MPLS 망과 기존 망의 연동은 중요한 과제의 하나가 되었다. 최근 ATM Forum과 IETF에서도 VCID(Virtual Connection Identifier)를 이용하여 ATM 스위치와 MPLS 노드간의 연동을 위한 작업이 이루어지고 있다[7,8]. VCID는 ATM 신호 프로토콜과 MPLS의 LDP 메시지의 정보요소를 변환하는 방법에 의해 ATM 망과 MPLS 망을 연동하는 것으로 복잡한 신호변환 및 기능변경이 요구된다. 따라서 더 간단하고 효율적인 연동방안의 제시가 요구된다.

특히 한국전자통신연구원 등에서 ATM-LAN에서의 IP 서비스 제공을 위해 고려하고 있는 MPOA 망과의 연동은 두 기술 모두 ATM을 기반으로 하거나 선택할 수 있어서 ATM의 장점인 공중망과 사설망의 연동시 심리스 연결이 가능하다[9]. 종단간의 심리스 연결은 라우터에서의 처리를 최소화 함으로서 전송 효율을 높일 수 있지만 이를 위해서는 MPOA와 MPLS의 서로 다른 통신 방식을 연동할 수 있는 방안 제시와 함께 IP 룩업과 같은 상위 계층 처리를 최소화 할 수 있는 연구가 필요하다. 따라서 본 논문에서는 MPOA 망과 ATM 기반의 MPLS 망을 심리스 연결이 가능하도록 하는 방안들을 제시하고 연동을 위해 필요한 기능들을 제안 후 연동 절차와 종단간 전송지연을 분석하고자 한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서 MPOA 망과 MPLS 망의 연동을 위한 고려 사항들을 제시하며, 3장에서 연동 방안들의 절차와 함께 필요한 기능을 제시하고, 종단간 지연 분석에 의한 결과를 검토한다. 마지막으로 4장에서 결론을 맺는다.

2. 연동에 필요한 요구사항

연동에 필요한 요구사항의 도출을 위해 연동 대상이 되는 MPOA 망과 MPLS 망의 구조를 제시하고 각 망의 특징을 비교 분석한다. 그림 1은 연동 방안 연구를 위한 연동 대상 망구조를 나타낸 것이다. 백본으로 MPLS 망을 구성하고, 서로 다른 라우터에 MPOA 망들이 접속되어 있다. MPLS 망은 라우터 망을 LER(label edge router)과 LSR(label switching router)의 기능으로 구분하고, MPOA 망은 LECS(LAN emulation

configuration server), LES(LAN emulation server), BUS(broadcast/unknown server)와 함께 구성되는 ELAN에 MPS(MPOA server) 기능을 가지는 라우터와 지름길 VC(virtual connection) 설정 요청을 하는 MPC(MPOA client)로 구성된다[1,10].

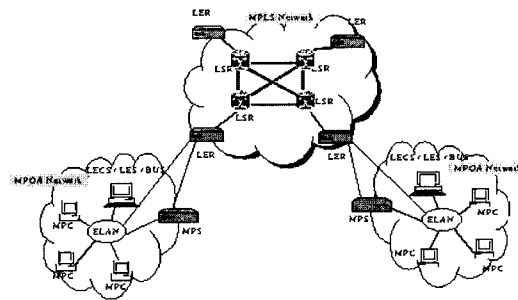


그림 1 연동 대상 망 구조

연동 방안의 연구를 위해 그림 1을 구성하는 MPOA 망과 MPLS 망의 특징들을 비교하여 살펴 볼 필요가 있다. 확장성의 한계를 가지는 MPOA는 ELAN 단위의 소규모 LAN이나 캠퍼스 망에 적용되고, MPLS는 인터넷 백본이나 ISP(internet service provider)에 적용되므로 LAN에 접속된 사용자가 ISP 또는 인터넷 백본을 통한 서비스를 제공받기 위해서는 두 망의 연동이 필수적이다. MPOA는 계층 2와 계층 3을 독립적으로 사용하는 오버레이 모델(overlay model)로서 주소 변환을 위한 서버를 사용하지만, MPLS는 계층 2와 계층 3을 통합하여 동일한 계층처럼 동작하는 통합모델(integrated model 또는 peer model)로 주소 변환 서버가 없기 때문에 연동을 위해서는 주소해결에 대한 고려가 필요하다. 또한 토폴로지 기반(topology-based) 경로 설정을 하는 MPLS와 달리 MPOA는 흐름 기반(flow-based) 경로 설정을 하므로 두 가지 경로를 수용할 수 있는 연동 방안의 고려가 필요하다. 그리고 IETF에 의해 표준화가 진행중인 MPLS는 ATM이 가장 적절한 하위 망 기술로 인식되고, ATM 포럼에 의해 표준화된 MPOA도 ATM 기반의 기술이므로 심리스 연결이 가능하다.

