

광역 무선 ATM 네트워크에서 빠른 핸드오버를 위한 COS

발견과 부분 경로 재설정의 단일화 기법

(One step incremental re-establishment scheme for connection
rerouting in Wireless ATM WANs)

신규용(K.Shin)[§] 권위남(W.Kwon)[†] 권보섭(B.Kwon)[‡] 윤현수(H.Yoon)[†]

[†]대전시 유성구 구성동 373-1 (305-701) 한국과학기술원 전산학과
(CSD KAIST, 373-1 Gusong-dong, Yusong-gu, Taejon 305-701, Korea)

전화 : 042 - 869 - 5578 팩스 : 042 - 869 - 3510

kyshin@camars.kaist.ac.kr

[‡]경상북도 안동시 송천동 388 안동대학교 컴퓨터공학과 (760-380)
(CEED ANU, 388 Songchun-dong, Andong, Kyung-Book, 760-380, Korea)

bskwon@camars.kaist.ac.kr

[§]서울시 노원구 공릉동 77 육군사관학교 교수부 강사

전화 : 02 - 2197 - 2565

kyshin@kma.ac.kr

세부분야 : (A) 정보통신

키워드 : 무선 ATM 네트워크, 경로 재설정 (connection rerouting), 핸드오버(handover),
크로스오버 스위치 (crossover switch), 점진적 경로 재 설정 (incremental
re-establishment)

광역 무선 ATM 네트워크에서 빠른 핸드오버를 위한 COS

발견과 부분 경로 재설정의 단일화 기법

(One step incremental re-establishment scheme for connection rerouting in Wireless ATM WANs)

요약

차세대 통신수단으로 각광받고 있는 무선 ATM 네트워크는 ATM 스위치들로 구성된 기간 네트워크와 지국과 이동 단말들로 구성된 무선 네트워크로 구성된다. 유선 네트워크와는 달리 무선 네트워크에서는 단말기들이 이동하기 때문에 핸드오버(handover)가 발생한다. ATM(Asynchronous Transfer Mode) 네트워크는 높은 서비스 품질을 제공하기 위하여 연결 지향 통신(connection oriented communication)을 하기 때문에 핸드오버가 발생하면 통신을 위한 경로를 재 설정해 주어야 한다. 경로 재 설정에 있어서 높은 서비스 품질을 제공하기 위해서는 빠르고 효율적이며 끊김이 없어야 한다. 이러한 조건을 만족시키는 방법으로 점진적 경로 재 설정 방법(incremental re-establishment)이 적합한 것으로 알려져 있다. 점진적 경로 재 설정 방법은 기존 경로의 일부를 재사용하고 부분적으로만 경로를 재 설정함으로써 지금까지 제시된 다른 방법들에 비하여 효율적으로 경로를 재 설정할 수 있다. 그러나 이 방법을 구현하기 위한 기존의 접근 방법들은 이미 사용중인 경로에서 새로운 경로와의 접합점인 크로스오버 스위치(crossover switch)를 찾는 단계와 찾아진 크로스오버 스위치까지의 새로운 경로를 설정하는 단계로 이루어져 있기 때문에 핸드오버 지연 시간이 길고 시그널링 부담(overhead)이 크다. 본 논문은 핸드오버 지연 시간을 줄이고 시그널링 부담을 최소화하기 위해 두 단계로 이루어지던 점진적 경로 재 설정 방법을 한 단계로 단일화하는 기법을 제안한다. 제안하는 기법에서는 경로 설정을 위한 시그널링 메시지에 기존의 경로 정보를 포함시킴으로써 크로스오버 스위치의 탐색과 부분 경로 재 설정을 단일화한다. 또한 시뮬레이션을 통해 기존의 방법과 비교 평가함으로써, 제안하는 기법이 지연 시간과 시그널링 부담을 줄였음을 보인다.

영문 요약

In wireless ATM networks, the mobility of mobile terminals causes handovers between base stations or between ATM switches. During a handover, the connection path must be re-established because ATM switches communicate in the connection-oriented mode. Different approaches have been proposed to handle handovers but the incremental reestablishment scheme is expected to be fast, efficient, and transparent among them. Its implementation is composed of two steps - finding a crossover switch

(COS) between the current path and the new path in the first step and setting up a new partial path in the second step. However this implementation may cause long latency and heavy signaling overhead in wide area network. In this paper, we propose a new implementation technique of the incremental reestablishment scheme which finds a crossover switch and sets up a new partial path at one time using a new signaling message. The proposed technique makes a significant improvement in terms of latency and signaling overhead.

1 서론

차세대 통신 수단으로 각광받고 있는 무선 ATM 네트워크는 이동 단말과 기지국으로 구성되는 무선 통신 네트워크와 ATM 스위치들로 이루어진 기간 네트워크로 구성된다. 무선 ATM 네트워크에서는 이동 단말이 움직이기 때문에 기지국간 혹은 스위치간 핸드오버가 발생한다. ATM 네트워크는 연결 지향 통신을 하기 때문에 핸드오버가 발생하면 끝단간 통신을 위한 경로를 재 설정해 주어야 한다. 그런데 빠르고 효율적이며 끊김이 없는 데이터 전송을 위해서는 핸드오버가 빠른 시간 내에 수행되어야 하기 때문에 효과적인 경로 재 설정 기법이 개발되어야 한다.

지금까지 연구된 경로 재 설정 방법은 크게 4가지로 나뉘어진다 [1, 2]. 전체 경로 재 설정 방법 (Full Re-establishment) [3]은 핸드오버가 발생하였을 때 핸드오버 해 가는 대상 기지국 (mirror basestation : BS_{MIR})과 목적 기지국 (destination basestation : BS_{DEST})간의 전체 경로를 새로운 경로로 재 설정하는 방법이고, 경로 확장 방법 (Connection Extension) [4]은 현재 사용중인 경로에 소스 기지국 (source basestation : BS_{SRC})과 대상 기지국간의 경로를 덧붙이는 방법이다. 점진적 경로 재 설정 방법 (Incremental Re-establishment) [2]은 현재 사용중인 경로와 새로 설정되는 경로 사이에 교차되는 스위치를 선택하여 크로스오버 스위치 (crossover switch : COS)로 결정한 후, 대상 기지국과 크로스오버 스위치간의 경로는 새로 설정하고, 크로스오버 스위치와 목적 기지국간의 경로는 기존 경로를 재 사용하는 방법이다. 멀티캐스트 트리 경로 재 설정 방법 (Multicast Tree Establishment) [5]은 호 (call)가 설정될 때 이동 단말이 위치한 셀 (cell)의 모든 주변 셀 (neighboring cell)들과 목적 셀 간의 경로를 설정해 놓음으로써 핸드오버가 발생하였을 때, 즉시 그 경로를 이용하는 방법이다.

