

다계층 네트워크에서 동적 자원 할당 체계 방식 연구★

강현중* · 김현철**

요 약

최근 네트워크 사용자의 가치 변화와 이용 패턴을 살펴보면, 단순 웹 정보, 단방향 정보습득의 일방적인 데이터 전달에서, 멀티미디어 활용의 증가, 보안 및 개인화의 요구 증대, 자유로운 이동성에 대한 욕구 증가 등의 변화가 생기고 있다. 이러한 욕구의 변화로 인해 개별적으로 제공되는 각각의 서비스는 점차 융합화된 형태의 통합 서비스로 발전하고, 네트워크 또한 각각의 서비스를 위한 개별 망에서 이용자의 다양한 통합 욕구를 실현시켜 주는 지능형 통합망의 형태로 발전할 것으로 전망되며, 관련한 기술의 핵심이 되는 통신망 제어기술 또한 급속히 발전하고 있다. 본 논문에서는 자원의 효율적 사용은 물론 다중 도메인 (multi-domain) 환경에서 다계층 (multi-layer) 간의 정보 전달을 최소화하고, 최적의 경로선택을 할 수 있는 방법을 제안하였다. 기존의 경로선택에서 각각의 계층에 대한 정보를 이용하여 경로를 선택한 것에 비하여 다계층 구조상에서 다 계층의 정보를 활용하여 경로선택에 대한 다각화를 통한 최적의 경로선택이 수행되도록 제안하였다.

Dynamic Resource Assignment in the Multi-layer Networks

Kang Hyun Joong* · Kim Hyuncheol**

ABSTRACT

Looking at the recent value change of users and the usage pattern of network users, it is changing from simple web information, one-way information acquisition and data transmission to increase of usage of multimedia, increasing demand for security and customization, and increasing demands for free mobility. Due to this change of demand, the services which were provided individually, developed into a form which is merged, the network also seems to develop into the combined network from the individual network for individual service, and the communication network control technology which is the core technology is also rapidly developing.. This paper propose three path computation scheme that not only use the resources effectively but also to minimize the information transmissions between the multi-layers in a multi-domain environment. This paper also suggested that the optimum path choice be performed through diversification of the path selection using the information of various layers altogether in the multi-layer environment, compared with the established path selection method when the path was selected using the information of each layers.

Key words : QoS, Pathc Computation, Multi-layer, Multi-domain

접수일(2013년 12월 13일), 수정일(1차: 2013년 12월 26일),
게재확정일(2013년 12월 30일)

* 서일대학교 인터넷정보과
** 남서울대학교 컴퓨터학과

★ 이 논문은 2012년도 서일대학 학술연구비의 지원에 의해 연구되었음.

1. 서 론

현재 사용 중인 네트워크는 확장성과 관리성 및 상업적인 이유들에 의하여 각각의 관리 도메인으로 구성되어 있다. 이 관리 도메인에는 IGP (Interior Gateway Protocol) 영역과 자율적 시스템으로 구성되며, 각 도메인내의 정보는 보안상의 이유로 공개되지 않는다. 물론 AS (Autonomous System)간에 상호 정책에 의하여 신뢰를 기반으로 한 경로 정보에 대한 정보를 공유하지만, 특정 사용자에게 있어서, 종단간의 완전한 경로 정보를 얻기는 어려우며, 이 때문에 목적지에 이르는 최적의 경로를 계산하기란 어려운 일이다. 특히 중간 경로에서의 장애시, 경로를 재탐색하여 최적의 경로를 재검색하기에는 경로 정보의 상호 공유성이 매우 저조한 상황이다 [1].