이상의 제시한 내용들을 바탕으로 다음과 같은 연동 요구 사항들을 고려할 필요가 있다. 첫째, 종단간의 심리스 연결을 위해 라우터의 지연 요소들을 최소화 해야 한다. 특히 IP 룩업은 수용하려는 네트워크의 크기에 따라 성능에 미치는 영향이 커진다. 둘째, MPOA와 MPLS의 기존 성능을 제약할 수 있는 기능의 추가는

배제해야 한다. 즉 가능한 한 기존 성능을 유지하면서 심리스 연결을 해결할 수 있어야 한다. 셋째, 구현 가능성을 위해 기존 프로토콜의 수정은 없거나 최소화 되어야 한다. 현재 사용되고 있는 프로토콜을 최대한 활용할 수 있는 연동 방안이 가장 구현 가능성이 크다.

3. 망 연동 방안의 제시와 지연 분석

제시할 망 연동 방안의 설명을 위해 그림 1의 연동 대상 망 구조를 단순화시켜 그림 2의 모델을 설정한다. MPOA 망의 두 가지 전송 경로를 고려하기 위해 MPC는 MPS를 경유하는 Data Direct VCC와 지름길 VC로 패킷 전송이 가능하다. MPOA 망의 ELAN에서 필요한 시그널링 절차와 MPLS 망의 LDP 시그널링 절차는 수정 없이 사용하기 위해 연동 방안에 포함시키지 않고 생략한다. 그림 2의 연동 모델을 기반으로 망 연동 방안들의 동작절차를 제시하고 설명할 것이다.

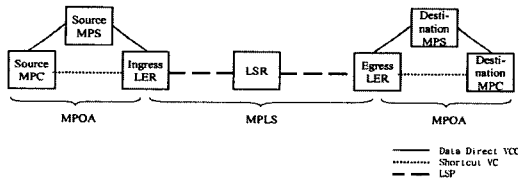


그림 2 연동 방안에 적용된 연동 모델

지금부터 기술하는 연동 방안들은 LER이 NHRP에 의해 지름길 VC의 목적지로 지정될 수 있어야 한다. 또한 심리스 연결을 위해 필요한 새로운 연동 기능은 LER에 추가하였으며, 상황에 따른 효율성을 고려하여 세가지 방안을 구성하였다. 그 외 주소 해결 서버를 이용한 방안과 중단간에 가상 통로(virtual path)를 이용한 시그널링 제공 방안 등이 검토되었지만 지연이 너무 크고 백본망을 사용하는 일반적인 상황에 적합하지 않아 제외시켰다[11]. 이제부터 MPOA 망과 ATM 기반 MPLS 망의 연동시 심리스 연결이 가능한 연동 방안들을 제시하고 각각에 대하여 자세히 설명한다. 또한 심리스 연결이 가능하지 않은 연동 방안을 함께 제시함으로써 심리스 연결이 가능한 방안과 비교할 수 있도록 한다.

3.1 망 연동 방안 1

MPOA 망과 MPLS 망 사이에서 심리스 연결이 가능하도록 IP 룩업 횟수를 최소화하는 연동 방안이다. 연동 방안 1은 지름길 VC를 IP 주소 참조 없이 LSP와 연결하여 직접 데이터 전송이 가능하게 하는 방안으로서 그림 3에 나타난 바와 같은 단계를 가진다. 각 단계

별 동작은 다음과 같다.

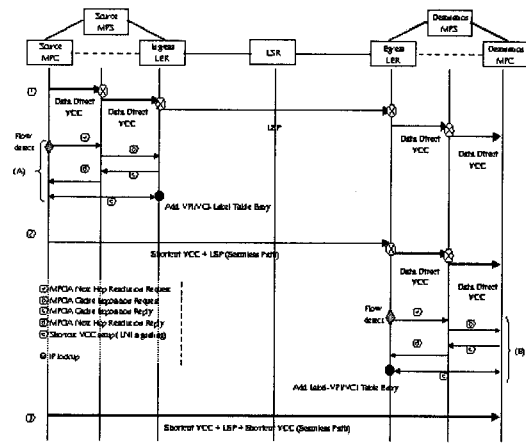


그림 3 망 연동 방안 1

- 단계 ① : MPOA 망에서 MPC와 MPS, MPS와 LER 간에는 LANE에 의한 Data Direct VCC가 설정되고 이를 경유하여 패킷이 전송된다. MPOA 망의 라우터인 MPS는 IP 룩업을 하고 진입점(ingress) LER로 패킷을 전송한다. Data Direct VCC를 지나 진입점 LER에 도착한 패킷은 IP 룩업을 하고 레이블을 할당한다. 그리고, 패킷이 도착하기 전에 설정되어 있는 LSP로 패킷을 전송한다. LSR은 레이블에 의해 패킷을 스위칭 하여 다음 라우터로 전송한다. 출구점(egress) LER에 도착한 패킷은 LANE에 의해 설정된 Data Direct VCC를 통해 목적지까지 전송된다.