전체 경로 재 설정 방법은 핸드오버가 발생할 때마다 전체 경로를 다시 설정하기 때문에 핸드오버 지연 시간이 길어지고 네트워크의 자원을 많이 사용한다. 경로 확장 방법은 현재의 경로에 새로운 경로를 덧붙이기 때문에 핸드오버가 발생할 때마다 경로의 길이가 길어지고 경로 상에 사이클 (cycle)이 생길 수 있다. 멀티캐스트 트리 경로 재 설정 방법은 두 이동 단말간의 통신을 위해 여러 개의 경로를 설정해야 하기 때문에 네트워크의 자원 낭비가 심하다. 점진적 경로 재 설정 방법은 대상 기지국에서 크로스오버 스위치간의 경로만을 새로 설정하기 때문에 다른 방법들에 비해 핸드오버 지연 시간과 네트워크 자원의 이용 측면에서 효율적인 반면, 크로스오버 스위치를 찾아야 하는 부담이 있다 [1, 6, 2].

크로스오버 스위치를 결정할 때 대상 기지국과 크로스오버 스위치간 경로의 길이가 길면 이 경로를 설정하는데 걸리는 시간이 길어지므로 핸드오버 지연 시간이 길어진다. 반대로 대상 기지국과 크로스오버 스위치간의 경로를 짧게 하는데 중점을 두면 최종 경로의 길이가 길어질 수 있다. 따라서 적합한 크로스오버 스위치를 찾는 것이 중요하다. 점진적 경로 재 설정 방법은 크로스오버 스위치를 찾는 단계와 대상 기지국과 크로스오버 스위치간의 부분 경로를 설정하는 단계로 이루어져 있기 때문에 크로스오버 스위치의 탐색은 점진적 경로 재 설정 방법의 성능에 큰 영향을 미친다. 따라서 점진적 경로 재 설정이 효과적이기 위해서는 크로스오버 스위치 탐색 알고리즘이 효율적이어야 한다. 지금까지 연구된 크로스오버 스위치 탐색 알고리즘은 크게 근거리 네트워크를 위한 알고리즘 [7, 8, 6, 3]과 PNNI (Private Network to Network Interface) 네트워크 [9]을 위한 알고리즘으로 나뉘어진다 [10].

근거리 네트워크를 위한 알고리즘으로 Loose Select, Prior Path, Distributed Hunt, Backward Tracking 알고리즘이 제시되었다. Loose Select 알고리즘은 대상 기지국이 자신과 목적 기지국간의 최단 경로를 계산하고, 이 경로를 기존의 경로와 비교해 겹치는 스위치를 크로스오버 스위치로 결정한다. Prior Path 알고리즘은 대상 기지국이 자신과 기존 경로 상에 있는 모든 스위치간의 최단 거리를 계산하여 가장 짧은 거리를 갖는 스위치를 크로스오버 스위치로 결정한다. Distributed Hunt 알고리즘은 대상 기지국이 크로스오버 스위치 탐색 메시지를 네트워크 상의 모든 스위치에 브로드캐스트하고 각 스위치로부터 응답 메시지를 받아 크로스오버 스위치를 찾는다. Backward Tracking 알고리즘은 소스 기지국이 목적 기지국까지 한 스위치씩 기존 경로를 따라가면서 해당 스위치에서 소스 기지국과 대상 기지국으로 연결을 설정할 때 같은 포트 (port)를 사용하는 지를 확인하여 크로스오버 스위치를 결정한다.

근거리 네트워크에서는 Loose Select 알고리즘이나 Prior Path 알고리즘과 같이 끝단 간 기존 경로 정보와 네트워크의 구성 정보를 하나의 서버나 스위치에서 관리하고, 그 정보를 이용하여 크로스오버 스위치를 계산하는 중앙 집중 식의 구현이 가능하다. 또한 네트워크의 크기가 작기 때문에 Distributed Hunt 알고리즘과 같이 브로드캐스트 메시지를 이용한 크로스오버 스위치 탐색을 할 수 있다. 그러나 광역 네트워크에서는 하나의 서버나 스위치에 모든 끝단간의 경로 정보와 네트워크의 구성 정보를 저장하는 것이 어렵고, 브로드캐스트 메시지에 의한 크로스오버 스위치 탐색은 시그널링 부담이 크다. 따라서 근거리 네트워크에 적용되

는 알고리즘을 광역 네트워크에 바로 적용하는 것은 한계가 있다.

PNNI 네트워크를 위한 알고리즘으로는 Optimal 알고리즘과 Minimal 알고리즘이 제시되었다. Optimal 알고리즘에서는 대상 기지국이 각 이동 단말들을 서비스하고 있는 스위치들의 위치 관계와 네트워크의 계층 정보를 이용하여 크로스오버 스위치가 포함된 논리적인 그룹을 찾는다. 논리적인 그룹이 찾아지고 나면 대상 기지국은 실제 스위치에 대한 정보를 얻기 위해 시그널링을 한다. Minimal 알고리즘은 Optimal 알고리즘에 의해 찾아진 Optimal 크로스오버 스위치에서 수행된다. Optimal 크로스오버 스위치는 자신과 소스 기지국간의 경로와 자신과 대상 기지국간의 경로를 비교해 기존 경로를 최대한 재 사용할 수 있는 스위치를 Minimal 크로스오버 스위치로 결정한다.

PNNI 네트워크에 사용되는 Optimal 알고리즘과 Minimal 알고리즘은 크로스오버 스위치를 찾기 위해 시그널링 메시지를 이용한다. 따라서 Optimal 알고리즘이나 Minimal 알고리즘을 이용해 점진적 경로 재 설정 방법을 구현하면 크로스오버 스위치를 찾기 위한 시그널링과 부분 경로를 재 설정하기 위한 시그널링이 필요하다. 이와 같이 두 단계에 걸친 시그널링은 네트워크에 부담을 주고 핸드오버 지연 시간이 길어진다. 그러므로 광역 네트워크에 적용하기 위해서는 시그널링 부담과 핸드오버 지연 시간을 줄이기 위한 새로운 기법이 필요하다.

본 논문은 핸드오버 지연 시간과 시그널링 부담을 줄이기 위해 두 단계로 이루어지던 점진적 경로 재 설정 방법을 한 단계로 단일화하는 기법을 제안하고 성능을 분석한다. 단일화 기법으로 본 논문은 스위피 (Signaling With Path Information : SWIPI) 프로토콜과 강화된 스위피 (Enhanced SWIPI) 프로토콜을 제안한다.

