

SDH 기반 광 전달망에서 연결 설정을 위한 집중형 제어 체계에 관한 연구

준회원 강 동 우*, 김 달 원*, 정회원 조 규 섭*, 예 병 호**

Centralized Scheme for the Provisioning Control in the Synchronous Optical Transport Network

Dongwoo Kang*, Dalwon Kim* *Associate Member*,
Kyuseob Cho*, Byungho Yae** *Regular Member*

요 약

폭발적으로 증가하는 데이터 트래픽을 수용하기 위해 광 전송망이 핵심적인 해결책으로 부각되고 있으며, 대규모의 광 전달망에서 사용자가 원하는 대역폭의 단대단 연결을 실시간 수준으로 제공하기 위한 제어구조 관련 연구가 요구되고 있다. 이러한 문제 해결을 위해, IETF와 ITU-T에서는 차세대 통합 전달망의 연결 제공 시간을 단축시키기 위한 제어 평면에 대한 연구를 의욕적으로 진행하고 있으며, 그러한 연구들은 기본적으로 분산형 제어 체계에 기반하고 있다. 본 연구에서는 집중형 제어 체계가 분산형에 비해 가지고 있는 고유한 장점들을 광 전달망 상에 활용하기 위한 연구로서, 광 전달망의 연결 제어에 대한 집중형 제어 체계의 적용 가능성을 조사하고, 새로운 제어 구조의 형태와 제어 절차를 제안하였다. 또한 제안한 구조에 대한 IETF의 기존 라우팅 프로토콜과 시그널링 프로토콜의 활용 가능성을 검토하고 필요한 보완 부분에 대해 제시하였다.

Key Words : ASON, optical transport network, centralized control, routing protocol, signaling protocol

ABSTRACT

Recently, there has been a dramatic increase in data traffic, driven primarily by the explosive growth of the Internet. Optical networking is believed as a key solution to keep up with the growth, thus, the most pressing issue is how to manage and control large optical networks. Currently, provisioning end-to-end connections across the transport network has involved the network operator, leading to long provisioning times in an era when customers are demanding shorter provisioning time. To address this critical issue, new control intelligence is being studied for use within optical networks to shorten provisioning time. Both the IETF and the ITU-T have been aggressively defining many aspects of a control plane for the next generation convergence transport network. Basically, they are based on the distributed control scheme. In this paper, we survey the applicability of the centralized control scheme for the provisioning control of optical transport network to utilize its inherent advantages over the distributed control scheme. We discuss new central control architecture, and control procedure. Also, we examine the applicability of the existing IETF routing and signaling protocols to the new control concepts, and then, we propose the additional routing and signaling information elements.

* 성균관대학교 정보통신공학부 차세대네트워크 연구실 (kdw3901@hotmail.com, may29th@msn.com, kscho103@yurim.skku.ac.kr)

** 한국전자통신연구원 (bhyae@email2.etri.re.kr)

논문번호 : KICS2005-04-152, 접수일자 : 2005년 4월 12일

※본 연구는 한국전자통신연구원의 지원에 의해 진행된 것입니다.

I. 서론

라우터를 중심으로 설계된 현재의 인터넷 망은 기하급수적으로 늘어나고 있는 트래픽을 수용하기에 대역폭이 턱없이 부족하며, 이 한계를 극복하기 위해 방대한 대역폭을 가지고 있는 광 전달망을 *backbone network*으로 도입하는 개념이 구체화 되고 있다. 이러한 네트워크에서의 트래픽은 그 절대량 면에서 크게 증가할 뿐만 아니라 단시간 내의 트래픽 변화가 무척 크다는 특징을 갖는다. 따라서 차세대 통신망에서 사용자의 요구에 따라 거의 실시간 수준으로 단대단 (*end-to-end*) 간에 경로를 설정하고 요청하는 대역폭을 제공(*bandwidth-on-demand*) 할 수 있는 자동화된 *provisioning* 기능이 광 전달망에 요구되는 가장 중요한 기능으로 부각되고 있다. 즉, 트래픽 변화에 따라 네트워크의 자원을 유연하게 할당하고 경로를 공급할 수 있어야 하며, 장애 발생 시 같은 수준의 빠른 복구가 가능하여야 하는 것이다. 결국 앞으로의 광 전달망에는 시간과 공간에 따라 다양하게 변하는 트래픽 요구에 대해 망이 유연하게 반응할 수 있도록 동적인 망 재구성 능력을 하부 구조에 부여하여야 하며, 이를 위해 수동 적인 연결 관리 방식에서 탈피하여 별도의 자동화된 연결 제어 기능(라우팅, 시그널링 및 링크관리 기능 등)을 기반으로 하는 제어 평면의 도입이 연구되고 있다. ITU-T의 *ASON* (*Automatically Switched Optical Network*)^[1]과 IETF의 *GMPLS*(*Generalized Multiple Protocol Label Switching*)^{[2][3]}가 가장 유력한 예이다.

망 제어 체계는 크게 분산형(*distributed*) 제어 체계와 집중형(*centralized*) 제어 체계로 구분할 수 있다. 전통적으로 통신망의 제어에는 분산형 체계가 적용되고 있으며 *ASON*과 *GMPLS*도 현재로는 모두 분산형 제어 체계에 기반하고 있다. 이는 하나의 제어기(*controller*)가 영역 전체의 제어를 담당하는 집중형 제어 체계의 개념으로부터 유래되는 병목현상(*bottleneck*), 망 확장성(*scalability*), 망 안정성(*stability*) 등의 문제를 안고 있기 때문이었다. 그러나 이러한 단점들은 컴퓨터 기술의 발전과 통신망의 고속화, 망 설계 기법의 발전 등으로 충분히 극복 가능하게 되었으며, 이에 따라 집중형 제어 체계가 가지는 장점들에 주목할 필요가 있다.

본 연구에서는 망 자원 관리의 효율성과 다양한 경로 확보 등의 장점이 있는 집중형 제어 구조를 중심으로 차세대 광 전달망에서의 연결 관리에 적

용할 수 있는 제어 구조를 제안하여 그 효율성을 검토해 보고자 한다. 즉, ITU-T의 제어 구조 모델인 *ASON*을 기반으로 동적 경로 설정을 위한 라우팅 및 시그널링 절차를 최소화하여 그 트래픽 양과 경로 설정 시간의 축소를 목표로 하는 광 전달망 제어 모델을 제시하고자 한다.

II. 집중형 제어 체계

분산형 제어 체계에서는 영역 내의 각 노드들의 노드 제어기(*Node Controller, NC*) 간에 플러딩(*flooding*) 과정을 통해 라우팅 정보를 교환하면서 모든 *NC*들이 동일한 라우팅 정보를 가지고, 홉 바이 홉 라우팅 혹은 소스 라우팅 등의 과정을 통해 경로를 계산하게 된다.

이에 비해 집중형 제어 체계에서는 영역의 제어를 담당하는 영역 제어기(*Area Controller: AC*)를 영역 마다 두고, 영역 내의 각 노드는 자신의 노드/링크 정보를 해당 *AC*에게 보고하며, *AC*가 이들을 수집해 영역 내의 모든 노드/링크에 대한 상태 데이터베이스를 유지하고, 경로 설정 필요시 *AC*가 이를 계산하여 경로 상에 있는 각 노드에게 경로 설정을 명령하게 된다.

그림 1은 분산형 제어 체계와 집중형 제어 체계가 각각 적용된 경우의 영역내 제어 평면의 모습과 *NC, AC* 내부의 *ASON* 기능 요소들의 구성을 나타낸 모습이다.

집중형 제어 체계는 다음과 같은 단점을 가지고 있으며, 이로 인하여 오늘날 대부분의 통신망들이 분산형 제어 체계를 채택하고 있다^{[4][5][6]}.

*AC*의 고장은 영역 전체의 동작 불능을 초래한다.

경로 계산 부하 집중으로 인한 경로 설정 지연, 경로 계산 실패가 발생할 수 있다.

영역 확장에 따라 *AC*의 부하가 기하급수적으로 증가하므로 확장성(*scalability*) 문제가 존재한다. 그러나 집중형을 채택할 경우 기본적으로 다음과 같은 장점들도 얻을 수 있다^{[4][5][6][7][8]}.

노드의 기능이 간소화된다.