- 단계 ② : MPOA 망은 지름길 VC 설정을 위해 (A)의 절차에 의한 시그널링 동작을 하게 된다. 주소 해결을 위한 과정에서 진입점의 LER은 MPOA_Cache_Imposition_Request 메시지에서 IP 주소를 참조하여 연동 테이블에 기록하고 목적지에 따른 레이블을 할당한다. 또한 지름길 VC 설정 과정에서 UNI(user network interface) 시그널링을 하게 되고 LER은 Setup_Request 메시지에 포함된 VPI/VCI를 참조하여 연동 테이블에 기록한다. 이렇게 작성된 연동 테이블은 입력측에 레이블 값 대신 VPI/VCI를 가진 레이블 정보 테이블과 같다. 연동 테이블에 의해 송신측 MPC는 출구점 LER까지 스위칭만으로 패킷을 전송할 수 있게 된다.

- 단계 ③ : 수신측의 MPOA 망 또한 지름길 VC 설정을 위해 (B)와 같은 절차로 연동 테이블을 구성하고 중단간 스위칭에 의한 패킷 전송이 가능하게 된다.

연동 방안 1에서는 MPOA 망의 지름길 VC와 MPLS의 LSP를 연동하기 위한 연동 테이블 구성 기능을 LER에 추가하여 라우터의 IP 룩업 처리가 없이 심리스 연결이 가능하게 하였다. 그러나 지름길 VC가 설정되기 전에는 IP 룩업에 의한 지연이 발생한다.

연동 테이블은 LSR의 기능인 레이블 정보 테이블(LIB: label information base)을 이용하고 지름길 VC의 VPI/VCI와 Data Direct VCC의 VPI/VCI를 구분하는 기능은 MPC에 포함되어 있다. 따라서 테이블 엔트리(entry)에 레이블 대신 VPI/VCI를 매핑하는 기능을 추가하여 구현할 수 있다. 표 2는 진입점 LER의 연동 테이블 구성 예를 나타내었다.

Incoming		Outgoing	
Port	VPI/VCI	Port	Label
1	5/14	6	23
4	11/35	8	32
7	19/26	2	11

그림 4 연동 테이블의 예

3.2 망 연동 방안 2

연동 방안 2에서는 연동 방안 1이 가지는 IP 룩업에 의한 초기 지연을 더 줄일 수 있는 방안을 모색하였다. MPOA 망의 Data Direct VCC 설정과정에서 연동 방안 1의 그림 4와 같은 연동 테이블을 작성하고, 지름길 VC 설정 후에는 새로운 연동테이블 정보를 추가한다. 이 연동 방안의 연동 절차와 구조를 그림 5에 나타내었으며 각 단계별 동작은 다음과 같다.

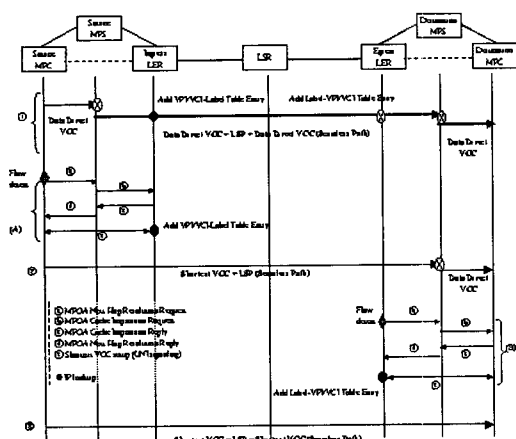


그림 5 망 연동 방안 2

-단계 ①: MPOA 망의 Data Direct VCC를 설정하기 위한 시그널링 과정에서 LER은 VPI/VCI와 레이블을 연동 테이블에 기록한다. LER은 레이블 할당을 위해 IP 주소가 필요하므로 VC 설정 과정에서 Setup Request 메시지와 함께 전송되는 IE(information element)에 IP 주소 정보를 포함해야 할 필요가 있다. Data Direct VCC의 설정과 함께 송신측과 수신측의 연동 테이블이 완성되고 송신측의 MPC로부터 수신측의 MPC까지 IP 룩업이 없이 ATM에 의해 패킷이 전송된다.

-단계 ②: 패킷의 흐름을 감지한 후에는 지름길 VC의 새로운 VPI/VCI를 테이블 엔트리에 추가하고 기존에 설정된 테이블 엔트리는 해제 메시지에 의해 삭제된다. 새로운 연동 테이블에 의해 패킷이 전송되고, 경로는 연동 방안 1과 동일하다.

-단계 ③: 연동 방안 1의 단계 ③ 같다.

지름길 VC 설정이 있기 전에 Data Direct VCC와 LSP의 연동 테이블을 구성하여 보다 신속하게 심리스 연결이 가능해지지만, LER의 기능이 복잡해 지고 Data Direct VCC로 전송되는 패킷이 완료될 때까지 연동 테이블의 정보를 유지해야 하므로 메모리 공간이 더 요구되며, IP 주소 정보를 LER에 제공해야 하므로 프로토콜의 일부 옵션을 사용하거나 변경해야 하는 문제가 있다. 그러나 지름길 VC를 설정하는 지연이 길어지면 Data Direct VCC 설정 과정에서 연동테이블을 구성하는 연동 방안 2가 패킷 전송의 지연이 더 적을 가능성이 있다.