스위피 프로토콜은 이동 단말간의 끝단 경로를 저장하는 경로 정보 테이블 (Path Information Table : PIT)과 크로스오버 스위치 탐색과 부분 경로 재 설정을 한 번에 수행하기 위한 경로 설정 메시지인 COSPS (CrossOver Switch Probe and Setup) 메시지를 정의한다. 스위피 프로토콜에서 핸드오버가 발생하면, 해당 이동 단말은 소스 스위치 (source switch : SRCX)의 경로 정보 테이블로부터 기존 경로 정보를 가져와 대상 기지국에게 핸드오버를 요청을 한다. 대상 기지국은 전송 받은 기존 경로 정보를 이용해 COSPS

메시지를 작성하여 대상 스위치 (mirror switch : MIRX)에게 전송한다. COSPS 메시지를 받은 스위치는 COSPS 메시지에 포함되어 있는 기존 경로 정보에 자신의 스위치 번호 (switch ID)가 포함되어 있는 지를 확인한다. 만약 포함되어 있으면 그 스위치가 크로스오버 스위치이므로 수행을 중지하고, 그렇지 않으면 라우팅 (routing) 테이블을 확인해 목적 스위치 (destination switch : DESTX)에 해당하는 경로를 선택해 COSPS 메시지를 전송한다. 이와 같이 경로 설정 메시지에 기존 경로 정보를 포함하는 스위피 프로토콜은 크로스오버 스위치 탐색과 부분 경로 재 설정의 두 단계를 한 단계로 수행하기 때문에 핸드오버 지연 시간과 시그널링 부담을 줄인다.

그러나 스위피 프로토콜은 COSPS 메시지에 기존 경로 정보를 모두 포함시키기 때문에 메시지의 길이가 길어진다. 또한 각 스위치에서 라우팅 경로를 결정할 때 목적 스위치를 이용하기 때문에 기존 경로를 최대한 재 사용하지 못한다. 이런 단점을 보완하기 위해 본 논문에서는 대상 기지국에서 COSPS 메시지를 작성하기 전에 ATM 스위치의 주소 할당과 네트워크의 계층 정보를 이용해 크로스오버 스위치 후보를 결정하는 과정을 추가한 강화된 스위피 프로토콜을 제안한다. 강화된 스위피 프로토콜은 대상 기지국에서 크로스오버 스위치 후보를 결정하는 과정을 추가하여 COSPS 메시지에 포함되는 기존 경로 정보를 소스 스위치에서 크로스오버 스위치 후보간의 경로 정보로 제한하여 메시지의 길이를 줄인다. 또한 각 스위치에서 다음 경로를 결정할 때 크로스오버 스위치 후보를 이용함으로써 경로 재사용율을 높인다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 경로 재 설정 방법을 구현할 때 성능 평가 기준이 되는 요소들에 대해 언급하고, 지금까지 연구된 크로스오버 스위치 탐색 알고리즘을 설명한다. 3장에서는 점진적 경로 재 설정 방법의 단일화 기법인 스위피 프로토콜과 강화된 스위피 프로토콜을 제안한다. 4장에서는 시뮬레이션을 통해 제안한 단일화 기법에 대한 성능을 비교 평가하고, 5장에서 결론을 맺는다.

2 관련 연구

이 장에서는 경로 재 설정 방법을 평가할 때 기준이 되는 요소들에 대해 설명하고, 지금까지 연구된 크로스오버 스위치 탐색 알고리즘을 근거리 네트워크를 위한 알고리즘과 PNNI 네트워크를 위한 알고리즘으로 나누어 설명한다.

2.1 경로 재 설정 방법을 평가하는 요소들

무선 ATM 네트워크에서 경로 재 설정은 연결 지향적인 ATM 네트워크의 특성상 핸드오버가 발생할 때마다 수행되어야 한다. 따라서 효과적으로 경로를 재 설정하는 것이 중요하다. 경로 재 설정을 위한 방법중의 하나인 점진적 경로 재 설정 방법의 구현에 있어서는 시그널링 부담, 핸드오버 지연 시간, 기존 경로 재 사용 율, 최종 경로의 길이가 고려되어야 한다 [11, 12].

시그널링 부담은 경로 재 설정을 위해 사용되는 시그널링 메시지의 양으로 계산된다. 광역 네트워크 적용하기 위한 점진적 경로 재 설정 방법에서는 크로스오버 스위치 (COS)를 찾기 위한 시그널링과 대상 기지국 (BS_{MIR})에서 크로스오버 스위치까지의 부분 경로를 설정하기 위한 시그널링이 필요하다. 시그널링 메시지가 많을수록 스위치에서의 대기 시간 (queueing delay)이 길어져 메시지 처리 시간이 길어진다. 그러므로 적은 메시지를 사용해 경로 재 설정을 수행하는 것이 좋다.

핸드오버 지연 시간은 이동 단말이 핸드오버를 요청한 후 대상 기지국에서 서비스를 받을 수 있게 되기까지 걸리는 시간이다. 점진적 경로 재 설정 방법에 있어서 핸드오버 지연 시간은 크로스오버 스위치를 찾는데 걸리는 시간과, 대상 기지국에서 크로스오버 스위치까지의 부분 경로를 재 설정하는데 걸리는 시간의 합이다. 핸드오버 지연 시간이 길어지면 연결이 끊길 수도 있고, 서비스 품질 (QoS)을 보장할 수 없게 된다. 따라서 핸드오버 지연 시간이 짧아야 한다.

기존 경로 재 사용 율은 핸드오버의 결과로 얻어진 최종 경로 중에서 기존의 경로가 차지하는 비율이다. 무선 ATM 네트워크에서 경로를 재 설정하는 이유는 핸드오버로 인해 기존의 경로로는 계속 연결할 수 없기 때문이다. 끊김 없는 연결이 되기 위해서는 기존의 경로는 유지한 채 새로운 경로를 설정한 후, 기존의 경로를 반환해야 한다. 각각의 연결들은 네트워크의 자원을 사용하기 때문에 연결 경로가 중복되는 구간이 길어질수록 자원이 낭비되고, 그 결과로 새로운 연결 요구가 받아들여지지 않을 수 있다. 따라서 기존의 경로를 최대한 재 사용하는 것이 바람직하다.

최종 경로 길이는 핸드오버의 결과로 만들어지는 연결 끝단간 경로의 길이이다. 최종 경로가 길면 단말간의 통신을 위한 지연 시간이 길어지고, 네트워크의 자원 낭비도 많아진다. 따라서 최종 경로의 길이는

짧아야 한다.

2.2 근거리 네트워크를 위한 알고리즘

단일 구조의 근거리 네트워크에서는 하나의 서버가 모든 이동 단말의 경로 정보를 관리하고, 하나의 스위치에 네트워크의 구성 정보를 저장하는 것이 가능하기 때문에 크로스오버 스위치 탐색을 중앙 집중 식으로 구현할 수 있다. Loose Select, Prior Path, Backward Tracking 알고리즘 [7, 8, 6]이 이 부류에 속한다. 또한 단일 구조의 근거리 네트워크에서는 스위치의 수가 적기 때문에 Distributed Hunt 알고리즘 [7, 8, 6]과 같이 브로드캐스트 (broadcast) 메시지를 이용한 크로스오버 스위치 탐색이 가능하다. 그림 1은 근거리 네트워크에서의 크로스오버 스위치 탐색 알고리즘을 보여준다. 이때 위치 서버 (Location Server : LS)는 이동 단말들의 위치를 추적하고 등록 정보를 관리하는 역할을 하며, 연결 서버 (Connection Server : CS)는 이동 단말들의 경로 정보를 저장 관리하는 역할을 한다.

