

PNNI 망에서 복합 노드 표현 방식을 지원하는 다계층 라우팅에 관한 연구

°조일권*, 박영진*, 김은아**

*LG전선(주) 광통신연구소

**한국전자통신연구원 교환·전송기술연구소

A Study on Hierarchical Routing for Supporting The Complex Node Representation on PNNI Network

° Ilkwon Cho*, Youngjin Park*, Eunah Kim**

* Fiber Optics & Telecommunication Research Lab

** Electronics and Telecommunications Research Institute

요약

본 논문에서는 PNNI의 복합 노드 표현을 지원하는 다계층 라우팅 알고리즘에 대해서 제안한다. PNNI는 다 계층 방법으로 여러 망을 연결 하여 비교적 광범위한 망을 지원할 수 있다. 다계층 형성시 가상 그룹 노드(Logical Group Node)는 하위 피어 그룹(Peer Group)에 대한 묘사를 하게 되며 이를 복합 노드 표현(Complex Node Representation)이라 한다. 복합 노드 표현 정보를 이용한 최단 경로 결정은 매우 어려운 일이다. 이에 복합 노드 표현 정보를 단순 노드 표현(Simple Node Representation)화 하여 보다 쉽고, 정확하며, 보편적으로 적용 가능한 라우팅 방법에 대해서 제안하고자 한다.

1. 서론

PNNI는 ATM 사실망의 망간(Network-to-Network) 접속 규격으로 다양한 QOS를 지원하고, 단대단(End-to-End) 서비스 품질을 제어하며, 망의 이상에 능동적으로 대처할 수 있는 동적인 라우팅 프로토콜이다 [1,2]. PNNI는 IETF의 OSPF에서 유래되었지만, 다 계층을 지원하여 보다 광범위한 망을 서로 연결하여 연동할 수 있으며, 심지어는 이동 통신 망에까지도 영역을 확장시킬 수 있다 [3,4].

PNNI는 피어 그룹(Peer Group)을 설정하고 노드(Node)간의 교환된 토폴로지 정보를 바탕으로 피어 그룹을 대표하는 가상 그룹 노드(Logical Group Node)를 형성한다. 이 가상 그룹 노드는 하위 피어 그룹의 노드간에 연결된 링크 정보와 주소 정보를 요약하여 동일 피어 그룹 안에서 교환하게 된다. 이렇게 하위 피어 그룹에 대한 정보를 요약하는 이유는 첫째, 많은 양의 토폴로지 정보는 망에 부하를 주게 되며 복잡도를 높이기 때문이고, 둘째 비밀상, 내부의 토폴로지 상태 정보를 외부에 숨기기 위해서이다. 효과적인 라우팅과 자원의 효율적인 사용을 위해서는 바람직한 정보 요약 방법이 있어야 한다. 정보 요약 방법론과는 별도로 이에 대한 표기 형식에 대한 표준은 정해져 있으며 이를 복합 노드 표현(Complex Node Representation)이라고 한다. 이렇게 표현된 토폴로지 상태 정보를 바탕으로 다 계층에서 원하는 서비스 수준을 만족시키는 최단 경로 라우팅 알고리즘을 제안하고자 한다: 즉, 복합 노드 표현 방식으로 표현된 정보를 바탕으로 최단 경로를 결정하고 보편적으로 적용될 수 있는 알고리즘을 제안한다.

본 논문의 2장에서는 토폴로지 상태 정보를 요약하는 방법을 살펴보고, 3장에서는 본 논문에서 제안하는 복합 노드 표현을 지원하며 보편적으로 적용할 수 있는 다 계층 라우팅 알고리즘을 살펴보고, 4장에서 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

토폴로지 상태 정보 요약에 관한 연구는 정보를 요약 하는 방법에 관한 것과 요약된 정보의 표현 방법에 관한 것 두 가지가 있다.

2.1 PNNI V1.0의 복합 노드 표현 방법

먼저 PNNI V1.0의 복합 노드 표현 방법에 대해 알아본다 [1,5]. 그림 1은 피어 그룹과 피어 그룹안의 경계노드를 나타내고 있고, 그림 2는 이를 요약하여 표현한 가상 그룹 노드를 나타낸다.