3.3 망 연동 방안 3

연동 방안 2에서 요구되었던 시그널링 메시지의 수정을 하지 않고 전송되는 패킷으로부터 직접 IP 룩업을

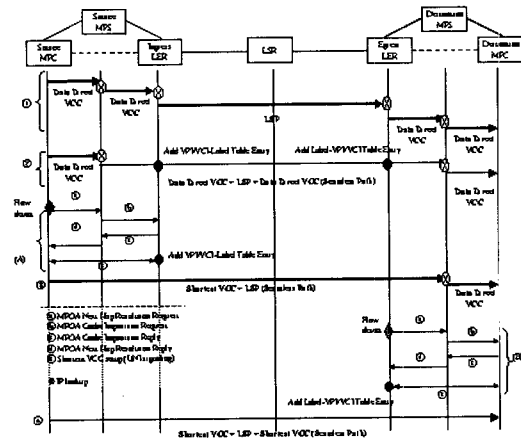


그림 6 망 연동 방안 3

하는 방안이다. 그 연동 구조 및 절차를 그림 6에 나타내었으며 각 단계별 동작은 다음과 같다.

- 단계 ① : 연동 방안 1의 단계 ①과 동일한 절차로 패킷이 전송된다.

- 단계 ② : 단계 ①에서 전송되는 패킷의 흐름을 감지하고 IP 룩업을 하여 연동 테이블을 작성한다. 그 후에 전송되는 패킷은 송신측의 MPS와 수신측의 MPS 간을 심리스 연결에 의해 전송한다.

- 단계 ③ : 연동 방안 1의 단계 ②와 같다

- 단계 ④ : 연동 방안 1의 단계 ③과 같다.

최초에 전송되는 패킷에 의해 IP 룩업을 한 후에는 연동 테이블에 의해 패킷이 전송된다. 연동 방안 2와 달리 IP 룩업을 위한 프로토콜의 수정이 필요 없지만 패킷 수신 후 IP 룩업을 위한 초기 지연이 발생한다. 또한 모든 IP 패킷에 대해 연동 테이블을 작성할 수는 없으므로 이에 대한 식별을 위해 흐름을 감지하는 MPOA 망의 기술을 적용해야 하는 수정도 필요하다.

3.4 심리스 연결을 하지 않는 연동 방안

앞의 방안들은 모두 심리스 연결이 가능하게 하는 방안들이므로 심리스 연결을 하지 않는 연동 방안의 동작과 절차를 여기에 제시한다. 이 연동 방안에서 LER은 MPOA 망과의 지름길 VC 설정을 위해 MPC로 동작 가능하며 MPLS 망은 제어 기반 레이블 할당 방식을 사용하여 전송 경로인 LSP가 이미 설정되어 있다. 연동 구조와 절차를 그림 7에 나타내었으며 각 단계별의 자세한 동작은 다음과 같다.

- 단계 ① : MPOA 망에서 MPC와 MPS, MPS와 LER 간에는 LANE에 의한 Data Direct VCC가 설정

되고 이를 경유하여 패킷이 전송된다. MPOA 망의 라우터인 MPS는 IP 룩업을 하고 진입점(ingress) LER로 전송한다. Data Direct VCC를 지나 진입점 LER에 도착한 패킷은 IP 룩업을 하고 레이블을 할당한다. 그리고, 패킷이 도착하기 전에 설정되어 있는 LSP로 패킷을 전송한다. LSR은 레이블에 의해 패킷을 스위칭 하여 다음 라우터로 전송한다. 출구점(egress) LER에 도착한 패킷은 LANE에 의해 설정된 Data Direct VCC를 통해 목적지까지 전송된다.

- 단계 ② : MPOA 망의 MPC는 일정 시간동안 일정수의 패킷 흐름(flow)을 감지하고 (A)와 같은 절차에 의해 지름길 VC를 설정한다. MPC는 MPOA_Next_Hop_Resolution_Request 메시지를 보내고 이를 받은 MPS는 진입점 LER에게 MPOA_Cache_Imposition_Request 메시지를 보낸다. 진입점의 LER은 내장된 MPC의 기능을 이용하여 MPOA_Cache_Imposition_Request 메시지를 확인하고 송신측 MPC의 정보를 캐쉬(cache)에 저장한 후 다시 MPS에게 MPOA_Cache_Imposition_Reply를 전송한다. MPS는 수신측인 진입점 LER의 응답을 확인하고 송신측의 MPC에게 MPOA_Next_Hop_Resolution_Reply를 돌려 준다. MPC는 MPS의 NHS에 의해 해결된 LER의 주소를 이용하여 직접 지름길 VC를 설정한다. 지름길 VC가 설정된 MPOA 망은 MPC로부터 LER까지 직접 패킷을 전송한다.

- 단계 ③ : 수신측의 MPOA 망은 송신측의 MPOA 망과 동일한 (B)의 절차로 지름길 VC를 설정하고 데이터를 전송한다.

이 연동 방안에서 MPOA 망은 지름길 VC 설정에 의해 전송로상의 불필요한 홉을 제거하고 MPLS 망으로 연결된다. MPLS 망 또한 LDP에 의해 미리 설정된 LSP로 레이블 스위칭에 의해 패킷을 전송한다. 그 결과, 네 번의 IP 룩업 과정을 각 LER에서의 두 번으로 줄이게 되지만 완전한 심리스 연결은 되지 않는다.

