

PNNI 망에서 다계층 라우팅의 설계 및 구현

“조일권*, 김영기*, 박영진*, 김은아**

*LG전선(주) 광통신연구소

**한국전자통신연구원 교환·전송기술연구소

Design and Implementation of Hierarchical Routing on PNNI Network

° Ilkwon Cho*, Younggi Kim*, Youngjun Park*, Eunah Kim**

* Fiber Optics & Telecommunication Research Lab

** Electronics and Telecommunications Research Institute

요약

본 논문에서는 PNNI 망에서의 다계층 라우팅 알고리즘에 대해서 제안한다. PNNI규격은 ATM 사설망의 노드간 혹은 망간 접속 규격으로 ATM FORUM에서 규정되었으나, 동적 라우팅, 다양한 QOS 지원, Soft PVC 등 망의 상태에 유동적으로 대처하고 관리의 편리함 때문에 ATM 공중망에서의 PNNI 도입이 논의되고 있는 실정이다. 그러나, 현재까지 공중망에서 쓰여질 PNNI에 관한 라우팅 알고리즘과 정책에 대해서 언급은 많지 않은 편이다. 이에 공중망의 비교적 간단한 토폴로지와 정확한 서비스 제공이라는 특징에 부합하는 라우팅 알고리즘을 제안한다.

1. 서론

PNNI V1.0은 ATM 사설망에서 사용할 목적으로 사설 교환기와 교환기간의 인터페이스를 기술한 것이다[1][2]. PNNI는 다양한 QOS와 단대단(End-to-End) 서비스 품질제어를 지원하고, 망의 이상에 신속히 대응하는 동적인 라우팅 프로토콜로 비교적 광범위한 망을 지원할 수 있으며, 소프트 PVC(Soft-PVC)라는 편리한 기능을 제공한다. 이러한 이점 때문에 공중 망에서의 PNNI 적용에 대한 논의가 있는 실정이다[3].

ATM 공중망의 구성은 확실한 서비스 보장을 위해 유사시를 대비한 예비 회선을 확보하여 우회 경로를 제공하고, 다수의 가입자를 수용하기 위한 토폴로지를 가지는데, 트래픽 엔지니어링과 망의 운용, 유지, 보수 그리고 가입자 집선화를 고려해 복잡한 매쉬(Mesh)구조 보다는 코어(Core) 교환기간 간단한 매쉬를 구성하고, 가입자 수용장비가 코어 교환망에 연결되는 비교적 단순한 스타 토폴로지를 이룬다[4].

현재 이러한 토폴로지 상에서 PNNI 라우팅 방법에 대한 연구는 드문 편이다. 본 논문에서는 PNNI를 적용한 ATM 공중망에 알맞은 라우팅 알고리즘에 대해 제안하며 그 설계와 구현에 대해서 언급한다.

앞으로 본 논문의 2장에서 ATM FORUM에 기술된 PNNI V1.0에 대해서 간략하게 설명하고 3장에서는 라우팅 정책과 우회 경로를 제공하는 링크상태 알고리즘에 기반한 단일 계층과 다 계층을 지원하는 라우팅 구조를 설명한다. 끝으로 4장에서는 결론을 맺는다.

2. PNNI 개요

PNNI는 사설망의 NNI(Network-to-Network Interface or Network Node Interface)규격으로 교환기들 간에 토폴로지 정보를 교환하는

**본 논문은 초고속 국기망의 HANbit CANS 공동연구와 관련함.

프로토콜을 규정한 라우팅 부분과 ATM망을 통한 점대점(Point-to-Point), 점대다중점(Point-to-multipoint) 호 연결 제어, 수락, 설정을 위한 메시지 흐름을 정의한 신호 부분으로 구성되어 있다. PNNI를 지원하는 교환기 구조를 표현한 그림이 그림 1이다.