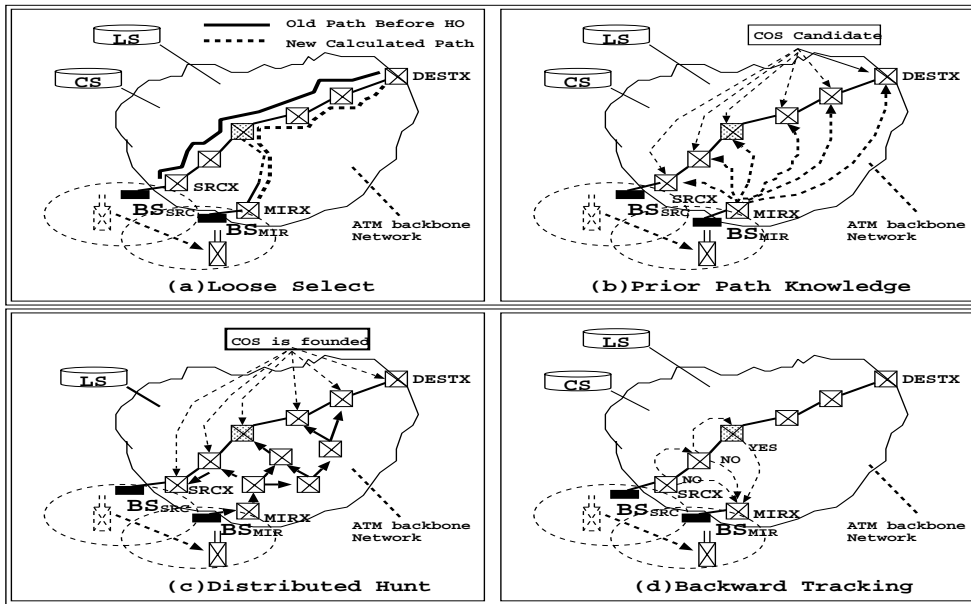


그림 1: 근거리 네트워크를 위한 크로스오버 스위치 탐색 알고리즘

Loose Select 알고리즘 (그림 1- a)에서는 대상 기지국(BS_{MIR})이 대상 스위치 (MIRX)에 저장되어 있는 네트워크의 구성 정보를 바탕으로 목적 스위치 (DESTX)까지의 최단 경로를 계산하고, 기지국이 계산된 경로를 연결 서버 (CS)에 저장되어 있는 기존의 경로와 비교해서 공통으로 포함되는 스위치를 크로스오버 스위치로 결정한다. Prior Path 알고리즘 (그림 1 - b)에서는 대상 기지국이 연결 서버에 저장되어 있

는 기존 경로 정보와 네트워크의 구성 정보를 가져와서, 기존 경로에 포함되어 있는 스위치들과 자신 사이의 최단 거리를 계산하고, 그 값이 가장 짧은 스위치를 크로스오버 스위치로 결정한다. 이들 두 알고리즘은 연결 서버에서 병목 현상이 발생할 수 있고, 각 스위치가 네트워크의 구성 정보를 저장해야 하기 때문에 광역 네트워크에 적용하기 힘들다.

Distributed Hunt 알고리즘 (그림 1 - c)에서는 모든 스위치가 자신을 통하여 연결을 맺고 있는 모든 이동 단말의 연결성 정보를 연결성 정보 테이블 (Connectivity Table) 형태로 관리한다. 핸드오버가 발생하면 대상 기지국은 네트워크 내의 모든 스위치에게 크로스오버 스위치 탐색 메시지를 브로드캐스트 (broadcast) 하고, 네트워크 내의 모든 스위치들은 자신의 연결성 정보 테이블을 검색하여 자신이 크로스오버 스위치가 될 수 있는지를 대상 기지국에게 응답한다. 임계시간 (timeout period)이 지난 후에, 대상 기지국은 응답 메시지가 거처온 경로 정보를 바탕으로 각 스위치까지의 최단 거리가 가장 짧은 스위치를 계산해 크로스오버 스위치로 결정한다. 이 알고리즘은 크로스오버 스위치 탐색 메시지를 브로드캐스트하기 때문에 광역 네트워크에 적용하기 힘들다.

Backward Tracking 알고리즘 (그림 1 - d)에서는 연결 서버는 기존 경로 정보를 저장하고 있지 않으며, 소스 기지국은 네트워크 구성 정보를 일부 가지고 있다. 핸드오버가 발생하면 소스 기지국이 소스 스위치와 목적 스위치간의 기존 경로상의 스위치들이 크로스오버 스위치가 될 수 있는지를 순차적으로 탐색한다. 이 알고리즘은 최종 경로가 길어지고, 탐색 시간이 오래 걸린다.

2.3 PNNI 네트워크를 위한 알고리즘

본 절에서는 PNNI 기반의 ATM 네트워크에 대한 개요와 라우팅에 대해 알아보고, PNNI 네트워크에서 크로스오버 스위치를 찾는 Optimal 알고리즘과 Minimal 알고리즘에 대해 설명한다.

PNNI 네트워크는 여러 동료 그룹 (peer group)으로 이루어진 계층 구조를 가진다. 최하위 계층 (level n)의 동료 그룹은 실제 ATM 스위치들로 구성되어 있으며, 계층 $n-1$ 에서 계층 1까지의 상위 계층은 하위 계층을 대표하는 논리적인 노드 (node)들로 구성되어 있다. 각 동료 그룹은 자신을 대표하는 대표 노드 (Peer