- 영역 내에 라우팅 정보 플러딩이 없으므로 라우팅 트래픽이 크게 감소하며, 망 초기화 시 망 수렴 시간이 짧다.
- *AC*가 영역 내의 모든 자원을 관리하고 그 사용을 직접 통제하기 때문에 경로 설정 과정에

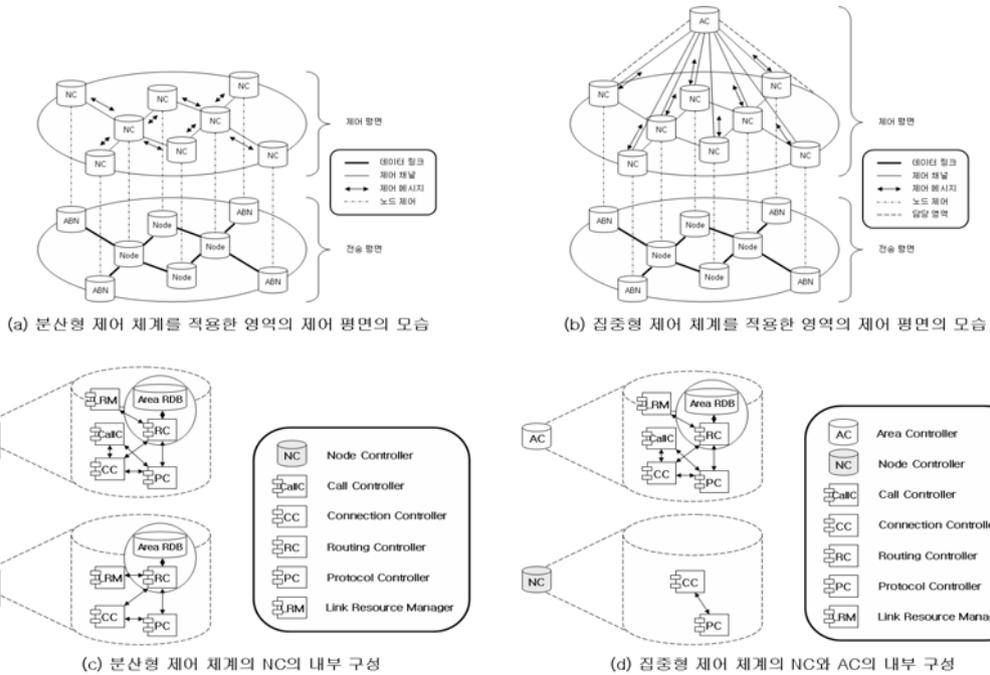


그림 1. 집중형/분산형 제어 체계가 적용된 제어 평면과 각 제어기의 모습

서의 블러킹을 방지할 수 있다.

- AC는 영역 내의 전체 LSP(Label Switched Path) 현황을 유지하므로 여러 개의 루트가 하나의 대체(backup) 루트를 공유할 수 있는 등 네트워크 자원 활용을 극대화할 수 있다.

더구나 앞에서 지적한 단점들은 컴퓨터 기술의 발전과 통신망의 고속화로 인해 필요한 연산 능력 확보와 병목 현상 제거가 가능해 졌고, 망 안정성 증대, 보호/복구 기법 발전, 백업 AC 사용, 영역 세분화 등을 통해 문제점들의 개선, 보완이 가능하다.

III. 집중형 제어 구조의 제안

앞에서 기술한 바와 같이 집중형 제어 체계는 영역 내 각종 정보 수집과 제어를 담당하는 집중 제어기인 AC를 두는 개념이다. 시야를 넓혀 여러 개의 영역이 모여 구성되는 하나의 자율계(autonomous system, AS) 관점에서 바라보면, 각 영역들이, 즉 각 AC들이 결합하는 구조에는 여러 가지 가능성이 존재한다. 본 연구에서는 여러 가지 결합 형태에 대해 고찰한 결과로 다음의 집중형 제어 구조들을 제안한다.

그림 2 (a)는 집중형 연합 제어 구조의 모습으로

서, AC들 간에는 분산형 방식으로 동작한다. 즉, 영역 축약 정보를 AC들 간에 플러딩 과정을 통해 공유하며, 영역 간 경로(경로가 지나는 ABN의 순서)는 사용자의 연결 요청을 받는 AC(입구 AC)가 계산한다. 집중형 연합 제어 구조는 AC 간에 교환하는 영역 축약 정보의 내용의 범위와 경로 입구 AC의 영역간 링크 할당 자원 결정 여부에 따라 다시 두 가지 모델로 나눌 수 있다.

-집중형 연합 제어 구조 (a)

각 AC는 담당 영역의 축약 정보를 발행하여 플러딩 과정을 통해 서로 공유한다. 축약 정보에는 단순히 도달성과 비용 정보만 포함된다.

- 사용자의 경로 설정 요청을 받는 입구 AC가 단순한 최소 비용 영역 단위 경로를 계산한다. 경로 상의 영역 간 링크와 각 영역 내 세부 설정은 각 담당 AC에게 일임한다.
- 시그널링은 입구 AC로부터 경로 상의 각 AC를 차례로 통과하는 순차적 시그널링을 사용한다.

-집중형 연합 제어 구조 (b)

- 각 AC는 담당 영역의 축약 정보를 발행하여 플러딩 과정을 통해 서로 공유한다. 축약 정보에는 도달성과 비용 정보 및 영역 내 잔여 자

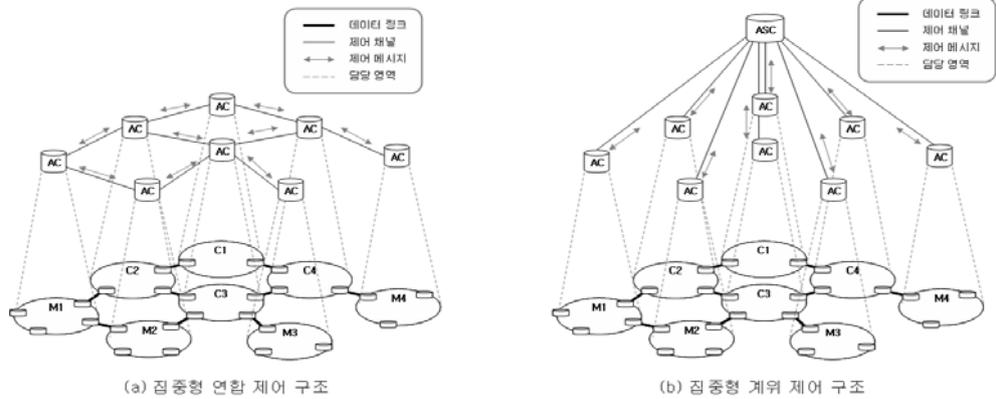


그림 2. 제안한 집중형 제어 구조의 모습

표 1. 제안한 집중형 제어 구조의 특징별 장단점

특징	집중형 연합 구조 (a)	집중형 연합 구조 (b)	집중형 계위 구조
망 안정성	AC의 장애는 담당 영역 외의 망에 영향을 주지 않음		ASC 장애시 망 전체 장애
라우팅 트래픽	AC들 간 플러딩으로 인해 계위 구조보다 많은 양 발생		플러딩이 없어 극히 감소
영역간 경로 계산 부하	메트로 영역 AC들에 분산됨		ASC에게 집중
영역간 경로 설정 과정	순차적 시그널링	병렬 시그널링 사용 ⇒ 경로 설정 시간 크게 감소	
블러킹 확률	상당 확률 존재	작음	이론적으로 없음

원 정보가 포함된다.

- 사용자가 접속하는 사용자 인접 영역의 AC가 입구 AC로서 경로 설정 요청을 받아 영역 단위 경로를 계산하고 각 영역 간 링크에 사용할 자원을 결정한다. 경로 상의 각 영역 내 세부 경로 계산 및 설정은 각 담당 AC에게 요구한다.
- 시그널링은 입구 AC가 경로 상의 각 담당 AC들에게 동시에 요구사항을 전달하는 병렬 시그널링을 사용한다.
- 각 AC는 자신이 설정한 LSP의 정보를 플러딩 과정을 통해 서로 공유한다.

그림 2 (b)는 집중형 계위 제어 구조의 모습으로, AC들이 발행하는 각 영역의 축약 정보를 취합하고 영역간 경로를 전담 계산하는 자율계 제어기 (Autonomous System Controller: ASC)를 AC들의 상위 계위에 두는 구조이다.

- 각 AC는 담당 영역의 축약 정보를 발행하여 ASC에게 보고한다. 축약 정보에는 도달성과 비용 정보 및 영역 내 잔여 자원 정보가 포함된다. 각 AC는 타 영역에 대한 정보는 수집하지 않는다.
- ASC는 자율계 전체의 영역 축약 정보를 수집,

유지한다. 영역 내 세부 정보는 수집하지 않는다.

- ASC가 경로 설정 요청을 받아 영역 단위 경로를 계산하고 각 영역 간 링크에 사용할 자원을 결정한다. 경로 상의 각 영역 내 세부 경로 계산 및 설정은 각 담당 AC에게 요구한다.
- 시그널링은 ASC가 경로 상의 각 담당 AC들에게 동시에 요구사항을 전달하는 병렬 시그널링을 사용한다.
- ASC는 설정한 경로에 대해 영역 단위 LSP 정보를 기록, 유지한다.

표 1은 제안한 각 제어 구조의 특징을 정리한 것이다.

IV. 집중형 제어 절차 제안

제어 평면은 자원 발견, 라우팅 제어, 연결 관리 등의 세 가지 기본 기능을 갖는다. 이 장에서는 제안한 집중형 제어 구조 하에서의 제어 절차를 제안한다.