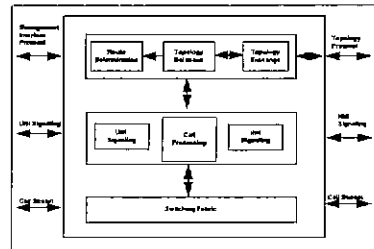


그림 1 교환기 구조 참조 모델

PNNI 망 내에서 라우팅 정보 교환이 이루어지면 각 교환기는 전체 토폴로지를 인식하게 된다. 그림 2는 그 예이다.

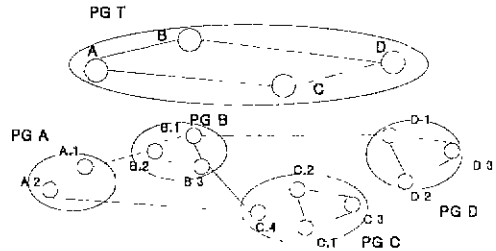


그림 2 PNNI 토폴로지

각 교환기를 $X, y - X=A, B, C, \dots, y=1, 2, 3, \dots$ 로 표현을 했으며 노드(Node)라 부른다. 교환기들은 설정에 따라 피어그림을 형성하게 된다. 각 피어그림을 PG X라 표현했다. 각 PG X를 대표하는 가상그룹노드 X가 만들어진다 PG T는 최상위 피어그림으로 이를 대표하는 노드는 없다. 각 교환기는 동일 피어그림내에서 노드, 링크(Link), 주소정보를 교환하고 이 정보를 가상그룹노드가 요약하여 가상그룹노드간에 정보를 교환하게 된다. 가상그룹노드는 교환된 정보를 다시 자신이 대표하는 피어그림내에 알리게 된다. 설정에 따라 이 과정은 최고 10계층까지 반복될 수 있다. 그림 2에서는 2계층만 보였다. 정보가 요약되기 때문에 그림 2의 노드 A, B가 실제 아는 정보는 PG A내의 모든 정보와 PG T에 관한 요약된 정보이다. 다시 말해 PG B, PG C, PG D 각각의 세부적인 정보는 알지 못한다.

가상그룹노드가 해당 피어그림안의 노드간 링크 상태를 표현하지 않고 단순히 점으로만 표현하는 것을 단순노드표현(Simple Node Representation)이라 하고, 링크 상태를 표현하는 것을 복합노드표현(Complex Node Representation)이라 한다. 단순노드표현방법은 다계층을 이룰시 정보의 예측이 복합노드표현에 비해 많아지게 되나, 교환하는 정보의 양은 줄어들게 된다. 정보의 예측은 라우팅 설정을 불리하게 하고, 많은 정보의 양은 망에 부하를 주게 된다. 수집된 토폴로지 정보를 가지고 호 발신측이 라우팅 알고리즘을 수행하여 DTL(Destination Transit List) -경로를 형성하는 노드와 포트(링크) 구분을 위해 사용자들에 대한 리스트를 갖는다.-을 만들게 되고, 이 DTL은 호 전달과정에서 쓰여 원하는 경로로 호 설정을 이루게 된다. 즉, 소스라우팅(Source Routing)을 하게 된다.

3. 다계층 라우팅 알고리즘

3.1 링크 매트릭(Link Metric)

PNNI에서는 CDV(Cell Delay Variation), CTD(Cell Transfer Delay), AW(Admin Weigth)를 매트릭(Metric)이라한다. 이 값들은 경로를 따라 누적이 되어 경로 전체를 표현할 수 있는 값이다. 또 속성(Attribute)이라고 하여 CLR(Cell Loss Ratio), MaxCr(Maximum Cell Rate), AvCr(Available Cell Rate)등이 있는데 이 값들은 각각의 링크를 표현하는 값이다. 매트릭과 속성을 이용하여 최단 경로(Shortest Path)를 구한다.