다중 도메인 (Multi-domain) 환경에서 경로계산을 위한 노드 정보를 수집하고, 상호 공유하기 위해서는 계층적 경로노드 계산 구조를 가지는 것이 좋다. 하나의 노드에서 모든 경로상의 정보를 가지고, 적절한 경로 검색을 하기에는 어려우므로, 빠른 시간 안에 해당 도메인에서 아웃노드 (Exit point)와 다음 도메인의 경계점을 찾는 것이 중요하다. 따라서 각각의 도메인을 관장하기 위한 PCE간의 모든 정보를 획득할 수 있는 최상위 경로계산노드가 존재하는 아키텍처가 필요하다. 하지만 도메인간의 신뢰 관계가 존재한다고 하더라도, 보안 이슈나, 확장성의 문제들에 의하여 다중 도메인간의 정보 교환에는 제약이 받게 된다 [2].

순차적인 경로계산 기법에서는 트랩 문제 (Trap Problem)가 유발될 수도 있고, 또한 대규모 네트워크상에서 LSP (Label Switched Path)가 많이 존재할수록 많은 문제가 야기될 수도 있다. 특히나 트랩 문제는 다중 헤드앤드로부터 발생될 수 있으며, 장애 발생을 통한 경로 재설정이나, 경로계산시의 트랩 문제발생등을 배제하고, 효율적인 경로 최적화를 수행하기 위해서는 다계층의 경로 정보를 수집하여 분석할 수 있는 방법이 필요하며, 경로 재설정 등을 고려한 최적의 경로 계산 알고리즘이 필요하다.

본 논문에서는 기존의 다중 도메인간의 경로선택 또는 계산 시에 PSC (Packet Switching Capable) 계층의 정보만을 고려한 방법 외에, 기존의 라우팅 정보

에서 알 수 없었던 LSC (Lambda Switching Capable) 계층의 정보까지 활용하여 다양한 경로선택이 가능하고, 효율적인 자원 활용이 가능한 경로 선택기법들을 제안하였다.

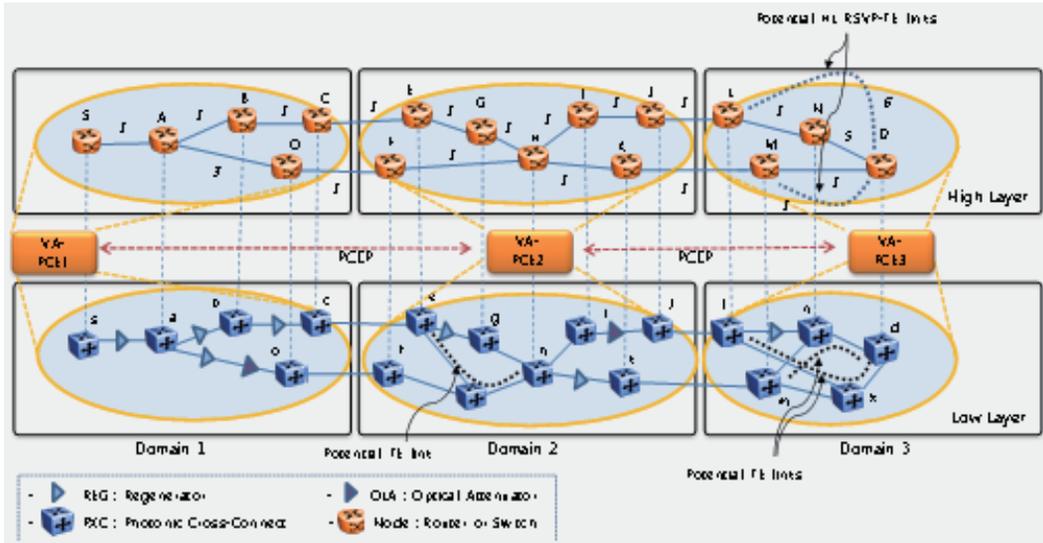
본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 광네트워크에서의 채널 할당 방법에 대한 선행 기술의 조사 및 분석을 수행하였다. 3장에서는 기존 다중도메인 경로계산 방식을 확장하여, 다중 도메인 사이의 다계층간의 경로계산 방법들을 제안하였다. 마지막으로 4장에서는 본 논문의 의미와 후속 연구과제에 대해서 기술하였다.