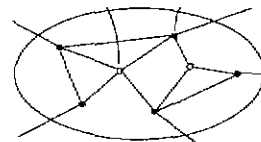


그림 1 피어 그룹과 경계 노드

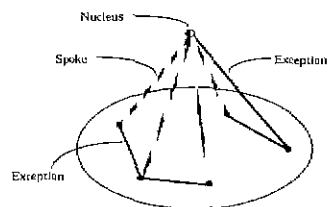


그림 2 복합 노드 표현

*본 논문은 초고속 국가망의 HANbit CANS 공동연구와 관련함

가상 그룹 노드간 링크의 연결점을 포트(Port)로 나타내고, 중심점(Nucleus)은 가상 그룹 노드의 가상의 중심점을 나타내며, 스포크(Spoke)는 중심점과 포트의 반경을 나타낸다. 예외는 특별한 이유로 인하여 표현되어야 할 경우를 나타낸다. 이렇게 하여 스포크와 예외를 통해 하위 피어 그룹의 토폴로지 상태 정보를 표현한다.

그림 3은 PNNI 토폴로지를 예로 나타낸 그림이며, 그림 4는 가상 그룹 노드 A.A의 경우를 PNNI V1.0의 복합 노드 표현 방식으로 나타낸 것이다.

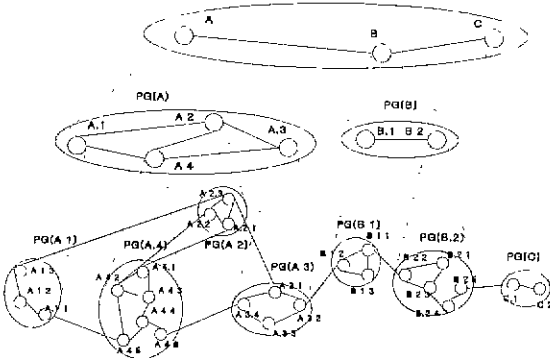


그림 3 PNNI 토폴로지

X.y.z - X는 A,B,C... y는 1,2,3,..., z는 1,2,3,...는 가상 노드(Logical Node)를 나타낸다. X.y는 피어그룹 PG X.y를 대표하는 가상 그룹 노드이고, X는 피어그룹 PG X를 대표하는 가상 그룹 노드이다.

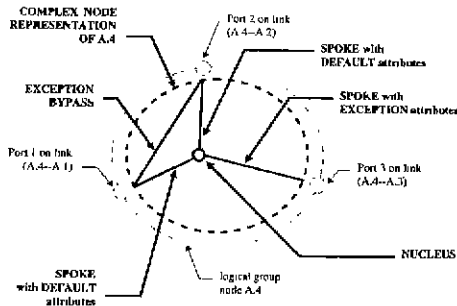


그림 4 가상 그룹 노드 A.A의 복합 노드 표현

중심점과 다른 가상 그룹 노드로 연결되는 포트를 연결하는 스포크와 포트간을 직접 연결한 우회로가 존재한다. 특별한 이유로 인해 예외로 구분 되는 경우가 있다. 예외에 대한 구분은 전적으로 정보 요약 방법론에 의존하게 된다.

2.2 존스 홉킨스 대학(Johns Hopkins University)과 벨 연구소(Bell Lab)의 복합 노드로 요약하는 방법

다음은 하위 피어그룹을 가상 그룹 노드로 표현할 때 요약하는 방법에 대해 기술한다[6]. 표 1은 요약 방법론과 그에 대한 표현 크기, 복잡도를 나타내고 있다.

Complete는 모든 경계 노드를 표현한다. 따라서 요약할 하지 않으며 모든 경계 노드 사이의 링크를 표시한다. DIA는 가상 그룹 노드의 직경을 설정하고, 가상의 중심점을 기준으로 직경의 절반 값을 반경으로 갖는 스타 구조로 가상의 중심점으로부터 경계 노드를 대표하는 포트 사이의 값을 모두 반경으로 표현 된다.

AVE는 경계 노드 사이의 링크의 평면을 반경으로 갖는 스타 구조로 DIA와 구조는 같으며, 반경 값만 다르다 MST는 최소 스패닝 트리(Minimum Spanning Tree)를 이용하여 정보를 요약하는 방법이고, RST는 랜덤 스패닝 트리(Random Spanning Tree)를 이용하여 정보를 요약하는 방법이고, Spanner는 디 스패너(t-spanner; 한 쌍의 경계 노드 간 최대 예외가 1로 한정되는 표현)를 이용하여 정보를 요약하는 방법이다.