4.1 자원 발견

망을 구성하는 각 제어기(AC, ASC)는 자신에게 속한 망 자원에 관한 정보를 발견하고 확인하며, 이 정보를 보고하거나 보고받거나 공유할 대상

을 발견하여야 한다. 자원 발견 절차는 이웃 발견, 링크 연결성 확인, 장애 관리 등의 과정을 포함한다.

이웃 발견은 제어 정보 교환이 필요한 이웃 제어기 간에 서로의 존재를 확인하고 제어 채널을 수립하는 과정이다. NC는 보유한 각 데이터 링크의 이웃 노드들 및 자신이 속한 영역을 담당하는 AC와, 집중형 계위 구조의 경우 각 AC와 ASC 간에, 집중형 연합 구조의 경우 이웃한 AC들 간에 역시 제어 채널을 수립해야 한다.

제어 채널은 물리적 제어 채널 링크를 통해 수립된다. 물리적 제어 채널 링크의 구성은 인 밴드, 인 파이버 아웃 오브 밴드, 아웃 오브 파이버, 별도 DCN (Data Communication Network) 등의 형태가 존재한다. 제어 채널 수립이 필요한 이웃 제어기들 간에 제어 채널 링크가 점대점으로 구성되어 서로를 자동적으로 발견할 수 있는 환경이라면 이웃 제어기에 대한 정보는 자동화된 이웃 발견 절차를 통해 스스로 발견할 수 있을 것이지만, 그렇지 못한 경우에는 제어 채널 수립이 필요한 이웃 제어기들에 대한 정보(각 제어기의 ID, 제어 채널 주소 등)가 망 운용자에 의해 수동으로 제공되어 있어야 한다.

또한 데이터 링크 양 단의 NC는 그 링크가 서로의 어느 포트에 연결되어 있는지를 확인하여야 하며 링크의 장애 발생 여부를 꾸준히 감시하고, 장애 발생 시 장애 위치 확인 절차를 수행하여 장애 발생에 대처하여야 한다.

이웃 NC 간 제어 채널 수립과 데이터 링크 연결성 확인, 장애 관리 등의 링크 관리를 위해 MPLS

의 일환으로 표준화가 진행 중인 LMP (Link Management Protocol)를 그대로 적용할 수 있을 것이다⁷⁾. DCN을 통한 제어 채널의 설정에는 망 운용자에 의한 수동적인 관련 정보 설정을 전제로 하는 만큼 본 연구에서는 더 이상 거론하지 않는다.

4.2 라우팅 제어

라우팅 제어 과정은 이웃 발견 절차를 통해 발견한 자원 정보를 제어 채널을 통해 교환하여 경로 설정 및 망 제어에 필요한 정보를 수집하는 과정이다.

집중형 제어 구조에서는 AC가 영역 내 각 노드의 교환/다중화 설정을 직접 결정하기 때문에, NC가 AC에게 전송하는 정보는 분산형에서와 달리 링크의 정확한 종류와 인터페이스의 교환/다중화 능력을 표현하여야 한다.

AC는 영역 내 NC들로부터 수집한 정보를 종합하여 타 AC 혹은 ASC에게 전달하기 위한 영역 축

약 정보를 작성한다. 이 정보는 영역에 존재하는 각 ABN(Area Border Node) 쌍 간에 가상 링크를 생성하여 영역 축약 속성을 부여하는 형태로 작성된다. 집중형 연합 구조 (a)에서는 영역 축약 정보에 링크 종류, 교환/다중화 능력, 링크 비용(cost, metric) 등이 포함되며, 집중형 연합 구조 (b)와 집중형 계위 구조의 경우는 추가적으로 잔여 자원 정보를 포함한다. 이러한 정보를 토대로 집중형 제어 구조에서는 영역 내 모든 링크들의 자원을 AC가 직접 할당/관리하므로, ABN 쌍 간에 새로운 경로를 생성할 경우 할당할 수 있는 잔여 자원 현황을 정확히 계산할 수 있으며, 이 정보를 교환함으로써 경로 계산 및 설정 시 블러킹 확률을 최소화할 수 있게 된다.

집중형 연합 구조 (b)의 경우는 라우팅 정보 교환 외에 새로운 경로를 설정할 때 마다 영역 간 경로를 결정한 AC가 설정한 경로 정보를 타 AC들에게 송출해야 한다. 집중형 계위 구조에서 이러한 정보는 단일 ASC 내에서 처리되므로 별도로 송출할 정보가 존재하지 않으며, 집중형 연합 구조 (a)은 이러한 정보를 생략함으로써 블러킹 확률은 증가하더라도 라우팅 트래픽의 감소와 시스템 구성의 단순성을 얻고자 하는 개념이다.

4.3 연결 관리

라우팅 제어의 과정을 거쳐 경로 설정에 필요한 정보를 교환/수집한 후, 망은 사용자의 경로 설정 요청을 처리할 수 있는 상태가 된다.

집중형 연합 제어 구조 (a)는 각 영역의 잔여 자원 정보와 영역 간 링크 정보를 공유하지 않으므로 각 영역에 사용할 자원은 담당 AC가 결정해야 하기 때문에 병렬 시그널링 대신 순차적 시그널링을 사용하여야 한다.

집중형 연합 제어 구조 (b)는 모든 AC가 모든 영역의 잔여 자원 정보를 포함한 축약 정보와 모든 영역 간 링크의 상세 자원 사용 현황 정보를 유지하므로 각 영역의 입/출구 인터페이스의 자원을 직접 결정하고 할당하기 때문에, 경로 상의 각 영역에 대한 경로 설정을 순서 없이 병렬로 요구할 수 있다.

집중형 계위 제어 구조에서는 ASC가 모든 영역의 잔여 자원 정보를 포함한 축약 정보와 모든 영역 간 링크의 상세 자원 사용 현황 정보를 유지하므로 각 영역의 입/출구 인터페이스의 자원을 직접 결정하고 할당하기 때문에, 경로 상의 각 영역에 대한

경로 설정을 순서 없이 병렬로 요구할 수 있다.

V. 집중형 라우팅 메커니즘의 제안

여기서는 집중형 제어 구조에서 전달되어야 할 정보 요소의 목록을 제시하고, 각 정보 요소 별로 전송에 필요한 라우팅 메시지를 기존의 OSPF 및 그 확장 메시지에서 선정하며, 기존의 메시지로서 표현이 불가능한 정보 요소에 대해서는 새로운 메시지를 정의, 제안하고, 정보 전송 절차의 적용 적합성을 확인한다.

필요한 정보 요소들을 명세하기 위해, 망 환경을 다음 같이 가정한다.

- 코어/메트로 (core/metro) 영역으로 이루어진 광 전송망 환경을 가정한다. 사용자는 메트로 영역의 노드를 통해 망에 접속한다.
- 코어 영역은 광파장 교환 망이며, 특정 메트로 망간의 경로를 제공한다. 코어 영역의 노드가 가지는 인터페이스들은 연결된 광섬유 링크 내에 광파장 채널 64개를 수용한다.
- 메트로 영역은 시분할 다중화 SDH (Synchronous Digital Hierarchy) 망이며, 메트로 영역의 노드가 가지는 인터페이스들은 광섬유 링크 내에 광파장 채널 64개를 수용하고, 각 광파장 채널 내에 STM-64 SDH 신호를 수용한다.
- 각 제어기는 제어 채널을 통해 IP 주소로서 접근 가능하다고 가정하며, 제어 채널의 구성 형태는 특정지우지 않는다.

5.1 집중형 제어 구조에서의 필수 정보 요소

집중형 제어 구조에서 교환되어야 할 필수 정보 요소들은 다음과 같이 정리할 수 있다.

-노드/AC 관련 정보 요소

- AC ID: 담당 영역을 식별할 수 있는, AS 범위에서 유일한 숫자. AC 제어 채널에 할당된 IP 주소 일 수 있으며 고유의 번호 체계를 새롭게 적용하는 것도 가능함.
- Node ID(source & destination) : 노드를 식별할 수 있는, AS 범위에서 유일한 숫자.
- Area ID: 노드의 소속 영역을 식별할 수 있는, AS 범위에서 유일한 숫자. 소속 영역을 담당하는 AC의 ID 값으로 대신할 수 있음.
- Control Channel Address : 제어 평면을 통해

제어기(NC 또는 AC)에 접근 가능한 IP 주소.