ATM은 양방향 링크를 제공하기 때문에 발신측 순방향과 역방향에 대해 각각의 매트릭과 속성이 존재한다. 최단경로를 얻기 위해서는 이를 방향성이 없는 통일된 하나의 값으로 표현할 필요가 있다[5]. 그림 3의 노드 A, B 사이의 두 링크를 통해 양방향성 매트릭과 속성을 무방향성으로 바꾸는 방법을 소개한다. 매트릭과 속성을 다같이 코스트(Cost)라 칭하겠다.



그림 3 링크 매트릭과 속성

w_{+1} 는 A->B 방향의 코스트를 나타내고, w_{-1} 는 B->A 방향의 코스트를 나타낸다. A-B의 무방향 코스트를 k_1 라 표현하면,

$$k_1 = \sqrt{(w_{+1} \cdot w_{-1})}$$

로 표현된다 이 때 링크의 최대 예측률은 ρ 로 한정된다. 여기에서 ρ 는 망 비대칭 상수(Network Asymmetry Constant)로

$$\rho = \max_{(A,B) \in V} \rho_{AB} \quad V \text{는 노드들의 집합을 나타낸다}$$

$$\rho_{AB} = \rho_{BA} \cdot w_{+1} / w_{-1} \quad (w_{+1} > w_{-1} \text{ 라 가정, } \rho_{AB} \text{ 는 비대칭요소(Asymmetry Factor)라 한다})$$

따라서 A-B간의 두 링크중 최단 경로는 k_1 과 k_2 의 대소 비교에 의해 결정된다.

예측률을 최대 ρ 로 한정을 시킨다는 점에서 의미가 있었다.

경로에 걸쳐 생기는 코스트들의 합을 표현하는 방법에 대해서 설명한다. 본 알고리즘의 경로에 걸린 코스트의 누적 방법은 매트릭과 속성을 구분하여 행해진다 불확실한 경로를 배제하여 전체적으로 인건적인 경로를 제공하기 위해 보수적 광고(Conservative Advertisement)[]에 상응하는 코스트 누적 방법을 택했다. 이는 안정적인 경로를 제공한다는 의미에서 소프트 PVC설정에 유리하고, 호 설정시간 단축의 효과를 기대할 수 있다.

본 알고리즘에서는 매트릭의 경우 $\sum w_{+1}, \sum w_{-1}$ 로 표현하며 속성의 경우는 $\min w_{+1}, \min w_{-1}$ 로 표현한다

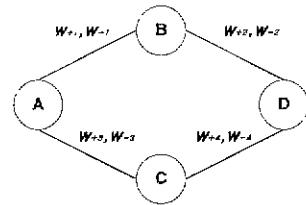


그림 4 경로에 대한 링크 코스트 누적

이들 그림 4의 A-B-D 경로로 예를 들어 보겠다. 매트릭의 경우는

$$W_{(A-B-D)} = W_{+1} + W_{+2}, W_{-(A-B-D)} = W_{-1} + W_{-2}$$

가 되고 속성의 경우는

$$W_{(A-B-D)} = \min (w_{+1}, w_{+2}), W_{-(A-B-D)} = \min (w_{-1}, w_{-2})$$

가 된다.

3.2 라우팅 정책

본 알고리즘은 기본적으로 노드간의 링크 매트릭을 거리행렬(Distance Matrix)로 표현하고 Dijkstra알고리즘을 사용하며[6] 서비스마다 라우팅 정책을 지원하고 각 정책에 맞는 최단 경로를 생성, 유지한다. 표 1은 라우팅 정책을 표현한다.