2. RWA (Routing and Wavelength Assignment)

WDM (Wavelength Division Multiplexing) 기반 광 네트워크는 차세대 전송 네트워크의 중심으로 자리 잡았으나 대역폭 요구의 증가와 함께 제한된 파장 (wavelength) 자원은 향후 광네트워크의 병목점이 될 수 있다. 따라서 WSON (Wavelength Switched Optical Network)에서 RWA는 주요한 문제 중의 하나이며 다계층 다중 도메인 광네트워크에서의 PCE (Path Computation Element) 중심의 라우팅에 대한 다양한 방법이 제안되었다 [3][4].

PCE 기반의 WSON에서 라우팅은 파장할당과 함께 결합되어 수행될 수도 있고, 별도로 진행될 수도 있다. PCE는 다계층, 다중도메인을 가로지르는 종단간 LSP를 여러 제약조건에 따라서 결정 할 수 있다. 한 개 이상의 도메인을 거치는 LSP를 설정해야 할 때, 여러 개의 PCE들이 경로 계산을 수행하기 위하여 협력해야 한다. 본 논문에서는 PCE간에 어떠한 정보를 조합하여, 최적의 경로 결정을 수행하는지에 대한 선택기법을 제안하였다.

GMPLS기반의 ASON 모델에서, 자원예약을 위하여 FRP (Forward Reservation Protocol)과 BRP (Backward Reservation Protocol) 두 가지의 프로토콜이 존재한다 [5]. FRP 모델에서 시그널링 과정이 포워딩되는 동안, 모든 라우터에서는 가능한 파장을 검색하고, 목적지 노드에 도착했을 때, 모든 가용한 파장으



(그림 1) 다중 도메인 및 다계층 네트워크 예

로부터 사용 될 파장을 선택한다. 소스 노드로 돌아오는 과정 동안에, 시그널링은 각각의 라우터에서 선택한 하나의 파장을 제외하고, 그 외의 모든 것은 할당 해제한다. 자원 예약이 성공적으로 수행되었다면, 이후 할당된 자원을 통하여 데이터가 전송된다. BRP 모델에서는 모든 가능한 파장을 검색하고, 시그널링 프레임에 정보를 저장하지만, 실제로 자원예약을 수행하지는 않는다. 목적지 노드에 시그널링이 도착하였을 때, 파장을 선택하고, 출발지 노드에 되돌아가면서 예약이 수행되는 방식이다.

또한 GMPLS 네트워크 라우팅 노드들은 이웃발견을 통해 이웃한 노드들에 대한 정보와 다양한 링크에 대한 정보를 함께 수집하며 이러한 정보를 라우팅 테이블 구성에 반영한다. 아울러 수집된 정보를 플러딩을 통해 모든 라우터들이 동일한 네트워크 토폴로지 정보를 가질 수 있도록 한다.

본 논문에서는 경로선택시 BRPC기법을 확장한 방식으로 경로선택을 수행하는데, PSC 정보와 LSC 정보를 조합한 정보를 활용한다. 파장을 활용하기 위한 방법은 backward 방식을 사용한다.

3. 다계층 경로선택 알고리즘

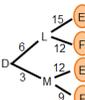
(그림 1)은 다중도메인 비대칭 다계층으로 연동되어 있는 네트워크의 예를 나타내고 있다. 출발지 라우터 S에서 목적지 라우터 D까지의 경로를 요청받은 후에, 출발지 라우터 S는 최적의 경로 선택을 하기 위하여 PCE1에게 경로 선택을 요청한다. PCE간의 정보 교환을 통하여, PCE1은 목적지 라우터 D가 속한 도메인과 해당 도메인에 대한 경로 관리 시스템이 PCE3 이라는 것을 확인 후에, Backward Recursive 방식으로 PCE3로부터의 경로 요청을 수행한다 [6][7].