-링크 관련 정보 요소

- Interface ID (local & remote) : 링크가 연결된 인터페이스를 식별할 수 있는, 노드 범위에서 유일한 4 bytes의 숫자.
- Area ID: 링크가 속한 영역의 ID. 영역 내 링크의 경우는 소속 영역의 AC ID가 되며, 영역 간 링크의 경우는 0이 된다.
- Link Type and Capacity: 링크가 갖는 종류 특성(SDH 링크, 광파장 링크 등)과 그 특성에 대한 링크의 용량(몇 계위의 SDH 링크인지, 몇 개의 광파장 채널을 수용하는지 등)을 명시한다.
- Multiplexing Capability: SDH 인터페이스에만 해당되며, 새로운 경로를 설정할 때 해당 인터페이스가 어느 정도로 세분화된 대역폭을 경로에 할당할 수 있는가를 나타낸다.
- Concatenation Capability: SDH 인터페이스에만 해당되며, 해당 인터페이스의 시분할 신호 연결 능력을 나타낸다.
- Link Cost : 경로 계산에 사용되는, 링크에 부여되는 가중치.
- Reservable Link Resource: 집중형 연합 구조 (b)와 집중형 계위 제어 구조에서 영역내 가상축약 링크와 영역간 링크에 대해서 링크가 새로이 설정하는 경로에 할당할 수 있는 자원의 종류와 크기를 나타낸다. 광파장 교환 링크에 대해서는 어느 광파장이 사용 가능한지를 명시하여야 하며, 시분할 다중화 링크에 대해서는 할당할 수 있는 시분할 채널의 최대/최소 크기를 나타내어야 한다.
- Shared Risk Link Group: 동일한 물리적 위험성을 공유하는 링크들의 그룹을 나타낸다. 영역 내 가상축약 링크에는 사용하지 않는다.
- Link Protection Type: 링크에 적용된 절체 보호의 형태를 나타낸다.

이와 같은 정보 요소들을 분산형 라우팅 프로토콜인 OSPF^[8]와 그 확장 메시지들(OSPF-TE^[9], OSPF-GMPLS^[10], OSPxF-SDH^[11], OSPF를 이용한 NNI 라우팅^[12])을 이용해 표현할 수 있는지를 알아본다. 표 2는 각 정보 요소 별로 사용 가능한 OSPF 메시지들을 정리한 표이다. 이 표에서 나타낸 바와 같이 대부분의 정보 요소는 기존의 OSPF 및

표 2. 정보 요소들의 표현에 사용 가능한 기존 OSPF의 메시지/필드

정보 요소	사용 가능한 기존 메시지/필드			
	이름	소속/위치	종류	길이
AC ID, Node ID	Advertising Node ID	LSA header	(field)	
Control Channel Address	Router Address	OSPF-TE	Router TLV	4+4 bytes
Area ID	Area ID	NNI routing	Link TLV (Sub:23)	4+4 bytes
Remote Node ID	Link ID	OSPF-TE	Link TLV (Sub:2)	4+4 bytes
Interface ID, Remote Interface ID	Link Local/Remote Identifiers	OSPF-GMPLS	Link TLV (Sub:11)	4+8 bytes
Link Cost	TE Metric	OSPF-TE	Link TLV (Sub:5)	4+4 bytes
Shared Risk Link Group	SRLG	OSPF-GMPLS	Link TLV (Sub:16)	4+4n bytes
Link Protection Type	Link Protection Type	OSPF-GMPLS	Link TLV (Sub:14)	4+4 bytes
Link Type and Capacity	< 새로운 메시지 필요 >			
Multiplexing Capability	Multiplexing Capability	OSPF-SDH	Link TLV	4+4 bytes
Concatenation Capability	Concatenation Capability	OSPF-SDH	Link TLV	4+(variable)
Reservable Link Resource	< 새로운 메시지 필요 >			

확장 메시지들로 표현이 가능하다. 그러나 Link Type and Capacity 와 Reservable Link Resource 관련 정보는 기존 OSPF 메시지로는 표현할수 없다. 따라서 이 두 정보 요소를 표현하기 위한 새로운 메시지들의 정의가 필요하다.

5.2 새로운 OSPF opaque 메시지의 제안

앞에서 살펴본 새로운 메시지가 필요한 정보 요소들을 표현하기 위한 메시지를 OSPF의 opaque LSA 메시지^[13] 형태로 제안한다. 각 메시지는 링크의 속성을 나타내는 메시지로서 OSPF-TE 확장의 Link TLV의 Sub-TLV로서 위치하게 된다. 각 메시지의 Sub-TLV 번호는 메시지가 표준으로 채택되는 시점에서 결정되므로, 미정 상태로 둔다.

5.2.1 Link Type and Capacity Message

이 메시지는 링크의 종류와 용량 정보를 표현하는 것으로, 인터페이스가 어떤 신호를 지원하는지, 즉 인터페이스를 통해 어떤 신호를 보낼 수 있는지와, 그 링크의 용량, 즉 몇 개의 광파장 채널을 수용하는지 혹은 몇 계위의 SDH 링크인지를 나타낸다. 다수의 신호를 지원하는 인터페이스의 경우 이 메시지는 그 인터페이스가 지원하는 신호 각각에 대해 표현되어야 한다. 가정된 망 환경의 메트로 영역의 링크의 경우는 광섬유가 수용하는 광파장 채널의 용량과 광파장 채널이 수용하는 SDH 신호의 종류를 각각의 메시지를 사용하여 표현하여야 한다. 그림 3 (a)는 링크의 종류와 용량 메시지의 형태이다.

- Switching Type field (ST) (1 byte) : 인터페

이스가 가지는 교환/다중화 능력을 나타낸다. 필드의 값은 IETF가 신호 정보요소로 표준화한 [GMPLS-SIG] 표준^[14]의 Switching Type 값을 표 3과 같이 활용할 것을 제안한다.

표 3. Switching Type field가 가지는 값

값	인터페이스 교환/다중화 능력
100	Time-Division-Multiplex Capable (TDM)
150	Lambda-Switch Capable (LSC)
200	Fiber-Switch Capable (FSC)

- Encoding Type field (ET) (1 byte) : 인터페이스의 정확한 종류를 나타낸다. 필드의 값은 IETF의 [GMPLS-SIG] 표준의 LSP Encoding Type 값을 활용하며 표 4와 같다.
- Link Capacity field (LC) (2 bytes) : 링크의 용량을 나타낸다. 광섬유 내의 광파장 채널 수용 양을 표현하는 경우(ST=150, ET=8) 이 필드는 링크가 수용하는 광파장 채널의 수를 값으로 가지며, 광파장 채널 내의 SDH 신호의 종류를 표현하는 경우(ST=100, ET=5) [GMPLS-SDH] 표준^[15]의 Signal Type(ST) 필드의 값을 따라 표 5와 같이 설정할 것을 제안한다.

표 4. Encoding Type field가 가지는 값

값	인터페이스 종류
5	SONET/SDH
8	Lambda (photonic)
9	Fiber

표 5. Link Capacity field가 가지는 값 (광파장 채널 내의 SDH 신호의 종류를 표현하는 경우)

값	링크 용량
7	OC-1/STM-0
8	OC-3/STM-1
9	OC-12/STM-4
10	OC-48/STM-16
11	OC-192/STM-64
12	OC-768/STM-256

5.2.2 Reservable Link Resource Message

이 메시지는 영역 내 정보를 축약하여 전달하기 위해 생성한 영역 내 가상 축약 링크에 대해 그 링크 상에 남아있는 잔여 자원 정보를 표현하는 메시지이다. 메시지의 형태는 메시지가 표현하는 가상 축약 링크의 소속 영역의 종류에 따라 달라진다. 그림 3 (b)와 (c)는 각각 코어 영역과 메트로 영역의 가상 축약 링크의 잔여 자원을 표현하는 메시지의 형태이다.

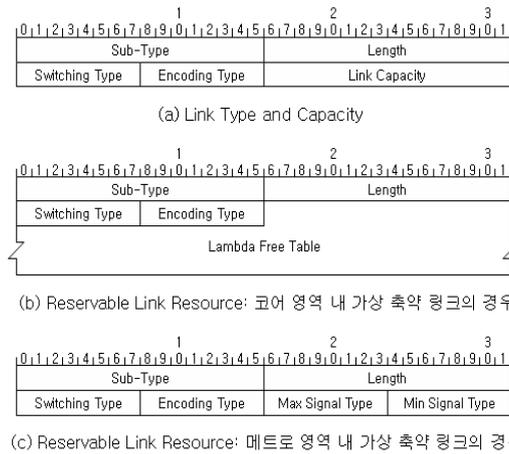


그림 3. 제안한 새로운 메시지

- **Switching Type field (ST)** (1 byte) : 앞서 제안한 Link Type and Capacity 메시지의 필드와 같은 값을 가진다.
- **Encoding Type field (ET)** (1 byte) : 앞서 제안한 Link Type and Capacity 메시지의 필드와 같은 값을 가진다.
- **Lambda Free Table field (ΛFT)** (n bytes) : 이 필드는 코어 영역 내 가상 축약 링크의 잔여 광파장 채널 자원을 표현하는데 사용되며, 링크가 수용하는 광파장 채널의 수보다 크거나 같은 최소의 n(n은 정수) byte를 길이로 가진다.

다. 각 광파장 채널은 순서대로 필드의 최초 bit 부터 1:1로 대응되며, 각 bit는 해당 채널 자원의 가용 여부를 나타낸다. bit의 값이 1인 경우 가용 채널임을, 0인 경우 사용할 수 없는 채널임을 의미한다. 채널과 대응되지 않는 나머지 padding bit 들은 0으로 채워진다.