서비스	라우팅 정책		
	AW	AvCr	CDV
CBR	AW	AvCr	CDV
RTVBR	AW	AvCr	CDV
NRTVBR	AW	AvCr	CTD
ADR	AW	AvCr	-
UBR	AW	AvCr	-

표 1

우선 경로 설정과 요구시 경로 설정에서 동일하게 적용 가능하며, 라우팅 정책의 개수와 순서를 조정할 수 있다. 단일 계층상의 물리적인 토폴로지 변화가 비교적 적은 곳에서는 AW를 사용한 우선 경로 설정과 AW, AvCr를 사용한 요구시 경로 설정의 조합을 사용하는 것이 호 블로킹(Call Blocking) 확률을 줄이고, 알고리즘 복잡도를 줄이는 것으로 알려져있다[7]. 구체적으로 $Pr(AW)+On(AW), Pr(AW)+On(AvCr) - Pr:$ 우선 경로 설정, $On:$ 요구시 경로 설정-, 이때 $Pr(AW)$ 만 있을 경우 알고리즘 복잡도는 작지만, 호 블로킹 확률이 높아지며, $Pr(AW)+On(AW)+On(AvCr)$ 일 경우는 비슷한 호 블로킹 확률에 알고리즘 복잡도만 높아지게 된다. 이에 본 알고리즘은 $Pr(AW)+Pr(AvCr), Pr(AW)+Pr(AvCr)+Pr(CDV \text{ or } CTD)$ 조합을 미리 제공하므로써 블로킹 확률은 그대로 유지하며, 알고리즘 복잡도를 줄이는 방향으로 설정했다. 우선 경로 설정에 의한 경로가 호의 요구에 맞지 않을 경우 요구시 경로 설정으로 들어가게 된다. 또한, 호 연결 진행중 실패시 실패 원인을 반영해 망구성 정보를 재설정함으로써 우회 경로를 제공할 수 있다.

3.3 프로시쥬어

제한하는 알고리즘은 단순노드표현의 다계층을 지원한다. 따라서 라우팅 프로토콜에서 복합노드표현을 지원해도 이를 단순노드로 간주하고 최단 경로 계산을 하게된다.

먼저 자신이 속하는 각 피어그룹별로 자신을 제외한 피어그룹안의 모든 노드들에 대해서(우선 경로 설정시) 혹은 특정 착신측에 대해서(요구 경로 설정시) 경로 계산을 하게 된다. 그림 2의 A.2를 기준으로 우선 경로 설정을 살펴본다. A.2는 그림 5와 같은 토폴로지 정보를 유지하게 된다. 따라서 PG T에 대해 A노드로부터 거리 행렬을 이용한 Dijkstra Algorithm을 수행해 B, C, D로의 최단 경로를 찾아 유지한다. 같은 방법으로 A.2는 PG A내의 A.1으로의 최단 경로를 찾아 유지한다. 이후 업링크(Uplink: A.1-B, A.2-C) 행렬을 이용해 해당 업노드(Up Node: B, C)에 대한 하위 피어그룹의 경계 노드(Border Node A.1, A.2)를 찾게된다. 이렇게 하여 PG T내의 경로와 업링크와 PG A내의 경로를 연결하여 전체 다계층 최단 경로를 얻게 된다. 예로 A.2에서 D까지의 최단경로의 경우, 먼저 PG T의 최단 경로를 찾는다. 이를 A-B-D라고 가정한다. 다음 B에 연결된 PG A내의 경계노드 A.1을 찾는다. 이를 A.1-B라 하자. 다음 A.2에서 A.1의 최단 경로를 찾는다. 이를 A.2-A.1이라 한다. 이들을 연결하면 A.2-D의 최단경로를 얻게 된다.

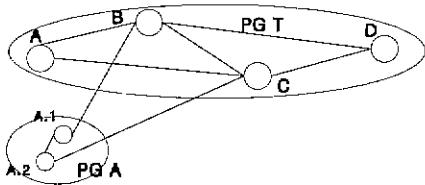


그림 5 다계층 라우팅

그림 6에서는 제안된 알고리즘의 구현을 위한 객체와 객체사이의 프로시쥬어를 설명한다. NodeTable, Map, Metrics는 라우팅 프로토콜 과정에서 수집한 정보이다. 이 정보를 바탕으로 각 피어그룹내의 노드를 유지하는 PG Node를 만들고, Distance(거리 행렬)과 Uplink(업링크 행렬)을 만든다. 다음 Policy에 기술된 정책대로 거리행렬과 PG Node를 이용 피어그룹내의 최단경로를 유지하는 PG Routing을 만들고, 업 링크 행렬을 이용 다계층 최단경로를 유지하는 Routing을 만들게 된다..