Aggregation Schemes	표현 크기	계산 복잡도
Complete	b(b-1)	-
DIA	1	O(b ²)
AVE	1	O(b ²)
MST	b-1	O(b ²)
RST	b-1	O(b ²)
Spanner	O(b ^{1+1/LU})	O(b ²)

표 1 가상 노드로 요약하는 방법

또 하나의 연구는 예외들의 범위를 경계 노드의 로그와 링크 코스트의 비대칭 계층근에 의해 한정 시키며 스포크와 예외를 결정하는 방법으로 무방향 그래프 변환과 바를 트리 구조(Bartal's tree construction), 로그 b 스패너(log b-spanner) 알고리즘을 이용한다[7].

3. 복합 노드 표현 지원 다계층 라우팅

복합 노드로 표현된 토폴로지 상태 정보에서 최단 경로를 결정한다는 것은 단순 노드 표현에 의한 최단 경로 결정과 달리 매우 까다로운 일이다. 복합 노드 표현상의 링크 코스트(Link Cost)를 충실히 반영하여 정확한 최단 경로를 결정하며 보편적으로 적용 가능한 방법 두 가지를 제안한다. 첫째는 계층별로 평면상의 최단 거리를 얻은 후 계층을 연결하는 방법이며, 둘째는 전 계층을 단일 평면상으로 사상하는 방법이다. 공통적으로 적용되는 핵심 사항은 가상 그룹 노드안의 포트를 단순 노드화 시킨다는 점이다. 복합 노드 표현시 나타나는 포트를 단순 노드로 전개시키고, 이를 기반으로 최단 경로를 결정하며 이를 PNNI 신호에서 인식할 수 있도록 전개된 단순 노드화를 다시 원래의 복합 노드 표현으로 만드는 것이다.

3.1 계층별 전개 라우팅 방법

최 상위 계층에서부터 하위 계층으로 각 계층의 평면상의 최단 경로를 결정할 후 계층간을 연결하여 전체 다 계층 최단 경로를 결정하는 방법이다. 가상 그룹 노드의 포트를 단순 노드로 전개할 때 단순 노드화된 포트에 대한 인식이 필요하다. 이 인식자는 다음과 같이 표현된다.

$$[\text{단순 노드화된 포트의 인식자}] = [\text{가상 그룹 노드 인식자}] + [\text{포트 인식자}]$$

가상 그룹 노드의 중심점의 포트 인식자와 최하위 계층의 단순 노드의 중심은 포트 인식자를 0으로 한다.

그림 3의 PNNI 토폴로지를 예로 들면 다음과 같다.

각 계층의 피어그룹의 경우 그림 5와 같이 가상 그룹 노드 X, X.y가 있으며 그 인의 포트와 내부 링크가 표현 되어 있다. 그리고 가상 그룹 노드간의 링크가 표현되어 있으며, 이는 포트간의 연결로 표현될 수 있다. 검은 점은 각 노드의 포트를 나타낸다. 이 포트를 단순 노드화 하면 가상 그룹 노드안의 내부 링크마저 단순 노드간을 연결하는 링크로 표현이 되어진다. 이렇게 하여 모든 단순 노드로의 최단 경로를 얻을 수 있다. 다시말하면, 각 포트간을 연결하는 최단 경로를 설정할 수 있게 된다. 이는 단순 노드화된 포트의 인식자의 리스트로 표시되는데, 이를 다시 원래의 복합 노드 표현 방식으로 복원하여 신호에서 원하는 형태의

DTL(Destination Transit List)로 표현 할 수 있다. 그렇다면 가상 그룹 노드간의 링크와 대응하는 하위 계층의 업링크(Uplink)를 연결시킨다. 업링크에 관한 정보를 이용하여 계층을 연결할 수 있으며, 가상 그룹 노드의 포트와 하위 경계 노드의 포트와의 관계를 연결 지은 정보를 이용할 수도 있다. 그림 5에서 가상 그룹 노드 A와 B사이의 링크는 하위 계층의 가상 그룹 노드 A.3의 가장 오른쪽 포트와 관계가 있으며 A.1과 A.2사이의 링크는 A.1.3의 포트와 A.1과 A.4사이의 링크는 A.1.1의 포트와 관계가 있다. 이는 A.3과 B, A.1.3과 A.2, A.1.1과 A.4의 연결을 이끌어 계층 간을 연결 시킨게 된다는 뜻이다.
 정리하면, 계층 별로 단순 노드화된 포트의 최단 경로 찾기와 업링크 혹은 가상 그룹 노드 포트와 하위 계층 경계 노드 포트간 대응관계를 이용하여 다 계층의 최단 경로를 결정할 수 있다.