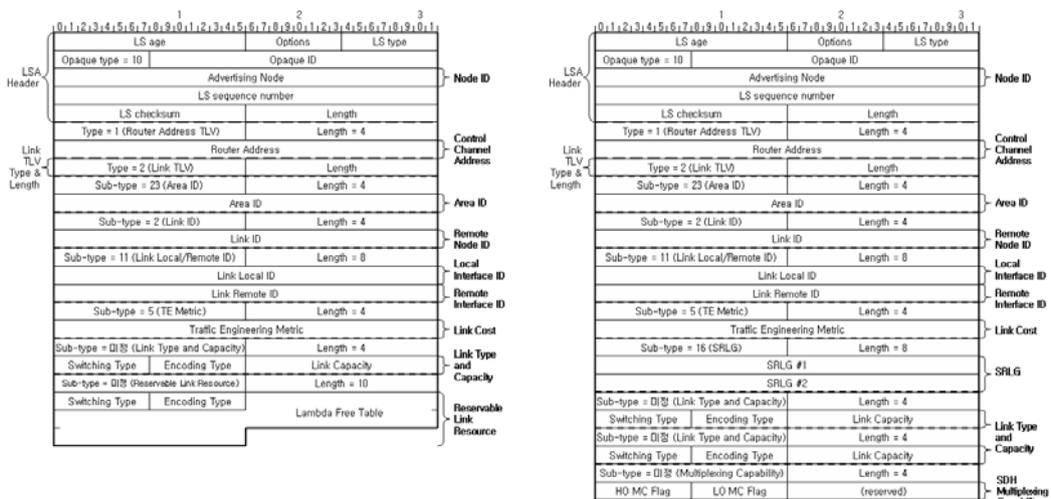
- **Max Signal Type field (MaxST)** (1 byte) : 이 필드는 메트로 영역 내 가상 축약 링크의 잔여 SDH 채널 자원을 표현하는데 사용되며, 새로운 경로에 할당할 수 있는 최대 채널 종류, 즉 시그널 종류를 나타낸다. 필드의 값은 [GMPLS-SDH] 표준의 Switching Type 값을 표 6과 같이 활용할 것을 제안한다.
- **Min Signal Type field (MinST)** (1 byte) : 이 필드는 메트로 영역 내 가상 축약 링크의 잔여 SDH 채널 자원을 표현하는데 사용되며, 링크에 할당할 수 있는 최소 채널 종류를 나타낸다. 이 필드가 가지는 값과 그 의미는 MaxST와 동일하다.

5.3 제어 구조 별 전송 정보 요소와 라우팅 메시지

앞에서 제안한 메시지들은 OSPF의 opaque LSA의 TLV 형태를 가지며, 하나의 링크(혹은 가상 축약 링크)의 특성을 나타내기 위해 필요한 다른 메시지들과 함께 하나의 OSPF LSA 메시지를 구성하게 된다. 그림 4 (a)와 (b)는 광파장 교환 코어 영역의 가상 축약 링크에 대한 LSA 메시지와 SDH 링크에 대한 LSA 메시지의 예이다. SDH 링크에 대한 LSA 메시지 그림에서 Link Protection Type과 Concatenation Capability는 간편화를 위해 제외하였다.

5.4 정보 전송 절차

집중형 연합 제어 구조에서 AC들 간의 정보 교환은 분산형 제어 구조 하의 노드들 간의 정보 교환 방식과 같은 플러딩 방식의 양방향 정보 교환이지만, 영역내 NC에서 AC로의 정보 전송과 집중형 제어 구조에서의 AC에서 ASC로의 정보 전송은 단방향 전송이며 1회 전송에 그치므로 플러딩 과정이 필요 없다. OSPF 프로토콜의 정보 전송 절차에는 DBD (Data Base Description) 메시지와 LSR (Link State Request) 메시지를 교환하는 ExStart 상태와 Exchange 상태가 포함되어 있는데, 이는 단방향 정보 전송에는 필요치 않은 과정이며, OSPF 프로토콜을 집중형 제어 구조에 적용시키는 과정에서 단방향 정보 전송이 이루어지는 곳에서는 필요치 않은



(a) 집중형 연합 제어 구조 (b) 집중형 계위 제어 구조에서의 코어 영역 내 가상 축약 광파장 링크를 표현한 LSA 메시지

(b) SDH 링크를 표현한 LSA 메시지

그림 4. 집중형 제어 구조에서 링크를 표현하는 LSA의 실제 모습의 예

부분이므로 생략될 수 있다.

VI. 집중형 시그널링 메커니즘의 제안

Datagram 기반의 데이터 망에서는 본래 시그널링 개념이 존재하지 않으나 근래 들어 QoS를 보장하기 위해 이 개념이 도입되었다. 즉, 시그널링이란 일종의 자원 예약 메커니즘으로 급증하는 멀티미디어 서비스를 위해 충분한 대역폭을 지원하기 위한 경로 설정용으로 필요하게 되었다. 이의 연장선상에서 전달망 내의 경로 설정을 위한 시그널링이 요청된다.

ITU-T의 ASON은 시그널링 절차를 호(call)와 연결(connection)을 분리하여 취급하며, 이는 중간 노드들이 시그널링 메시지 내 호 관련 제어정보(호 요구에 대한 인증과 무결성, 그리고 정책 결정에 필요한 제한 등)를 반복적으로 디코딩하고 해석해야 하는 부담을 감소시키는 이점이 있다. 이런 호 제어는 다양한 방법으로 실현될 수 있는데^[1], 본 연구에서는 호 제어와 연결 제어를 위한 개별적인 시그널링 프로토콜을 사용함에 초점을 맞추었다.

이 경우 사용자의 연결 설정 요구에 대해서 호 설정 절차를 먼저 수행하게 되며, 이는 UNI (User Network Interface)와 E(External)-NN I(Network Network Interface) 구간의 CallC들 사이에서만 수행된다. 호 설정 절차가 성공적으로 수행되면, 이어서 전달망 내부, 즉 I(Internal)-NNI와 E-NNI 구간의 CC들 간에서 연결 설정 절차가 수행되고, 연결

설정 절차가 성공적으로 수행되면, 최종적으로 사용자에게 호 설정 완료를 알리게 된다^[1].

6.1 호/연결 설정 절차

호 설정 절차는 전달망 내 NCallC의 배치와 관련되며, 관리 영역의 분할에 따라 NCallC의 배치가 다양해질 수 있기 때문에, 본 연구에서는 두 가지의 호 설정 절차를 가정한다. 제안한 집중형 연합 구조에서는 각 area를 개별적인 operator가 관리하는 영역으로 가정하고 AC마다 NCallC를 포함하는 구조로 설계하였고, 집중형 계위 구조는 area들이 모두 하나의 operator에 의해서 관리되는 영역으로 가정하고 ASC에만 NCallC를 포함시킨 구조로 설계하였다.

연결 설정 절차는 전달망 내 CC의 배치와 관련되며, 각 노드를 제어하는 NC와 본 연구에서 제안한 각 area를 제어하는 AC, 그리고 AS를 제어하는 ASC에 포함된 CC 간에서, 즉 I-NNI와 E-NNI에서 수행된다.

연결 설정 절차 시, 가장 중요하게 고려되어야 할 것은 스위칭 능력(switching capacity)이 다른 이종의 area를 통과하는 LSP 설정 시, 한번의 시그널링 round-trip으로 LSP를 설정할 수 있는지에 관한 것이다. 현재 제안된 GMPLS RSVP-TE는 이종의 label을 동시에 전달할 수 없는 형식을 가지고 있어서, 높은 스위칭 능력을 지원하는 상위 LSP 설정 (FA-LSP : Forwarding Adjacency-LSP)을 선행하고 이후에 낮은 스위칭 능력을 지원하는 하위 LSP의 설정을 수행하는 방식을 취하고 있다^[14]. 이는 시그