(그림 2)는 기존의 BRPC 방식을 이용하는 경우 PCE3에서 계산된 정보를 의미한다. 기존의 BRPC 방식에서 PCE2는 PCE3로부터 리턴된 결과와 함께 도메인2의 경로계산을 통하여 다시 PCE1에게 (그림 3)과 같은 결과를 전달한다. 이처럼 최종적으로 목적지에 이르는 중간 도메인의 PCE에서 정보를 수집한 PCE1은 PSC 계층의 모든 정보를 조합 및 비교하여 최적경로를 선택한다.

그러나 본 논문에서는 최종 수신지에 이르는 모든 중간 도메인 PCE 정보를 수집한 PCE1은 수집된 모든 계층 정보를 조합하여 최적값을 비교하여 경로계산을 수행한다. 본 논문에서 제안한 방식에서는 수신지 D에 이르는 중간경로의 도메인으로부터 결과를 받

- PCE3 PSC layer considers:
 - MD cost 3
 - LND cost 6
- PCE3 supplies PCE2 with a PSC path tree-----
 
- PCE3 LSC layer considers:
 - md cost 1
 - lnd cost 3
- PCE3 supplies PCE2 with a LSC path tree-----
 

(그림 2) PCE3에서 계산된 경로정보 - 기존방식

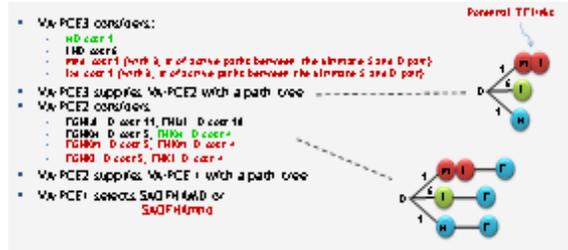
- PCE2 PSC layer considers
 - EGHJL.D cost 21; EGHKM.D cost 15
 - FHJUL.D cost 18; FHKM.D cost 12
- PCE2 supplies PCE 1 with a PSC path tree -----
 
- PCE2 LSC layer considers
 - eghjil.d cost 7; eghkm.d cost 5
 - fhjil.d cost 6; fhkm.d cost 4
- PCE2 supplies PCE 1 with a LSC path tree -----
 

(그림 3) PCE2 에서의 경로계산 - 기존방식

은 후, PCE1은 기존의 BRPC 방식과 다른 형태의 계산을 수행한다.

제안한 경로계산 방식에서는 우선적으로 각 도메인의 PCE들이 보내온 하위계층의 연결정보를 조합하여 하위계층에서의 값(cost)을 계산한다. 이를 위해 본 논문에서는 LSC 계층에서 람다 LSP 설정을 위한 d of λ LSP, number of λ LSP, number of hops in the λ LSP, number of exist LSP path in the domain>에 대한 정보를 함께 리턴한다.

(그림 4)는 (그림 1)과 같은 다계층 네트워크에서 PCE3에서 PCE2로 전달되는 다계층 경로를 나타내고 있다. 그러나 P(O)XC 계층에서는 물리적인 연결성을 고려하기 때문에 모든 경로 조합이 가능한 것은 아니다. 만일 각 도메인의 인그레스와 이그레스를 직접적으로 연결하는 LSP가 없는 경우에는 가능한 기존 LSP를 이용하여 연속적으로 연결(stitching scheme)하는 방식으로 최소의 연결설정시간을 고려하여 경로를 선택한다. 마지막으로 수집된 정보가 이러한 조건을 만족하지 못한 경우에는 기존의 BRPC 방식처럼 PSC 계층 정보만을 활용하여 경로를 결정한다. (그림 5)는 제안한 경로선택 알고리즘을 나타내고 있다.