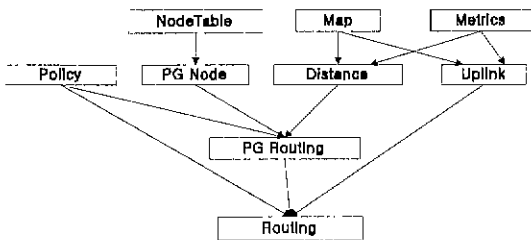


그림 6 객체와 프로시쥬어

이 알고리즘의 복잡도는 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$\sum_i \sum_j O(n^2)$$

i는 계층의 수, j는 정책에 의해 한 노드로의 최단경로의 수, n은 한 계층 안의 노드 수를 나타낸다. O(n)은 거리 행렬을 사용한 Dijkstra 알고리즘의 복잡도이다.

3.4 적용 가능한 ATM 광중망 토폴로지

이와 같은 알고리즘은 단순노드표현만을 지원한다. 이에 왜곡이 없는 최단경로를 얻을 수 있는 최적의 토폴로지를 살펴보면, 다음 그림 7과 같이 중앙에 메쉬를 갖는 스타(Star) 토폴로지이다. 계층은 2계층 정도이다. 수용 가능한 왜곡이라면 그 이상의 계층에서도 적용이 가능하다. 이는 선적으로 피어그룹 설정에 따른 토폴로지에 의존한다. 그림 7의 점선은 피어그룹을 의미한다.

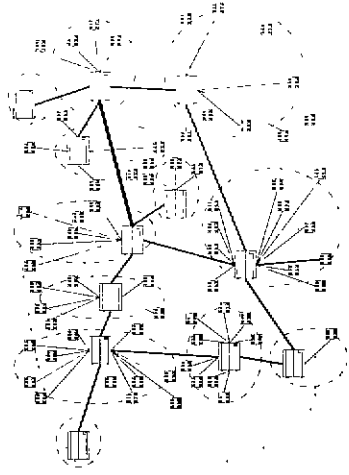


그림 7 ATM 광중망 PNNI 토폴로지

4. 결론

ATM 광중망 PNNI에서는 다양한 서비스 제공과 동적인 우회경로 설정을 기대할 수 있다. 또한 편리한 소프트 PVC기능도 기대할 수 있다. 이러한 이점을 얻기 위한 라우팅 알고리즘의 중요성은 크다. 이에 광중망 구성에 알맞은 다계층 라우팅 알고리즘을 제안한다. 또한 최적의 토폴로지 구성도 선보인다.

앞으로 실제 광중망과 비슷한 환경 상에서 실험을 통해 정책결정과 코스트 가공방법, 피어그룹구성 방법등에 대한 논의가 있어야 한다고 생각한다.

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] 전자통신동향분석, "ATM 기반망의 NNI규격의 특성과 적용성 분석", 동 권 56호 세 14권 세 2호 pp69-82, 1999년 4월.
- [4] "초고속 국가망 구축현황" <url: http://ums.nca.or.kr>
- [5] Baruch Awerbuch, Yuval Shavit, "Topology Aggregation for Directed Graph", Proceedings of the Third IEEE Symposium on Computers and Communications, pp 47-52 , 19980630.
- [6] "Finding The Shortest Path", <url: http://academy.fore.com>
- [7] Atsushi IWATA, Rauf IZMAILOV, Duan-Shun LEE, Bhaskar SENGUPTA, G. RAMAMURTHY, Hiroshi SUZUKI, "ATM Routing Algorithms with Multiple QOS Requirements for Multimedia Interetworking". IEICE TRANS COMMUN, VOL. E79-B, No8 August 1996