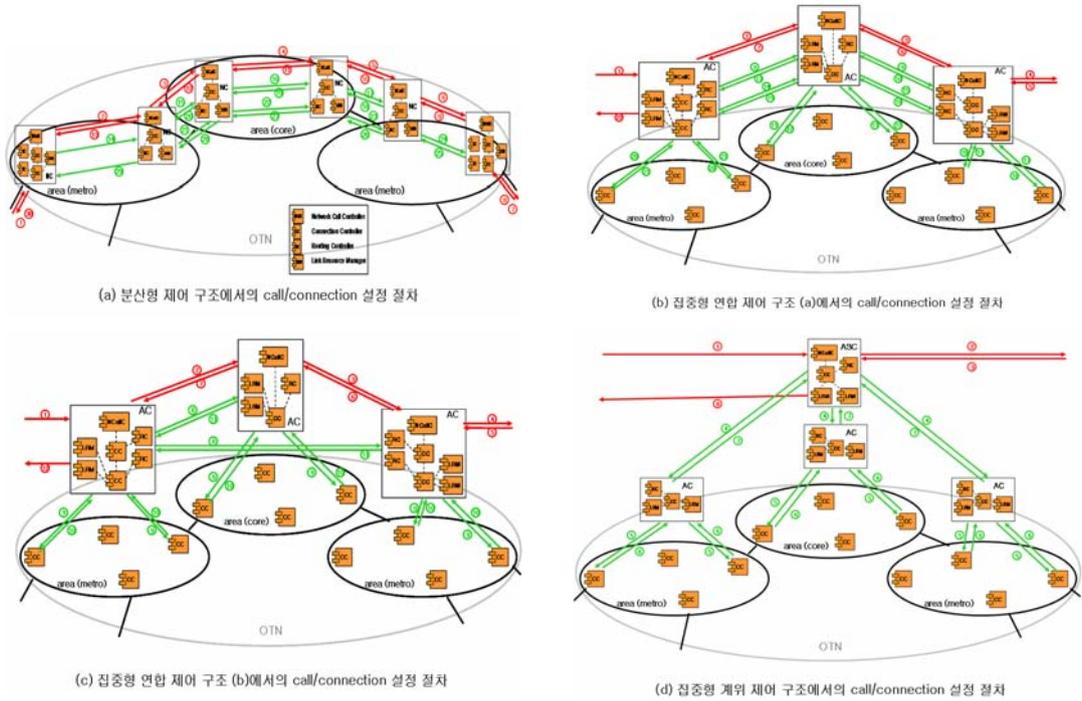


그림 5. 각 제어 구조의 호/연결 설정 절차

널링 과정을 복잡하게 만들고, 결과적으로 연결 설정의 지연을 유발시킨다. 본 연구에서 제안한 집중형-연합 구조 (b)와 집중형-계위 제어 구조는 향상된 라우팅 능력으로 이종의 area 간에 자원할당에 관한 개략적인 정보까지 교환하기 때문에 d;를 최대한 활용하기 위해서는 이종의 label을 동시에 전송할 수 있는 시그널링 프로토콜이 요구된다. 또한, 본 연구는 연결 설정 시간의 향상을 고려하여 hop-by-hop 방식이 아닌 병렬 방식의 시그널링을 고려한다. 그림 5는 이와 같은 고려 하에 제안한 집중형 제어 구조의 호/연결 설정 절차로서 호/연결 해제 및 변경 절차에 대해서는 다루지 않았다.

그림 5 (a)는 분산형 제어 구조에서의 호/연결 설정 절차로서, 연결 설정 시 순차적 시그널링 방식인 GMPLS RSVP-TE를 사용함을 의미한다. (1)~(13)과 (30)은 호 설정 절차를, 그리고 (14)~(29)는 연결 설정 절차를 나타내는데, 특히 (15)~(20)은 FA-LSP 즉, 스위칭 능력이 큰 상위 LSP를 우선적으로 설정함을 의미한다.

그림 5 (b)는 제안한 집중형 연합 구조 (a)에서의 절차로서, 연결 설정 시 집중형 제어 구조인 AC-NC 간에는 제안한 병렬 시그널링 방식을 사용하고 분산형 제어 구조인 AC-AC 간에는 순차적 GMPLS

RSVP-TE를 사용함을 의미한다. (1)~(7)과 (22)는 호 설정 절차를 그리고 (8)~(21)은 연결 설정 절차를 나타내며, 특히 (8)~(13)은 FA-LSP 즉, 스위칭 능력이 큰 상위 LSP를 우선적으로 설정함을 의미한다.

그림 5 (c)는 제안한 집중형 연합 구조 (b)에서의 절차로서, 연결 설정 시 AC-NC 간, 그리고 AC-AC 간에 모두 제안한 병렬 시그널링 방식을 사용함을 의미한다. (1)~(7)과 (12)는 호 설정 절차를, 그리고 (8)~(11)은 연결 설정 절차를 나타내며, 이는 이종의 label을 동시에 처리할 수 있는 시그널링 프로토콜을 사용함을 가정한다.

그림 5 (d)는 제안한 집중형 계위 구조에서의 절차로서, 연결 설정 시 AC-NC 간, 그리고 ASC-AC 간에 모두 제안한 병렬 시그널링 방식을 사용함을 의미한다. (1)~(3)과 (8)은 호 설정 절차를, 그리고 (4)~(7)은 연결 설정 절차를 나타내는데, 이는 이종의 label을 동시에 처리할 수 있는 시그널링 프로토콜을 사용함을 가정한다.

6.2 ASON의 시그널링 속성과 GMPLS RSVP-TE 메시지 형식 비교

ITU-T의 G.7713에서는 ASON의 호/연결 설정 절차와 사용될 메시지에 포함될 속성에 대해서 기

술하였고, G.7713.2에서는 GMPLS RSVP-TE를 사용한 호/연결 설정 절차와 G.7713에서 제시한 시그널링 메시지에 포함된 속성과 GMPLS RSVP-TE의 메시지에 포함된 객체 간의 매핑에 관한 내용을 다루었으며, GMPLS RSVP-TE에는 ASON을 지원하기 위해서 <CALL_ID> 등의 객체가 추가되었다^{[14][16][17][18]}. G.7713과 GMPLS RSVP-TE의 메시지의 형식은 용어의 차이와 호 설정의 분리에 따른 몇 가지의 속성의 유무가 있을 뿐, 별다른 차이가 없다고 판단된다.

6.3 시그널링 메시지 형식 제안

본 연구에서는 제안한 집중형 제어 구조의 호/연결 설정 절차에서 사용할 메시지의 형식을 설계함에 있어 새로운 형식이 아니라 GMPLS RSVP-TE의 각 메시지들을 수정하여 사용하는데 초점을 두었다.

제안한 집중형 제어 구조에서는 경로계산의 주체인 AC 또는 ASC만이 호 설정 절차에 포함되기 때문에 호 설정 절차에서 경로계산에 필요한 정보를 저장한다면, 분산형 제어 구조와는 달리, 연결 설정 절차에서 반복적으로 전송되어야 하는 경로계산에 필요한 상당수의 정보들이 삭제될 수 있다.

호 설정 절차에 사용될 메시지는 Call Setup Request와 CallSetupIndication로 명명하였다. Call Setup Request 메시지는 GMPLS RSVP-TE의 Path 메시지에서 <LABEL-REQUEST>, <LABEL_SET> 등의 자원 예약과 관련된 객체들을 삭제한 형식으로 가능하며, 단순한 응답인 CallSetup Indication 메시지는 요구된 호를 식별할 수 있는 정도의 객체들만 포함하는 정도로 가능하다.

연결 설정 절차에 사용될 메시지는 Connection Setup과 ConnectionComplete로 명명하고 병렬 시그널링 방식에 사용될 세 가지 메시지 형식을 제안하였다. 특히, 이중의 label 할당을 지원할 수 없는 GMPLS RSVP-TE의 Path 메시지 형식에서 label 관련 객체들을 삭제하고, 대신에 GSMP(General Switch Management Protocol)^[19]를 참조하여 이중의 label을 동시에 지원하기 위한 <INPUT_PORT>, <OUTPUT_PORT>, <INPUT_LABEL>, [<STACK_INPUT_LABEL>], <OUTPUT_LABEL>, [<STACK_OUTPUT_LABEL>]과 같은 객체들을 도입한 형식을 제안한다.

Area 내에서 AC-NC 간의 연결 설정 절차에 사용되는 ConnectionSetup 메시지의 형식은 단순한 자원 할당 지시이기 때문에 호와 연결을 식별하기 위한 객

체와 제안한 label 할당 관련 객체들만 포함한다.

집중형-연합 제어 구조(b)에서 AC-AC 간의 연결 설정 절차에 사용되는 ConnectionSetup 메시지의 형식은 AC-NC 간에 사용될 ConnectionSetup 메시지 형식에 ingress AC에 의해 계산된 경로를 나타내는 <EXPLICIT_ROUTE>를 추가한다.

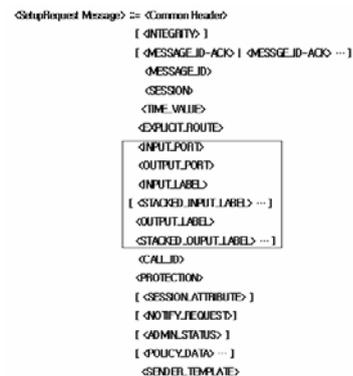
집중형-계위 제어 구조에서 ASC-AC 간의 연결 설정 절차에 사용되는 ConnectionSetup 메시지의 형식은 AC-AC 간에 사용되는 ConnectionSetup 메시지의 형식에 각 AC가 자신의 담당 area 내 경로 계산을 수행하기 위해 필요한 정보들 (정책 결정과 관련된 객체들 : <DIVERSITY>, <SERVICE_LEVEL>, <POLICY_DATA>)을 추가한다. 추가된 객체들은 그림 6과 같다.