(그림 4) PCE3과 PCE2 사이에 교환되는 정보 - 제안 방식

- Step 1**
- if (any available existing λ LSP == EXIST && direct connection between src and dest)
 - if (the λ LSP can support the new packet LSP)
 - then go to step 4
 - else if (any available Potential TE link == EXIST && direct connection between src and dest)
 - then go to step 4
 - else go to step 2
- Step 2**
- if (new λ LSP can be set up using Potential TE link)
 - then go to step 4
 - else if (new λ LSP can be set up)
 - then go to step 4
 - else go to step 3
- Step 3**
- if (any series of available existing λ LSP == EXIST)
 - if (the λ LSP connect src and dest nodes using two or more hops)
 - {
 - H = maximum hop number
 - Choose for minimum number of hops
 - go to 4
 - }
 - else go to step 5
- Step 4**
- Accept the packet LSP request
 - Terminate this process
- Step 5**
- Reject packet LSP request

(그림 5) 경로선택 알고리즘 - 제안 방식

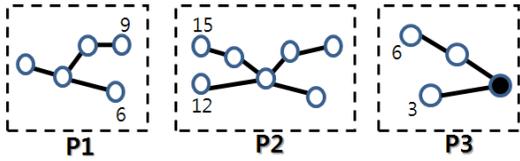
4. 경로계산 알고리즘 비교

4.1 BRPC 방식

(그림 5)에서와 나타내고 있는 바와 같이 기존의 BRPC 방식에서는 논리적으로 또는 가상적으로 (Routing Adjacency) 설정되어 있는 PSC 계층 정보만을 경로계산에 사용하기 때문에 (그림 6)의 수식과 같이 목

적지 도메인의 앞 도메인까지 이그레스 (egress) 노드의 수를 곱한 만큼의 데이터 집합이 존재하며, 각 도메인에서 선택과 최소의 hop수의 합이 PSC 계층에서 설정된 최종경로가 된다.

따라서 상위계층인 PSC 계층의 연결정보가 (그림 1)에서와 같다면 BRPC 방식을 통하여 목적지까지 선택할 수 있는 경로는 4개로 제한된다.



(그림 5) PSC 계층 정보 - BRPC 방식

- Number of Data Set in PSC Layer = $\prod_{d=1}^{n-1} (Pd)$
- Total cost of setup in PSC LSP = $\sum_{d=1}^{n-1} (Cd)$

· d = number of domains
 · Pd = number of egress node in domain d
 · Cd = minimum cost in domain d

(그림 6) PSC 계층에서의 계산식 - BRPC 방식

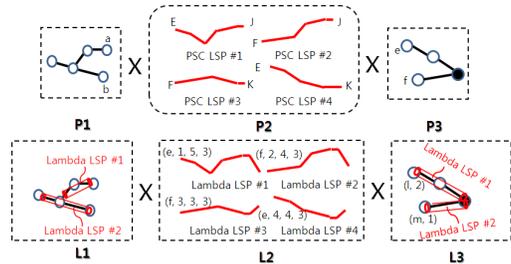
4.2 제안 방식

(그림 1)에서와 같이 본 논문에서는 상위계층을 IP 기반 네트워크로 가정하였으며, 하위계층은 PXC (Photonic Cross-Connect)로 구성된 네트워크를 가정하였다. 그리고 전체 네트워크는 3개의 도메인으로 나누어지며, 각각의 도메인은 독립된 PCE에 의해 관리되고 있다.

(그림 1)에서 라우터 E와 라우터 H 사이에는 라우터 G를 경유하는 상위계층 경로가 존재한다. 또한 라우터 E와 라우터 H 사이는 (그림 1)에서와 같이 PXC e와 PXC h를 연결하는 또 다른 하위계층 경로가 존재한다. (그림 7)에서 나타내고 있는 바와 같이 제안 방식에서는 PXC e와 PXC h를 연결하는 하위계층 경로를 기존의 상위계층 경로와 함께 PCE 사이에 전달한다. 즉 (그림 7)은 (그림 1)에서의 PSC LSP와 LSC LSP의 경로를 혼합하여 계산하는 방식의 정보를 나

타낸 것이다.

이처럼 제안 방식은 비대칭 다계층 네트워크의 특징을 이용하여 현재 설정이 되어 있지 않더라도 즉시 설정이 가능한 경로를 미리 계산 정보에 고려하는 방식이며 (그림 1)에서와 같이 도메인 2와 도메인 3에 이러한 경로가 하나씩만 추가되어도 S-D 간의 선택 가능한 경로는 7개로 대폭 늘어나게 된다.