3.5 연동 방안 구현에 필요한 기능 수정

지금까지의 연구 결과 MPOA 망과 ATM 기반의 MPLS 망을 심리스 연결에 의해 연동하기 위해서는 다음과 같은 기능의 수정이 필요하다.

첫째, LER은 MPOA 망과의 지름길 VC 설정이 가능해야 한다. 이를 위해서는 NHRP에 의한 IP 주소 제공 및 주소 해결에 LER과의 정보 교환이 필요하며 NHRP 프로토콜의 수정이 필요하다. LER은 MPC로 동작하여 MPOA 망과 NHRP 시그널링이 가능해야 하며 실제 IP 주소의 목적지처럼 동작할 수 있어야 한다.

둘째, LER은 연동 테이블을 제공할 수 있도록 LSR

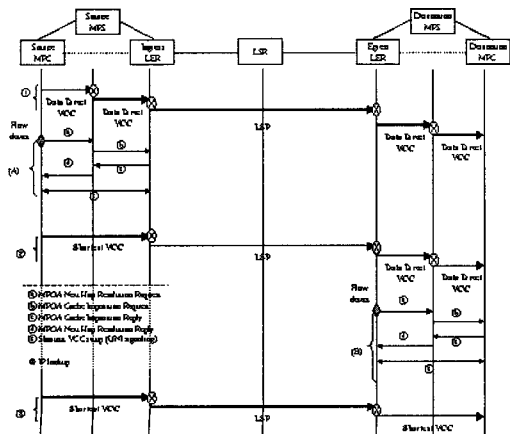


그림 7 심리스 연결을 하지 않는 연동 방안

의 레이블 정보 테이블을 제공 가능해야 하며, 이를 위해서는 에지 노드의 기능에 LSR의 기능도 함께 포함하는 것이 필요하다. 즉, LER과 LSR의 기능을 동시에 가지고 있도록 에지 라우터가 구현되어야 한다.

셋째, ATM의 Setup Request 메시지가 IP 주소를 제공할 수 있는 방법으로서 IE(information elements)에 IP 주소를 포함해야 할 필요가 있다. 또한 이 정보를 확인하고 연동 테이블에 제공할 수 있는 기능도 필요하다.

3.6 종단간 전송 지연 분석

MPOA-MPLS의 연동망(N)을 지나는 패킷은 그림 8과 같이 목적지로 가는 동안 외부트래픽의 영향을 받는다. 이와 같은 상황을 가정하여 패킷의 종단간 전송 지연을 분석한다.

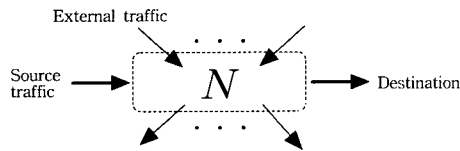


그림 8 외부트래픽의 영향을 받는 MPOA-MPLS 연동망

MPOA 망과 MPLS 망의 연동망(N)에서 패킷의 전체 지연(E(T))은 식 (1)에서와 같이 큐잉 지연(E(T_q))과 링크 전파 지연(E(T_p)), IP 룩업 지연(E(T_l))의 합으로 볼 수 있다.

$$E(T) = E(T_q) + E(T_p) + E(T_l) \quad (1)$$

우선 큐잉 이론을 이용하여 전체 네트워크의 종단간 큐잉 지연(E(T_q))을 식 (2)와 같이 구할 수 있다.

$$E(T_q) = \sum_{i=1}^k \frac{1}{\mu_i - \lambda_i} = \sum_{i=1}^k \frac{1/\mu_i}{1 - \rho_i} \quad (2)$$

각 노드의 패킷 도착율을 구하기 위해 MPOA 망과 MPLS 망의 연동망을 오픈 큐잉 네트워크의 잭슨망으로 가정하였다[12,13]. 그림 9와 같이 외부 입력을 가지는 k개의 큐잉 노드로 구성되는 네트워크 N에서 근원지를 0, 목적지를 k+1이라고 할 때, 각 노드 i에 도착하는 외부 패킷 도착율을 γ_i 라고 하고 근원지로부터 오는 패

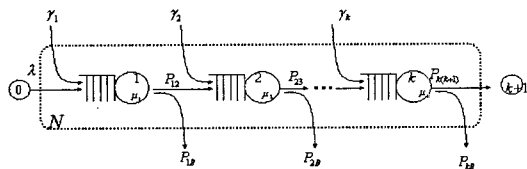


그림 9 망 파라미터 구성

킷의 도착율은 λ_i 이며 각 노드 i의 전체 패킷 도착율은 λ_i 이다. 또한 각 노드의 서비스율은 μ_i 이며 각 노드의 패킷이 다음 노드로 전송될 확률은 P_{ij} 이다. 잭슨망의 성질에 따라 $\gamma_i, \lambda_i, \lambda_i$ 는 포와송 프로세스를 가지며, μ_i 는 지수적 분포를 가진다. ($i, j=1, 2, 3, \dots, k, k+1$)