(a) parallel 방식의 제안한 ConnectionSetup 메시지의 형식 (AC-노드)



(b) parallel 방식의 제안한 ConnectionComplete 메시지의 형식 (AC-AC)



(c) parallel 방식의 제안한 ConnectionComplete 메시지의 형식 (ASC-AC)

그림 6. 제안한 시그널링 메시지 형식

한편, ConnectionSetup 메시지에 대한 응답인 ConnectionComplete 메시지는 모든 제어 구조에서 동일하며, 그 형식은 호와 연결을 식별하기 위한 객체와 연결 설정의 상태(status)를 보고하기 위한 객체를 포함한다.

VII. 성능 평가

이상에서 제안한 집중형 제어 구조들과 그 라우팅/시그널링 메커니즘에 대한 성능 평가를 위하여 망 초기화 시와 링크 장애 발생 시 발생하는 라우팅 정보 트래픽 양, 연결 설정 시간 및 블러킹 확률 등을 계산하여 비교한다.

7.1 라우팅 정보 트래픽 양

망 초기화 과정(망 전체가 다운되어 있다가 구동을 시작하여 경로 설정에 필요한 정보를 모두 수집하기까지의 과정)의 경우와, 초기화 이후 하나의 링크에 장애가 발생하는 경우에 대해 각 제어 구조별로 발생하는 라우팅 트래픽을 계산을 통해 추정하여 분산형 제어 구조의 경우와 비교하였다. 광과장 교환 코어 영역과 SDH 시분할 채널 다중화 메트로 영역으로 이루어진 망 환경을 대상으로 링크(또는 영역내 가상 축약 링크)를 표현하기 위해 전송해야 하는 정보 요소들을 명세(list-up)하고 그러한 정보 요소들의 전송에 필요한 LSA 메시지 크기를 링크/가상 축약 링크 별로 계산하였다. 망 전체에서 발생하는 LSA의 양을 계산하기 위해 각 노드는 평균 3개의 링크를 가지고, 영역의 ABN의 수는 영역내 노드의 수의 1/2이며, AS 내 메트로 영역의 수는 6개이고 코어 영역의 수는 2개이며 집중형 연합 제어 구조에서 AC들 간의 제어 채널의 수는 총 영역

의 수의 2배라고 가정 하였다.

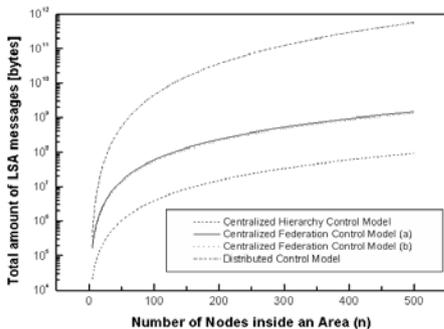
이와 같은 가정 하에서 각 제어 구조별 발생하는 LSA의 양을 영역내 노드의 평균 수에 대해 정리하여, 노드의 수를 5개에서 500개까지 변화시키면서 발생하는 LSA 메시지의 양을 그림 7에 나타내었다.

그림 7 (a)는 각 제어 구조의 망 초기화시 발생하는 라우팅 정보 LSA의 양이다. 그림 7 (b)는 각 제어 구조에서 코어 영역의 광과장 교환 링크에 장애가 생기는 경우와 메트로 영역의 SDH 교환 링크에 장애가 생기는 경우에 발생하는 LSA의 양으로서 A,B는 집중형 계위 제어 구조, C,D는 집중형 연합 제어 구조 (b), E,F는 집중형 연합 제어 구조 (a), G,H는 분산형 제어 구조의 경우이다.

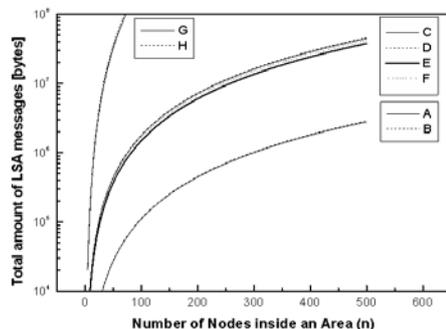
이와 같이 동일한 조건에서 발생하는 LSA 메시지의 양이 분산형의 경우에 비해 크게 감소함을 확인하였으며, AC들 간 플러딩이 발생하는 집중형 연합 제어 구조들의 경우보다 AC에서 ASC로의 단방향 정보 전송이 이루어지는 집중형 계위 제어 구조의 경우가 훨씬 적음을 알 수 있다.

7.2 연결 설정 시간

앞에서 언급했듯이, 호 설정 절차는 다양해질 수 있기 때문에 생략하고 제안한 제어 구조들의 연결 설정 시간만을 추정하여 비교하였으며 out-of-band 방식의 제어 채널의 토폴로지가 데이터 채널의 토폴로지와 같다고 가정하였다. 한편, 연결 설정 시간을 추정하기 위한 계산식에는 다양한 parameter가 포함되는데, 타 연구에서 참고한 parameter와 본 연구에서 파생되는 parameter로 나눌 수 있다. 타 연구에서 참고한 parameter로는 노드의 switching time(0.5ms), processing 시간(0.01ms), transmission 시간(0.02ms), 한 area 내 경로 상에 포함된 hop 수



(a) 망 초기화시 발생하는 LSA 메시지의 양 비교



(b) 링크 장애 발생시 발생하는 LSA 메시지의 양 비교

그림 7. 각 제어 구조에서 발생하는 LSA 메시지의 양 비교

가 있다^[20, 21]. 또한, 본 연구에서 파생된 parameter로는 OXC 노드 간의 링크거리를 평균 100km로 가정했을 때의 propagation 시간(0.35ms)과 SDH 노드 간의 링크거리를 평균 20km로 가정했을 때의 propagation 시간(0.07ms)이 있고, '하나의 경로가 통과하는 area 수(n)', '하나의 경로가 통과하는 임의의 area 내 경로에 포함된 평균 hop 수', '하나의 경로가 통과하는 임의의 area를 담당하는 AC와 동일 area 내 임의의 NC 간에 시그널링 메시지를 교환할 때 통과할 수 있는 최대 hop 수', 'AC-AC 간의 평균 hop 수' 등이 있다.

본 연구는 다중 area로 구성된 전달망을 고려하기 때문에 '하나의 경로가 통과하는 area 수(n)'을 변수로 연결 설정 시간을 계산하였다. 또한, 연결 설정 시간은 메트로 영역 내 하위 LSP의 연결 설정 시간과 코어 영역 내 상위 LSP의 연결 설정 시간으로 나누어 계산하였고, 코어 내 연결 설정 시간은 다시 area의 내부 혹은 AC-NC 간의 I-NNI에 대한 연결 설정 시간과 area 간 혹은 AC-AC 간, ASC-AC 간의 E-NNI에 대한 연결 설정 시간으로 나누어 계산하여 전체적인 총합을 구하는 방식으로 추정하였다.

그림 8 (a)는 분산형 제어 구조와 제안한 집중형-연합 제어 구조 (a)(b)의 연결 설정 시간을 측정, 비교한 결과를 나타낸다. 단, 집중형-계위 제어 구조의 연결 설정 시간은 광 전달망 내 ASC의 배치에 따라 다양한 결과가 산출될 수 있기 때문에 생략하였다.

7.3 블러킹 확률

집중형 제어 구조는 이미 몇몇 연구에서 고려하고 있는 것처럼, 담당하는 area 혹은 전달망 전체에 대한 토폴로지 및 자원 할당에 관한 모든 정보를

보유하고 있기 때문에 블러킹 확률이 매우 낮다고 할 수 있다. 즉 집중형 계위와 연합 구조(b)의 경우, 이론적으로는, 할당할 자원이 있는 이상 경로를 설정할 수 있기 때문이다. 할당할 자원이 없어서 경로를 설정 못할 경우를 블러킹에서 제외한다면 이들 경우에 블러킹 확률은 결국 0이 된다. 그 외의 경우에 전달망 내에서 블러킹 확률을 추정하기 위해서는 제어 구조만이 아니라 경로 계산 알고리즘, 라우팅 트래픽 정보의 정도, 요구되는 load 등의 여러 가지 parameter들을 고려하여야 하나, 제어 구조의 검토라는 본 연구의 취지에 따라 요구되는 경로의 hop 수(H) 만을 변수로 고려한다면 다음과 같은 식을 인용할 수 있을 것이다.

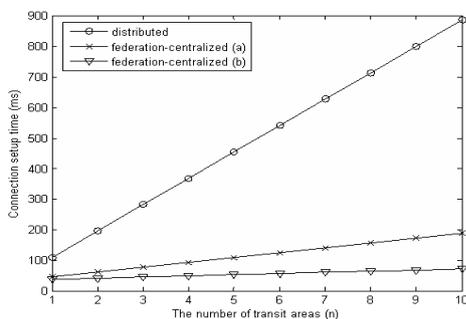
$$P_{blocking} = [1 - (1 - u)^H]^F \tag{1}$$

위의 식에서 u는 임의의 한 링크 내에서 임의의 한 파장이 사용되고 있을 확률을 의미하고, F는 링크 내의 파장 수를 말한다^[22].