(그림 7) PSC/LSC 경로 정보 - 제안방식

- Number of Data Set in LSC Layer = $\prod_{d=1}^{n-1} (Pd)$
- Total cost of setup = $\sum_{d=1}^{n-1} (Min(Pd, Ld))$

· d = number of domains
 · Pd = minimum cost in PSC layer of domain d
 · Ld = minimum cost in LSC layer of domain d

(그림 8) 계산식 - 제안방식

5. 결론

다양한 요구를 수행하기 위하여 네트워크 사업자 입장에서는 타 사업자와 협력을 통한 자원 연계 체계를 가져야 하며, 기존의 계층 3상에서의 라우팅 관계 외에 다계층 정보를 활용하는 등의 다각도의 노력이 절실하다. 이를 위해 본 논문에서는 다중도메인 비대칭 다계층 네트워크에서 기존의 라우팅 정보와 LSC 계층의 정보까지 활용하여 경로를 선택하는 방법을 제안하였다. 제안한 방식은 광통신을 이용한 비대칭

다계층 네트워크의 특징을 이용하여 현재 설정이 되어 있지 않더라도 즉시 설정이 가능한 경로를 미리 계산 정보에 고려하여 경로선택의 폭을 넓히고 이를 바탕으로 빠른 설정과 복구를 가능하게 하고자 하였다. 간단한 다계층 네트워크에서 보여주듯이 본 알고리즘은 기존의 경로 선택 알고리즘보다 훨씬 많은 수의 경로를 추가적으로 선택할 수 있음을 보여주고 있다.

참고문헌

- [1] Y. Seok, Y. Lee, Y. Choi, and C. Kim, "Explicit Multicast Routing Algorithms for Constrained Traffic Engineering," Proceedings of the 7th ISCC, pp. 455-461, Jul. 2002.
- [2] J.-L. L. Roux et al., "OSPF Protocol Extensions for Path Computation Element (PCE) Discovery," RFC 5088, Jan. 2008.
- [3] Y. Yamada, H. Hasegawa, and K.-I. Sato, "Hierarchical optical path network design considering waveband protection," 33rd European Conf. and Exhibition on Optical Communication, Berlin, Germany, pp. 189 - 190, 2007.
- [4] I. Nishioka, S. Ishida, and Y. Iizawa, "End-to-end path routing with PCEs in multi-domain GMPLS networks," 4th Int. Conference on IP & Optical Network, Tokyo, Japan, 2008.
- [5] S. Arakawa, K. Miyamoto, M. Murata, and H. Miyahara, "Delay analyses of wavelength reservation methods for high-speed burst transfer in photonic networks," 5th Asia-Pacific Conf. on Communications and 4th Optoelectronics and Communications Conference, Beijing, China, pp. 445 - 449, 1999
- [6] H. Matsuura, N. Morita, T. Murakami, and K. Takami, "Hierarchically Distributed PCE for GMPLS Multilayered Networks," IEEE Globecom, Nov. 2005.
- [7] Richard Douville, "A Service Plane over the PCE Architecture for Automatic Multidomain Connection-Oriented Services", IEEE Communications Magazine, Vol. 46, No. 6, pp. 94-102, Jun. 2008.

[저자소개]



강 현 중 (Kang Hyun Joong)

1980년 2월 성균관대학교 학사
 1986년 2월 연세대학교 석사
 1996년 2월 성균관대학교 박사
 1989년 3월 ~ 현재 서일대학교
 인터넷정보과 교수

email : hjkang@seoil.ac.kr



김 현 철 (Hyuncheol Kim)

1990년 2월 성균관대학교 학사
 1992년 2월 성균관대학교 석사
 2005년 8월 성균관대학교 박사
 2006년 9월 ~ 현재 남서울대학교
 컴퓨터학과 교수

email : hckim@nsu.ac.kr