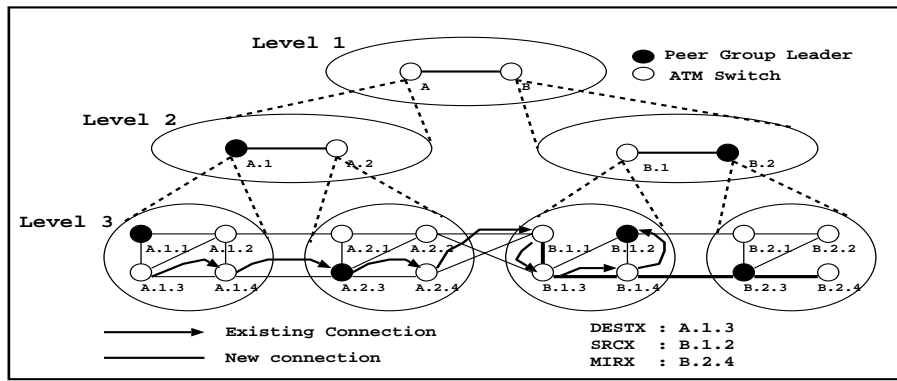


그림 2: PNNI 기반의 계층적 네트워크 구조와 라우팅의 예

Group Leader : PGL)를 선출하고, 이 대표 노드는 상위 동료 그룹에서 자신의 그룹을 대표한다. 그룹 안에서 각 노드들은 네트워크의 구성 정보와 라우팅을 위한 정보들을 상호 교환한다. 대표 노드 (PGL)는 상위 동료 그룹에서 자신이 대표하고 있는 그룹의 요약 정보를 해당 동료 그룹 안의 다른 노드들과 교환하며, 이렇게 교환된 요약 정보를 다시 하위 그룹으로 브로드캐스트 한다. 이와 같은 방법으로 각 노드들은 자신이 속한 동료 그룹에 대한 전체 정보와 자신이 속한 모든 상위 계층에 대한 요약 정보를 갖게 된다. PNNI 네트워크에서는 DTL (Designated Transit List)을 이용한 계층적 소스 라우팅 (hierarchical source routing) [9]을 한다. DTL 정보는 각 그룹으로 들어오는 첫 번째 노드에 저장되며, 경로 설정 메시지에 포함되어 전송된다.

Optimal 알고리즘은 소스 스위치와 대상 스위치 그리고 목적 스위치의 위치관계에 따라 크로스오버 스위치를 찾는다. 스위치간 핸드오버가 발생하는 경우에는 소스 스위치와 목적 스위치, 소스 스위치와 대상 스위치가 공통으로 포함되어 있는 상위 동료 그룹에 따라 세 가지 경우가 발생한다. 설명을 간단히 하기 위하여, L_{ij} 를 스위치 i 와 스위치 j 가 공통으로 속하는 상위 동료 그룹의 레벨 (level), P_{ij} 를 스위치 i 와 스위치 j 가 공통으로 속하는 상위 동료 그룹, 소스 스위치를 S , 대상 스위치를 M , 목적 스위치를 D 라고 부르기로 한다. $L_{SD} < L_{SM}$ 인 경우에는 소스 스위치와 대상 스위치의 거리가 소스 스위치와 목적 스위치의 거리보다 가깝기 때문에, P_{SM} 으로 들어오는 첫 번째 노드를 Optimal 크로스오버 스위치로 결정한다. $L_{SD} > L_{SM}$ 이거나 $L_{SD} = L_{SM}$ 인 경우에는 서로 간에 공통으로 포함되는 경로가 없기 때문에 목적 스위치를 크로스오버 스위치로 결정한다. 예를 들어, 그림 2에서 보는 바와 같이 스위치 A.1.3에서 서비스를 받고 있는 이동 단말과 스위치 B.1.2에서 서비스를 받고 있는 이동 단말 사이에 연결이 설정되어 있다가, 스위치 B.1.2에서 서비스를 받고 있던 이동 단말이 스위치 B.2.4 지역으로 핸드오버를 했다고 가정하면, L_{SD} 는 1이 되고 L_{SM} 은 2가 되어 $L_{SD} < L_{SM}$ 의 경우가 된다. 따라서 Optimal 크로스오버 스위치는 P_{SM} (즉

B)으로 들어오는 첫 번째 스위치인 B.1.1이 된다.

Optimal 알고리즘은 스위치들간의 상위 동료 그룹 정보를 이용하여 쉽게 크로스오버 스위치를 결정할 수 있다. 하지만 이 알고리즘은 그림 2의 예에서도 보듯이 기존 경로를 최대한 사용할 수 있는 스위치 B.1.4가 존재하는데도 스위치 B.1.1을 크로스오버 스위치로 결정해 기존 경로를 최대한 재 사용하지 못한다.

Minimal 알고리즘의 경우에는 Optimal 알고리즘이 기존의 경로를 최대한 사용하지 못하던 단점을 보완하기 위해서 제시되었다. Minimal 알고리즘에서는 Optimal 크로스오버 스위치를 찾은 후에, Optimal 크로스오버 스위치에서 기존의 경로를 최대한 재 사용할 수 있는 크로스오버 스위치를 계산한다. Optimal 크로스오버 스위치는 해당 그룹으로 들어오는 첫 번째 스위치이므로 이 스위치에서 소스 스위치까지의 논리적인 경로가 명시된 DTL 정보가 저장되어 있다. 따라서, Minimal 알고리즘에서는 이 DTL 정보와 비교하여 기존 경로를 최대한 재 사용할 수 있는 스위치를 크로스오버 스위치로 결정한다. 예를 들어 그림 2에서 Optimal 알고리즘에 의해 크로스오버 스위치로 결정된 스위치 B.1.1에는 Optimal 크로스오버 스위치 B.1.1에서 소스 스위치인 B.1.2까지의 DTL 정보가 저장되어 있다. 이때, Minimal 알고리즘은 Optimal 크로스오버 스위치 B.1.1에서 대상 스위치인 B.2.4까지의 DTL을 구할 수 있으므로, 이 두 정보를 비교하여 기존의 경로를 최대한 재 사용할 수 있는 스위치인 B.1.4를 Minimal 크로스오버 스위치로 결정한다.

Minimal 알고리즘은 기존의 경로를 최대한 재 사용할 수 있는 장점이 있다.

3 제안하는 단일화 기법

지금까지 제시된 크로스오버 스위치 탐색 알고리즘의 경우에는 특정한 네트워크의 구성이나 환경에 국한된 경향이 있다. 그러나 본 논문에서는 특정한 네트워크 구성이나 환경에 국한되지 않으면서 구현이 간단하고, 시그널링 부담이 적으며, 빠른 핸드오버를 보장하는 점진적 경로 재 설정 방법의 단일화 기법을 제안한다. 제안하는 단일화 기법은 경로 설정 메시지에 기존 경로를 포함하는 방식으로 크로스오버 스위치의 탐색과 부분 경로 재 설정을 단일화한다. 이 단일화 기법을 본 논문은 스위피 (Signaling With Path Information : SWIPI) 프로토콜이라 부른다. 또한 PNNI 네트워크 같이 계층적 네트워크에 보다 효율적으로 적용할 수 있도록 스위피 프로토콜을 보강한 강화된 스위피 (Enhanced SWIPI) 프로토콜을 제안한다. 이 프로토콜은

네트워크의 계층 정보를 이용하여 크로스오버 스위치 후보를 결정하는 과정을 추가함으로써 스위피 프로토콜보다 시그널링 부담과 핸드오버 지연 시간을 줄이는 방법이다.