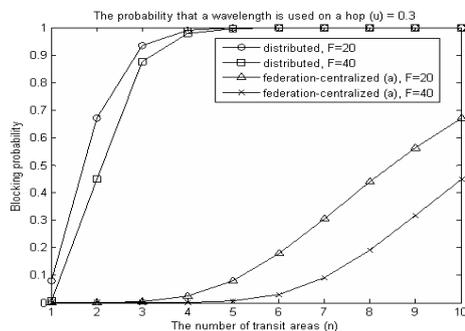
그림 8(b)는 분산형 제어 구조와 집중형-연합 제어 구조 (a)의 블러킹 확률을 상기 식에 따라 각각 추정한 후 비교한 것이다.

VIII. 결론

급증하는 인터넷 사용자들의 다양한 요구를 수용하기 위해 각종 멀티미디어 서비스들이 공급되고 있고, 최근에는 사용자 간의 peer-to-peer 통신이 빈번히 행해져 전체 트래픽 양의 상당한 수준을 차지하는 등 네트워크 내로 유입되는 트래픽이 실로 엄청나게 증가하고 있다. 또한, 앞으로 모든 이종망들이 IP 기반으로 통합된다면 현재의 망 구조로는 그



(a) 각 제어 구조 별 연결 설정 시간 비교



(b) 각 제어 구조 별 블러킹 확률 비교

그림 8. 연결 설정 시간과 블러킹 확률 비교

막대한 양의 트래픽을 수용하기에 부적합할 것이며, 응용 서비스 별로 각각 요구하는 서비스 품질을 제공해 주기란 더욱 어려울 것이다.

이러한 문제점의 해결을 위해 우선 기존 패킷망과 광 전달망의 통합이 추진되어야 하며 이들의 결합을 효율적으로 지원하기 위한 강력한 제어 평면의 구축이 요구되는 만큼 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그 흐름은 ITU-T와 IETF 두 단체에서 주도하고 있는데, 각각 ASON (Automatically Switched Optical Network)과 GMPLS(Generalized MPLS)라는 명칭 하에 제어 평면에 대한 연구와 표준화를 진행하고 있다.

본 연구는 ASON을 기반으로 하는 차세대 통합 전달망의 제어 평면 구조로서 집중형 연합 제어 구조 (a)와 (b), 그리고 집중형 계위 제어 구조를 제안하였고, 제어별로 라우팅 정보 트래픽 양, 연결 설정 시간 및 블러킹 확률 등을 추정하여 비교하였다. 그 결과 집중형 제어 구조는 분산형에 비해 라우팅 트래픽이 크게 감소하고, 시그널링 절차에 의해 연결 설정 시간이 감소하며, 경로 설정 시 블러킹 확률을 크게 낮출 수 있는 등 여러 측면에서 장점을 가지고 있음을 확인하였다.

본 연구를 통하여 집중형 제어 방식에 의한 광 전달망 제어 체계의 기초를 수립하였으며 개략적인 라우팅 메커니즘과 시그널링 메커니즘을 제안하는 한편 이러한 제어 구조의 앞으로의 활용 가능성을 제시하였다. 따라서 본 연구의 결과는 국내에서 차세대 통합 전달망 제어 구조를 결정할 시에 참고될 수 있을 것이며, 관련 표준화나 분야별 세부 연구의 기초 자료로서 활용될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

[1] ITU-T Rec. G.8080/Y.1304, "Architecture for the automatically switched optical network (ASON)," March 2003.
 [2] A. Banerjee et al., "Generalized Multi protocol Label Switching: An Overview of Routing and Management Enhancements", IEEE Communications Magazine, Vol.39, No.1, January 2001, pp.144~150.
 [3] A. Banerjee et al., "Generalized Multi protocol Label Switching: An Overview of Signaling Enhancements and Recovery Techniques", IEEE Communications Magazine,

Vol.39, No.7, July 2001, pp.144~151.
 [4] Angela Chiu, et al., "Control Plane Considerations for All-Optical and Multi-Domain Optical Networks and Their Status in OIF and IETF." Optical Networks Magazine, Vol. 4, Issue 1, January/February 2003.
 [5] John Strand et al., "Issues for Routing in the Optical Layer," IEEE Communications Magazine, Vol. 39, No. 2, February 2001, pp.81~87
 [6] Lu Shen, et al., "Centralized vs. Distributed Connection Management Schemes under Different Traffic Patterns in Wavelength-Convertible Optical Networks", Proceedings of IEEE International Conference on Communications (ICC), April 2002.
 [7] 강동우, "ASON의 제어구조와 시그널링 메커니즘 제안 및 성능평가", 한국통신학회, May, 2004
 [8] 김달원, "집중형 라우팅 구조와 그 효율성에 대한 연구", 한국통신학회, November, 2004
 [9] J. Lang et al., "Link Management Protocol (LMP)," Internet Draft, draft-lang-mpls-lmp-02.txt, July 2000.
 [10] J. Moy, et al., "OSPF Version 2," IETF RFC 2328, April 1998.
 [11] D. Katz et al., "OSPF TE: Traffic Engineering Extensions to OSPF Version 2," IETF RFC 3630, September 2003.
 [12] K. Kompella et al., "OSPF Extensions in Support of Generalized MPLS," Internet Draft, draft-ietf-ccamp-ospf-gmpls-extensions-12.txt, October 2003.
 [13] Eric Mannie, et al., "Traffic Engineering Extensions to OSPF for Generalized MPLS Control of SONET/SDH Networks," Internet Draft, draft-mannie-ccamp-gmpls-sonet-sdh-ospf-01.txt, February 2003.
 [14] D. Papadimitriou et al., "NNI Routing using OSPF-TE," OIF Contribution OIF2002.087.03, April 2002.
 [15] R. Coltun, et al., "The OSPF Opaque LSA Option," IETF RFC 2370, July 1998.
 [16] L. Berger, et al., "Generalized Multi-Protocol Label Switching (GMPLS) Signaling Functional Description," IETF RFC 3471, January 2003.

[17] E. Mannie, et al., "Generalized Multi-Protocol Label Switching Extensions for Synchronous Optical Network (SONET) and Synchronous Digital Hierarchy (SDH) Control," IETF RFC 3946, October 2004.

[18] ITU-T Rec. G.7713/Y.1704, "Distributed call and connection management (DCM)," December 2001.

[19] ITU-T Rec. G.7713.2/Y.1704.2, "Distributed call and connection management: Signaling mechanism using GMPLS RSVP-TE," March 2003.

[20] J. Drake et al., "Generalized MPLS (GMPLS) RSVP-TE Signalling in support of Automatically Switched Optical Network (ASON)," Internet Draft, draft-ietf-ccamp-gmpls-rsvp-te-ason-02.txt, July 2004.

[21] A. Doria, et al., "GSMPv3 Base Specification," Internet Draft, draft-ietf-gsmp-v3-base-spec-06, November 2004.

[22] Lu Shen, et al., "Signaling Schemes for Distributed Connection Management in Wavelength-Routed Optical Mesh Networks.," Photonic Network Communication, July 2004.

[23] Hui Zang, et al., "Dynamic lightpath Establishment in Wavelength-Routed WDM Networks", IEEE Communications Magazine, Volume 39, Issue 9, Sept. 2001, pp.100~108.

[24] Richard A. Barry, et al., "Models of Blocking Probability in All-Optical Networks with and without Wavelength Changers", IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Volume 14, Issue 5, June 1996, pp.858~867.

강 동 우 (Dongwoo Kang) 준회원

 2003년 2월 울산대학교 전자계산학 학사
 2005년 2월 성균관대학교 전기공학 석사
 2005년 2월~현재 LG전자 연구원
 <관심분야> 기간망 라우팅, 무선 네트워크

김 달 원 (Dalwon Kim) 준회원

 2002년 2월 성균관대학교 전자전기공학 학사
 2005년 2월 성균관대학교 전자전기공학 석사
 2006년 2월~현재 삼성전자 사원
 <관심분야> 기간망 라우팅, 무선 네트워크

조 규 섭 (Kyuseob Cho) 정회원

 1974년 2월 성균관대학교 전자공학과 학사
 1976년 2월 성균관대학교 전자공학과 석사
 1989년 2월 성균관대학교 통신공학 박사
 1977년 3월~1977년 12월 KIST 부설 전자통신 연구소 연구원
 1977년 12월~1992년 2월 한국전자통신연구소 연구위원
 1992년 3월~현재 성균관대학교 정보통신공학부 교수
 <관심분야> 이동성관리, Mobile Ad-Hoc network, QoS network

예 병 호 (Byungho Yae) 정회원

 1982년 2월 경북대학교전자공학 학사
 1984년 2월 경북대학교전자공학 석사
 2001년 8월 한국항공대학교통신정보공학 박사
 1984년 3월~2001년 1월 한국전자통신연구원 교환기술연구단 책임연구원
 2002년 2월~현재 한국전자통신연구원 광대역통합망 연구단 팀장