여기서 잭슨망의 성질을 이용하여 각 큐의 패킷 도착률 λ_i 를 구하기 위하여 패킷이 다음 노드로 전송될 확률 P_{ij} 를 다음과 같이 정한다. 외부 트래픽이 각 노드로부터 노드 i로 전송될 확률 $i+1$ 은 망 외부로 전송될 확률 P_{iB} 를 뺀 것과 같다.

$$P_{i(i+1)} = 1 - P_{iB} \quad (3)$$

이것을 RP(Routing Probability)-matrix로 나타내면 (4)와 같다.

$$R = \begin{bmatrix} P_{00} & P_{01} & P_{02} & P_{03} & \Lambda & P_{0k} & P_{0(k+1)} & P_{0B} \\ P_{10} & P_{11} & P_{12} & P_{13} & \Lambda & P_{1k} & P_{1(k+1)} & P_{1B} \\ P_{20} & P_{21} & P_{22} & P_{23} & \Lambda & P_{2k} & P_{2(k+1)} & P_{2B} \\ P_{30} & P_{31} & P_{32} & P_{33} & \Lambda & P_{3k} & P_{3(k+1)} & P_{3B} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{k0} & P_{k1} & P_{k2} & P_{k3} & \Lambda & P_{kk} & P_{k(k+1)} & P_{kB} \\ P_{(k+1)0} & P_{(k+1)1} & P_{(k+1)2} & P_{(k+1)3} & \Lambda & P_{(k+1)k} & P_{(k+1)(k+1)} & P_{(k+1)B} \\ P_{B0} & P_{B1} & P_{B2} & P_{B3} & \Lambda & P_{Bk} & P_{B(k+1)} & P_{BB} \end{bmatrix} \quad (4)$$

RP-matrix로부터 다음과 같이 패킷 도착율을 구할 수 있다.

$$\lambda_i = \gamma_i + \sum_{j=0}^k \lambda_j P_{ji} \quad (i=1, 2, \dots, k) \quad (5)$$

여기서, $\lambda_i \geq \lambda_0$ 이어야 한다.

전송 매체의 일반적인 전파 속도(s)는, 광섬유 케이블과 동축 케이블은 $2 \times 10^8 m/s$ 이고, 꼬인 이중 나선은 $3 \times 10^8 m/s$ 이다[14]. 그러므로 전파지연(E(T_p))은 전파 거리(l)를 전파 속도(s)로 나눈 것과 같다.

$$E(T_p) = \frac{l}{s} \quad (6)$$

IP 룩업 지연(E(T_l))은 일반적인 식 (7)과 같이 IP 룩업 시간(t_{IP})에 IP 룩업 노드수(n_{IP})의 곱이다.

$$E(T_l) = t_{IP} \times n_{IP} \quad (7)$$

따라서, 외부 트래픽의 영향을 가지는 k개의 큐잉 네

트위크 ($i=1,2, \dots, k$)의 전체 지연 $E(T)$ 는 식 (8)로 나타낼 수 있다.

$$E(T) = E(T_q) + E(T_p) + E(T_i) = \sum_{i=1}^k \frac{1}{\mu_i - \lambda_i} + \frac{l}{s} + t_{IP} \times n_{IP} \quad (8)$$

수식 (8)에 의해 종단간 전송 지연을 분석하였다. 그림 10과 11은 9개의 노드와 IP 룩업 지연 5ms의 룩업 노드를 가지는 망의 종단간 전송 지연을 연동방안별로 나타낸 것이다. 단일 외부 노드의 트래픽 부하가 증가될수록 전송지연이 증가함을 알 수 있다. 또한 각 연동방안별로 IP 룩업 시간만큼의 지연차이가 크게 나타난다. 이것은 일정한 IP 룩업 시간이 IP 룩업 노드 수만큼 상수로 더해지기 때문이다.