3.1 스위피 프로토콜

스위피 프로토콜을 위해 각 스위치는 자신이 서비스하는 이동 단말들 중 연결이 설정되어 있는 이동 단말에 대한 연결 경로 정보를 경로 정보 테이블 (Path Information Table : PIT)에 관리한다. 핸드오버가 발생하면 이동 단말은 소스 스위치 (SRCX)의 경로 정보 테이블에서 자신의 기존 경로 정보를 가져와서 대상 기지국 (BS_{MIR})에 전송한다. 대상 기지국은 본 논문이 정의하는 경로 설정 메시지에 그 정보를 포함시켜 대상 스위치로 보낸다. 경로 설정 메시지를 받은 스위치는 경로 설정 메시지에 포함되어 있는 기존 경로 정보에서 자신의 스위치 번호를 검색한다. 이때 스위치 번호가 포함되어 있으면 그 스위치가 크로스오버 스위치이므로 수행을 중지하고, 포함되어 있지 않으면 라우팅 테이블을 확인해 목적 스위치에 해당하는 다음 경로를 선택해 메시지를 전송한다. 스위피 프로토콜을 위한 시그널링 메시지와 경로 정보 테이블은 다음과 같이 정의된다.

스위피 프로토콜에서는 기존 경로 정보를 실어 보낼 수 있는 새로운 경로 설정 메시지인 COSPS (CrossOver Switch Probe and Setup) 메시지를 정의한다. 이 메시지는 그림 3의 (a)와 같이 메시지 내에 <소스 이동 단말 번호, 대상 이동 단말 번호, 기존 경로 정보, 새로운 경로 정보>를 포함한다. 이때 기존 경로 정보는 핸드오버 이전에 두 단말간에 설정되어 있던 경로에 대한 정보이며, 새로운 경로 정보는 COSPS 메시지의 처리 과정에서 각 스위치에 의해 추가되는 대상 스위치와 크로스오버 스위치간의 부분 경로에 대한 정보이다. ATM 네트워크의 시그널링 표준인 Q.2931 [13]을 이용하면 COSPS 메시지와 같이 다양한 정보를 포함하는 시그널링 메시지를 정의할 수 있다.

경로 정보 테이블 (PIT)은 이동 단말간의 연결 경로 정보를 저장하기 위한 테이블로 각 스위치 내에 존재한다. 각 스위치는 자신이 서비스하는 모든 이동 단말 중 연결이 설정되어 있는 이동 단말들에 대한 경로 정보를 이 테이블에 저장한다. 경로 정보 테이블은 그림 3의 (b)와 같이 <소스 이동 단말 번호, 대상 이동 단말 번호, 경로 정보>로 구성되며, 단말간의 연결 설정 시에 초기화되고, 핸드오버가 발생하여 경로가 재 설정될 때마다 갱신된다. 경로 정보 테이블에 저장된 연결 경로 정보는 핸드오버가 발생할 때 해당 이

MT ID	ET ID	Old Path Information [SRCX to DESTX]	New Path Information [Initially Empty]
-------	-------	---	---

[(a) COSPS Message Element]

From	To	Path Information
MT ID	ET ID	SRCX Switch ID . . . Switch ID DESTX
⋮	⋮	⋮
MT ID	ET ID	SRCX Switch ID . . . Switch ID DESTX

[(b) Path Information Table]

그림 3: COSPS 메시지와 경로 정보 테이블

동 단말에 의해 대상 기지국에 전송되어 COSPS 메시지에 포함된다.

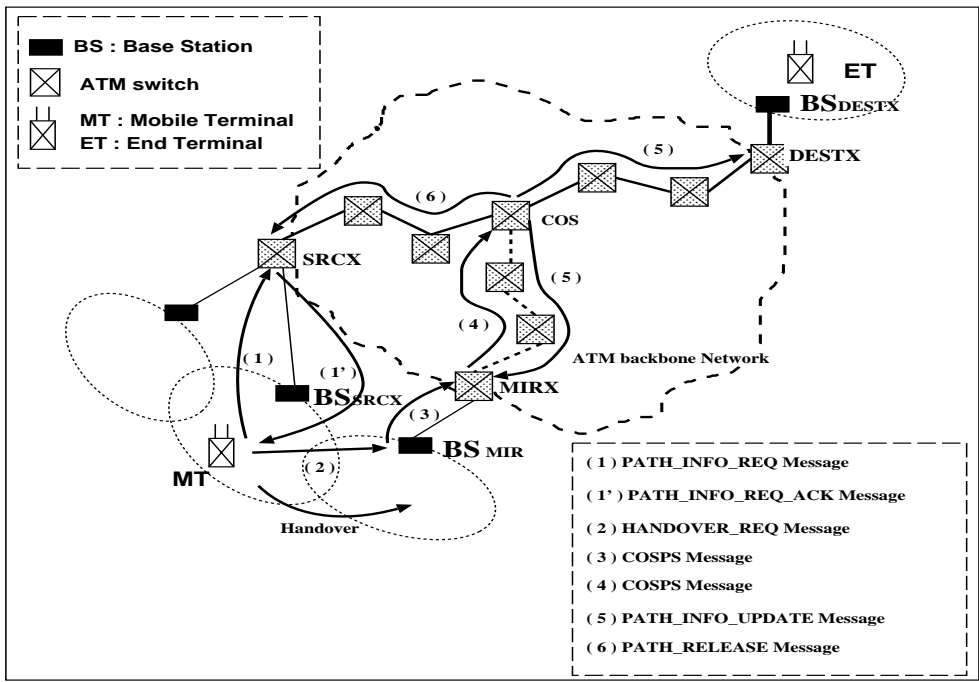


그림 4: 스위피 프로토콜

스위피 프로토콜의 동작 과정은 그림 4와 같다.

- 1 단계 소스 기지국에서 대상 기지국으로 핸드오버가 발생하면 해당 이동 단말은 소스 기지국에게 경로 정보 요구 메시지 (PATH_INFO_REQ Message)를 보내고, 소스 기지국은 자신을 관할하는 스위치인 소스 스위치 (SRCX)에게 이 메시지를 전송한다. 소스 스위치는 자신의 경로 정보 테이블에서 해당 이동 단말에 대한 연결 경로 정보를 검색하여 응답 메시지 (PATH_INFO_REQ_ACK Message)

에 포함시키고, 이 메시지를 소스 기지국을 통해 해당 이동 단말에게 전송한다.