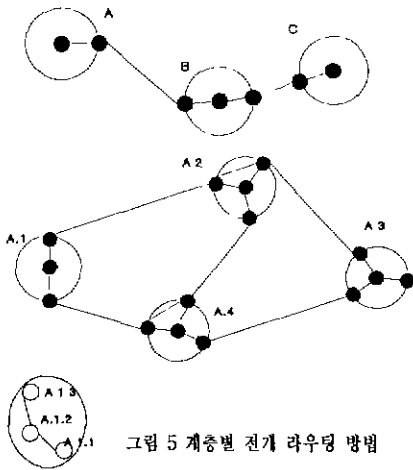


그림 5 계층별 전개 라우팅 방법

3.2 단일 평면 사상 전개 라우팅 방법

기본적으로 계층별 전개 라우팅과 같이 포트의 단순 노드 전개를 이용한다. 다른 점은 계층에 대해 무관하게 모든 계층을 단일 평면으로 사상하여 경로를 결정하는 방법이다.
 그림 6은 그림 3의 토폴로지를 A.1.2-z에서 1,2,3-에서 바라본 단일 평면으로의 사상을 나타낸 그림이다.

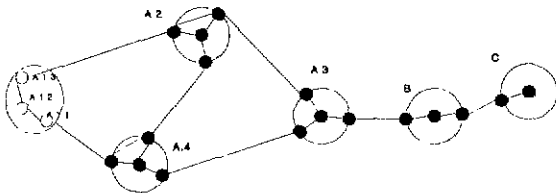


그림 6 단일 평면 사상 전개 라우팅 방법

단순 노드화된 포트의 인식자 자체는 계층의 구분이 없는 단일 평면상의 단순 노드만 보이게 한다. 이 인식자의 리스트로 최단 경로가 표현되는데 원래의 복합 노드 표현 방식으로 복원하면 DTL을 얻을 수 있다. 계층별 전개 라우팅 방법과 단일 평면 사상 전개 라우팅 방법의 알고리즘 복잡도는 다음 표 2와 같다.

	알고리즘 복잡도	설명
계층별 전개 라우팅 방법	$\sum_i \sum_j O(m^2)$	i 계층 수 j 성격에 의한 한 노드로의 최단경로개수
단일 평면 사상 전개 라우팅 방법	$\sum_j O(n^2)$	m 한 계층내의 단순 노드 개수 n 전 계층의 단순 노드 개수

표 2 알고리즘 복잡도

4. 결론

PNNI 다계층 모델의 복합 노드 표현을 충실히 지원하고 보편적으로 사용 가능하며 정확한 최단 경로를 결정할 수 있는 라우팅 방법을 제안한다. 이 방법의 핵심은 가상 그룹 노드의 포트를 단순 노드화 하는 것이다.

5. 참고 문헌

- [1] af-pnni-0055.000, "Private Network - Network Interface Specification Version 1.0", ATM Forum, Mar 1996
- [2] af-pnni-0081.000, "PNNI V1.0 Errata and PICS", ATM Forum, May, 1997.
- [3] af-ra-0123.000, "PNNI addendum for mobility extensions version 1.0", ATM Forum, May 1999
- [4] L.Frelouchou, D.Dykeman, I.Iliadis, P.Scotton, "Resource Location in Mobile ATM Networks", Proceedings of the 1998 1st IEEE International Conference on ATM, pp423-430, 19980622
- [5] Whay C. Lee, "Topology Aggregation for Hierarchical Routing in ATM Network," ACM SIGCOMM, pp82-92, 1995.
- [6] Baruch Awerbuch, Yi Du, Bilal Khan, Yuval Shavitt, "Routing Through Networks with Hierarchical Topology Aggregation", Proceedings of the Third IEEE Symposium on Computers and Communications, pp406-412, 19980630.
- [7] Baruch Awerbuch, Yuval Shavitt, "Topology Aggregation for Directed Graph", Proceedings of the Third IEEE Symposium on Computers and Communications, pp47-52, 19980630.