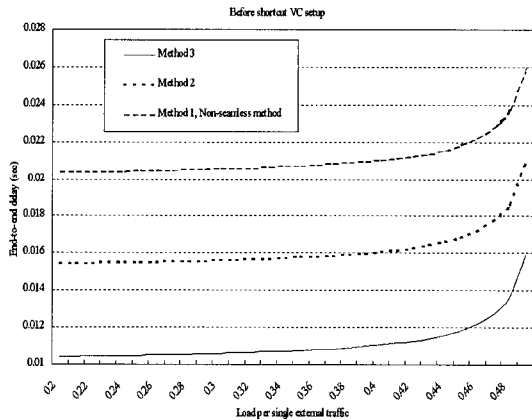


그림 10 지름길 VC 설정전의 외부 트래픽 부하에 대한 전송 지연

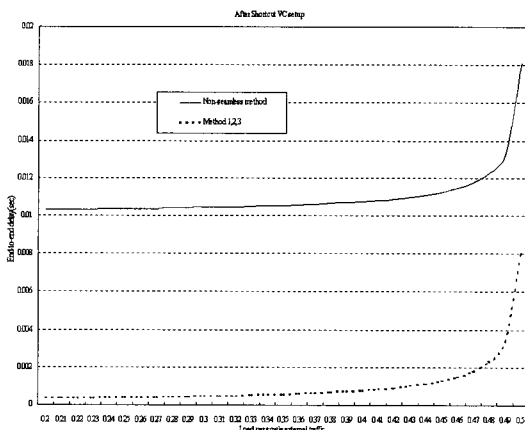


그림 11 지름길 VC 설정 후의 외부 트래픽 부하에 대한 전송 지연

그림 12와 13은 근원지 트래픽 5Mbps와 각 외부 트래픽 노드의 부하가 67.815Mbps를 가지는 망의 종단간 노드 수에 따른 전송 지연을 연동 방안별로 나타낸 것이다. 외부 트래픽에 대한 지연 변화와 비슷하게 노드 수가 증가할수록 전송지연이 증가함을 알 수 있다. 그리고 일정한 상수로 더해지는 IP 룩업 시간 때문에 연동방안 별 지연에 차이를 나타내고 있다.

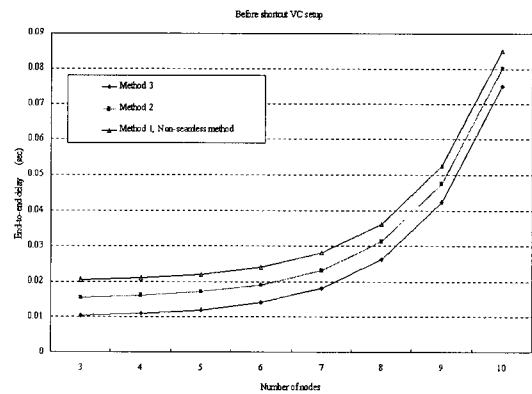


그림 12 지름길 VC 설정 전의 노드 수에 대한 전송 지연

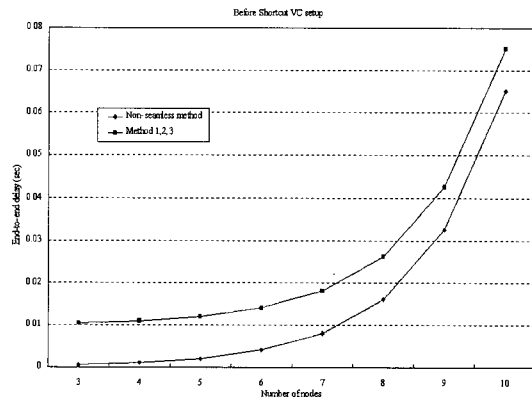


그림 13 지름길 VC 설정 후의 노드 수에 대한 전송지연

앞에서 나타낸 바와 같이 연동 방안에 대한 지연은 잦은 이론을 적용하여 노드 수 및 트래픽 부하의 증가와 함께 증가하였다. 이러한 결과로부터 각 연동방안별 지연의 차이를 알 수 있다. 그리고, 각 연동방안의 장점인 IP 룩업 시간의 감소를 전체 지연과 비교하여 그림 14와 15에 나타내었다.

그림 14와 15는 노드 수에 따른 종단간 전송 지연에서 IP 룩업 지연이 차지하는 비율을 지름길 설정 전과

후로 나타낸 것이다. 최초에는 전체 지연의 90%를 차지하던 IP 록업 지연은 노드수가 12개에 이르러서는 5%의 비율을 나타내고 있다. 이러한 특성은 제안된 연동방안이 많은 노드를 경유해야 하는 원거리 전송보다 적은 수의 노드를 경유하는 근거리 전송에 더 효율적임을 나타낸다. 또한 그림 15와 같이 지름길 VC가 설정된 후의 연동 방안 1,2,3은 IP 록업에 의한 지연이 없으므로 전파지연과 큐잉지연이 종단간 전체 지연을 결정한다.

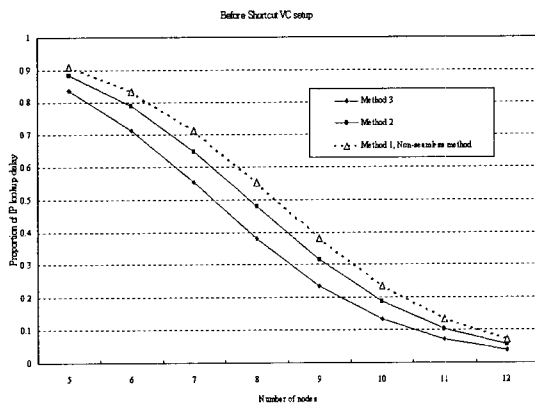


그림 14 지름길 VC 설정 전의 IP 록업 지연 비율

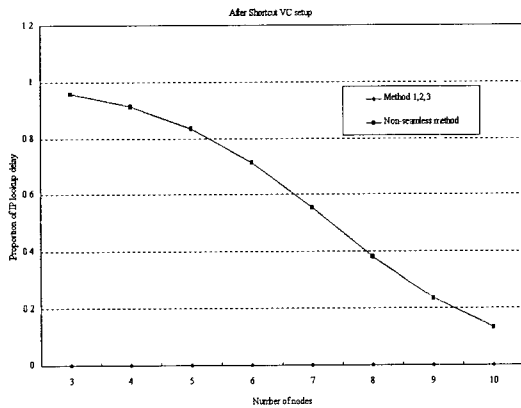


그림 15 지름길 설정 후의 IP 록업 지연 비율

지금까지 살펴본 바와 같이 IP 록업 지연은 근거리 전송에서는 전체 지연의 상당부분을 차지하므로 LAN 또는 캠퍼스 망에서 제안된 연동방안이 유용하게 적용될 수 있을 것임을 알 수 있다. 그리고, 광역망의 전송에 있어서도 서로 다른 MPLS망을 많이 경유할 경우에 효율적임을 알 수 있다.