- **2 단계** 기존 경로 정보를 받은 이동 단말은 해당 경로 정보를 바탕으로 핸드오버 요청 메시지 (HANDOVER_REQ Message)를 작성하여 대상 기지국 (BS_{MIR})에게 전송한다.
- **3 단계** 대상 기지국은 전송 받은 핸드오버 요청 메시지에 포함되어 있는 기존 경로 정보를 바탕으로 COSPS 메시지를 작성하여 자신을 관할하는 스위치인 대상 스위치에게 전송한다. 이때 COSPS 메시지는 <소스 이동 단말 번호, 대상 이동 단말 번호, 기존 경로 정보, 새로운 경로 정보>로 구성된다.
- **4 단계** COSPS 메시지를 받은 네트워크 내의 스위치는 COSPS 메시지에 포함되어 있는 기존 경로 정보에 자신의 스위치 번호가 포함되어 있는지를 확인한다. 이때 기존 경로에 포함되는 경우에는 그 스위치가 크로스오버 스위치가 되고, 단계 5로 넘어간다. 만약 기존 경로에 포함되지 않으면 스위치는 연결 허가 제어 (Connection Admission Control : CAC) 후 COSPS 메시지의 새로운 경로 정보에 자신의 스위치 번호를 기록하고, 라우팅 테이블에서 목적 스위치에 해당하는 다음 스위치를 확인해 COSPS 메시지를 전송한다.
- **5 단계** 단계 4를 통하여 크로스오버 스위치가 결정되면 크로스오버 스위치는 COSPS 메시지의 새로운 경로 정보를 바탕으로 대상 스위치와 목적 스위치에게 경로 정보 갱신 메시지 (PATH_INFO_UPDATE Message)를 전송하고, 연결 경로를 기존의 경로에서 새로운 경로로 바꾸어준다.
- **6 단계** 경로 반환 메시지 (PATH_RELEASE Message)를 이용하여 기존 경로를 반환한다.

3.2 강화된 스위피 프로토콜

스위피 프로토콜은 특별한 네트워크의 구성이나 환경에 구애받지 않고 적용할 수 있는 프로토콜이다. 하지만 스위피 프로토콜은 COSPS 메시지 내에 기존 경로 정보를 모두 포함시키기 때문에 메시지가 길어진다. ATM 스위치 번호는 20 바이트 (byte)로 표현되기 때문에 기존 경로 전부를 포함시킬 경우에는 부담이 된다. 또한 스위치에서 라우팅 경로를 결정할 때 목적 스위치를 이용하기 때문에 기존의 경로와 중첩되는 경로가 존재하는 데에도 불구하고 다른 경로를 선택하여 기존 경로를 최대한 재 사용하지 못하는 경우가 발생한다. 이러한 단점을 보완하기 위해 강화된 스위피 프로토콜에서는 단계 3에서 크로스오버 스위치 후보를 결정한 후 기존 경로에 대한 전체 정보 대신 소스 스위치와 크로스오버 스위치 후보간의 경로만을 COSPS 메시지 내에 포함시켜 메시지의 길이를 줄인다. 또한 단계 4에서 라우팅 경로를 선택할 때 목적

스위치 대신 크로스오버 스위치 후보를 이용함으로써 기존 경로를 최대한 재 사용할 수 있도록 한다.

강화된 스위피 프로토콜의 COSPS 메시지는 그림 5와 같이 <소스 이동 단말 번호, 대상 이동 단말 번호, 크로스오버 스위치 후보, 소스 스위치에서 크로스오버 스위치 후보까지의 경로 정보, 새로운 경로 정보>를 포함한다. 스위피 프로토콜에서 사용하는 COSPS 메시지와 비교할 때 강화된 스위피 프로토콜의 COSPS 메시지는 크로스오버 스위치 후보가 추가되었고, 메시지 안에 포함시키는 기존 경로 정보가 소스 스위치에서 크로스오버 스위치간의 경로 정보로 줄었다. 경로 정보 테이블은 스위피 프로토콜과 동일하다.

MT ID	ET ID	Old Path Information [SRCX to COS candidate]	New Path Information [Initially Empty]
-------	-------	---	---

그림 5: 강화된 스위피 프로토콜의 COSPS 메시지

ATM 포럼 (Forum)에서 정의한 ATM의 주소 할당 (addressing)은 사설망 (private network)과 공중망 (public network)으로 구분된다. 사설망에서는 DCC (Data Country Code) 포맷, ICD (International Code Designator) 포맷 그리고 E.164 포맷을 사용할 수 있으며, 공중망에서는 E.164 또는 앞의 3가지 포맷 또는 둘 모두를 사용할 수 있다 [14]. 이러한 ATM 주소는 스위치가 위치한 지리적인 위치에 밀접하게 관련되어 할당된다. 따라서 ATM 스위치의 주소를 보면 그 스위치의 지리적인 위치를 알 수 있다. 이해를 쉽게 하기 위해 E.164 [15]와 유사한 구조를 가지는 전화번호를 예로 들어보자. 현재의 전화번호를 보면 +82 - 42 - 869 - 3552라는 번호는 대한민국의 대전에 있는 전화라는 것을 알 수 있다. 우리가 전화 번호만으로 그 전화가 위치한 곳을 알 수 있는 이유는 전화번호 할당이 지리적인 위치와 밀접한 관련이 있기 때문이다. PNNI 네트워크에서도 실제 스위치들에 대한 번호는 ATM 스위치의 주소 할당 방법을 따르고 있으며, 상위 계층의 논리적인 노드들에 대한 번호는 하위 스위치의 번호에 따라 계층적으로 표현된다. 강화된 스위피 프로토콜은 스위치 번호의 지리적 연관성과 계층 구조의 특징을 이용해 크로스오버 스위치 후보를 결정한다. 강화된 스위피 프로토콜에서 크로스오버 스위치 후보를 결정하는 방법은 다음과 같다.

크로스오버 스위치 후보를 결정하기 위해 대상 기지국은 소스 스위치와 대상 스위치가 공통으로 포함되는 상위 동료 그룹을 찾는다. 이때 그림 6과 같이 목적 스위치가 해당 상위 동료 그룹에 포함되는지의 여부

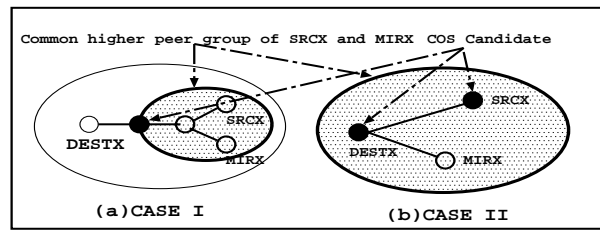


그림 6: 크로스오버 스위치 후보의 결정 방법

에 따라 두 가지 경우가 발생한다. 목적 스위치가 공통의 상위 동료 그룹에 포함되는 경우 (case II)에는 기존의 경로와 새로운 경로간에 겹치는 부분이 없으므로 이때는 소스 스위치나 목적 스위치를 크로스오버 스위치 후보로 결정한다. 목적 스위치가 공통의 그룹에 포함되지 않는 경우 (case I)에는 공통 상위 동료 그룹으로 들어오는 첫 번째 노드를 크로스오버 스위치 후보로 결정한다. 이 때 대상 기지국은 기존 경로 정보를 알고 있기 때문에 공통 상위 동료 그룹으로 들어오는 첫 번째 노드가 어떤 스위치인지 바로 결정할 수 있다.