4. 결론

지금까지 MPOA망과 MPLS망을 심리스 연결이 가능하도록 연동하기 위한 요구 사항, 연동 방안, 연동 절차 등을 제시하고 각 연동방안에 대한 종단간 전송 지연을 분석하였다. 책순망 이론을 적용하여 종단간 전송지연을 분석한 결과 심리스 연결을 하지 않는 경우보다 본 논문에서 제시한 심리스 연결이 가능한 연동 방안들이 훨씬 더 나은 전달 성능을 보였다. 특히 많은 수의 연동 노드를 경유해야 하는 상황에서는 IP 록업 지연의 비율이 크므로 더 나은 성능을 나타냄을 확인하였다. 제시된 세 연동 방안의 성능 차이는 미소하며 구현 조건 및 망 구성 환경에 따라 하나의 방안을 선택할 수 있을 것이다. 제시된 연동 방안을 실제 망에 적용하기 위해서는 연동기능이 필요한 LER에 MPC의 기능을 부여하고 NHRP의 수정을 추가함으로써 MPOA 망과의 지름길 VC 설정이 가능해야 하며 표준화 규격과의 조정 문제가 남아 있다. 이 연구에서는 연동을 위한 망을 MPOA로 국한시키고 ATM 기반의 MPLS 망을 가정하였다. 따라서 다른 기술이 적용된 망들에 대해서도 가능성을 확인해야 할 것이다. 뿐만 아니라 연동 방안의 기능 구현에 대한 연구도 추후 과제이다.

참고 문헌

- [1] ATM Forum, Multi-Protocol Over ATM Version 1.1, af-mpoa-0114.000, 1999. 5.
- [2] IETF Multi-Protocol Label Switching (MPLS) Working Group charter, <http://www.ietf.org/html.charters/mps-charter.html>
- [3] M. Laubach, J. Halpern, Classical IP and ARP over ATM, RFC 2225, 1998. 4.
- [4] Taiwon Um, Junkyun Choi, A study on inter-working scenarios between ATM-based MPLS network and IPOA/LANE network, Proceedings of the IEEE Conference on High Performance Switching and Routing, pp275-280, 2000. 6.
- [5] J. Luciani et al., NBMA Next Hop Resolution Protocol(NHRP), RFC2332, 1998. 4.
- [6] 정병락, 초고속정보통신망 핵심기술 개발 추진 현황 정보와 통신, 통권 497호, 2000. 6.
- [7] Nagami, et al. VCID Notification over ATM link for LDP, RFC3038, 2001. 1.
- [8] 김정운, 김태연, 남상식, ATM/IP 연동을 중심으로 한 ATM Forum 표준화 동향, 주간기술동향 939호, 2000. 3. 29.
- [9] Kyou Ho Lee, Hun Kang, Hyeong Ho Lee, An Architectural System Model for the MPOA-based

Switched Router, Proceedings of the 1999 International Technical Conference on Circuits, pp.820-823, 1999. 6.

[10] Rosen, et al. Multiprotocol Label Switching Architecture, RFC 3031, 2001. 1.

[11] 김동호,이승희,김은아,이종협, MPOA 망과 ATM 기반 MPLS 망의 연동 방안 연구, 한국통신학회논문지 제 26권 제4A호, pp.626-634, 2001. 4.

[12] Leonard Kleinrock, Queueing Systems, Wiley, pp149-160, 1976.

[13] M. Schwartz, Telecommunication Networks: Protocol, Modeling and Analysis, Addison-Wesley, pp.219-223, 1988.

[14] Behrouz A. Forouzan, Data Communications and Networking 2nd edition, McGraw-Hill, pp.214-215, 2000.



김 동 호

2000년 인제대학교 정보통신공학과 학사.
2000년 ~ 2002년 인제대학교 광대역정보통신학과 석사. 관심분야는 인터넷워킹, MPOA, MPLS



이 승 희

1987년 경북대학교 전자공학과 학사.
1990년 경북대학교 대학원 전자공학과 석사. 1995년 경북대학교 대학원 전자공학과 박사. 1987년 ~ 1996년 한국전자통신연구원 선임연구원. 1997년 ~ 현재 인제대학교 전자정보통신공학부 조교수.

관심분야는 초고속통신망, 통신시스템



전 형 구

1987년 인하대학교 전자공학과 학사.
1992년 연세대학교 전자공학과 석사.
2000년 연세대학교 전기 및 컴퓨터공학과 박사. 1987년 ~ 현재 동의대학교 정보통신공학과 전임강사. 관심분야는 CDMA 셀 설계, 이동 통신 시스템, 멀티미디어 트래픽 제어

멀티미디어 트래픽 제어