예를 들어 2장의 그림 2에서처럼 스위치 B.1.2 (SRCX)에서 서비스를 받고 있던 이동 단말이 스위치 B.2.4 (MIRX)의 서비스지역으로 핸드오버를 한 경우를 가정해보자. 이때는 스위치 B.1.2와 스위치 B.2.4가 공통으로 포함되는 상위 동료 그룹은 B가 되고, 목적 스위치 A.1.3 (DESTX)이 공통 상위 동료 그룹인 B에 포함되지 않는다. 따라서 B 그룹으로 들어오는 첫 번째 스위치인 B.1.1을 크로스오버 스위치 후보로 결정한다. 이 때 대상 기지국은 기존 경로가 A.1.3 ⇒ A.1.4 ⇒ A.2.3 ⇒ A.2.4 ⇒ B.1.1 ⇒ B.1.3 ⇒ B.1.4 ⇒ B.1.2인 것을 알고 있으므로 B 그룹으로 들어오는 첫 번째 스위치가 B.1.1이라는 것을 쉽게 알 수 있다.

강화된 스위피 프로토콜의 동작 과정은 스위피 프로토콜과 유사하다. 단계 1과 단계 2는 동일하고, 단계 3에서 대상 기지국은 COSPS 메시지를 작성하기 전에 앞서 설명된 크로스오버 스위치 후보 결정 방법에 따라 크로스오버 스위치 후보를 결정한다. 크로스오버 스위치 후보가 결정되면, 대상 기지국은 이 정보를 COSPS 메시지에 포함시켜 대상 스위치로 전송한다. 단계 4에서 각 스위치는 COSPS 메시지에 포함되어 있는 소스 스위치에서 크로스오버 스위치 후보까지의 경로 정보에서 자신의 스위치 번호를 검색해보고 포함되어 있지 않은 경우에 라우팅 테이블을 확인하여 크로스오버 스위치 후보 (스위피 프로토콜에서는 목적 스위치였음)에 해당하는 다음 스위치를 결정하여 COSPS 메시지를 전송한다. 그 이후의 과정은 스위피 프로토콜과 같다.

4 성능 분석

본 장에서는 본 논문이 제안한 스위피 프로토콜과 강화된 스위피 프로토콜을 시뮬레이션을 통해 분석한 결과를 기술한다. 성능 평가 대상은 근거리 네트워크를 위한 알고리즘들 중에서 비교적 성능이 좋은 것으로 알려진 [7] Prior Path 알고리즘과 Distributed Hunt 알고리즘, 그리고 PNNI 네트워크를 위한 Optimal 알고리즘과 Minimal 알고리즘이다. 성능 평가의 기준은 시그널링 부담, 핸드오버 지연 시간, 기존 경로 재사용율, 최종 경로의 길이이다. 본 논문에서의 시뮬레이션 환경과 네트워크의 구성, 그리고 결과는 다음과 같다.

4.1 시뮬레이션 환경

본 논문은 광역 네트워크를 가정하기 때문에 크로스오버 스위치의 탐색과 부분 경로 재 설정은 시그널링 메시지에 의해 수행되고, 전체 네트워크의 구성 정보를 하나의 서버나 스위치에서 저장하는 중앙 집중 식의 구현은 불가능하다고 가정한다. 따라서 근거리 네트워크를 위한 알고리즘인 Prior Path 알고리즘은 대상 기지의 계산에 의해 크로스오버 스위치를 결정하는 것이 아니라 기존 경로 상에 있는 모든 스위치들을 대상으로 크로스오버 스위치 탐색 메시지를 멀티캐스트 하여 찾는다. 네트워크 내의 모든 스위치들의 라우팅 테이블은 OSPF (Open Shortest Path First) 알고리즘에 따라 구성되어 있다.

구성된 네트워크에서 최초 연결은 임의의 두 이동 단말을 선택하여 설정하고, 시뮬레이션을 간단하게 하기 위해 한 이동 단말만이 핸드오버를 한다고 가정한다. 핸드오버 대상 스위치는 핸드오버를 하는 이동 단말이 서비스를 받고 있는 스위치에서 3홉 (hop) 이내의 스위치 중에서 임의로 선택하고, 한번 설정된 연결은 정해진 핸드오버 횟수 (1 ~ 10 번) 이후에 종료된다. 스위치에서 메시지 처리에 소요되는 시간은 크로스오버 스위치 탐색을 위한 메시지는 1ms, COSPS 메시지를 포함한 경로 설정 메시지는 2.33ms이다 [10].

본 시뮬레이션에서는 무선 네트워크 부분 (이동 단말에서 기지국 사이)은 핸드오버를 발생시키는 역할만을 담당한다고 가정하고, 무선 네트워크에서의 경로 재 설정을 위한 시그널링이나 지연 시간은 고려하지 않으며, 스위치들로 구성된 유선 네트워크 부분에 대해서만 측정한다. 시그널링 부담은 크로스오버 스위치의 탐색과 부분 경로 재 설정에 사용된 메시지의 총 개수이고, 핸드오버 지연 시간은 크로스오버 스위치를 탐색하는데 걸리는 시간과 부분 경로를 재 설정하는데 걸리는 시간의 합이다. 기존 경로 재사용 율은 핸드오버의 후의 단말간 경로의 총 홉 수에서 기존 경로의 홉 수가 차지하는 비율이고, 최종 경로의 길이는

핸드오버 후의 단말간 경로의 총 홉 수이다.

시뮬레이션에서 시그널링 부담, 핸드오버 지연 시간, 기존 경로 재사용율, 최종 경로의 길이는 다음과 같이 구해진다. 먼저 네트워크 내에서 임의의 두 이동 단말을 선택하여 연결을 설정한 후 한 이동 단말을 한번 핸드오버 시킨 후 연결을 종료하고, 다시 임의의 두 이동 단말을 선택하여 새로운 연결을 설정하는 방식으로 100,000번을 수행하여 결과의 평균치를 구한다. 다음에는 최초 연결을 설정한 후 한 이동 단말을 두 번 핸드오버 시킨 후 연결을 종료하는 방식으로 100,000번을 수행하여 결과의 평균치를 구한다. 이렇게 한 번에서 열 번까지 핸드오버가 발생하는 경우에 대해 각각 100,000번 씩 실험한 평균치를 구한다.

4.2 시뮬레이션 네트워크의 구성

성능 분석을 위해 시뮬레이션 한 네트워크는 [7, 6]에서 사용된 스타형 네트워크와 트리형 네트워크 그리고 트리형 네트워크를 PNNI 명세에 비추어 변환한 트리형 PNNI 네트워크이다. 스타형과 트리형 네트워크는 계층 구조를 가지지 않은 광역 네트워크를 가정한 네트워크 구조이고, 트리형 PNNI 네트워크는 트리형 네트워크를 계층 구조를 가진 PNNI 네트워크로 변환한 것이다.

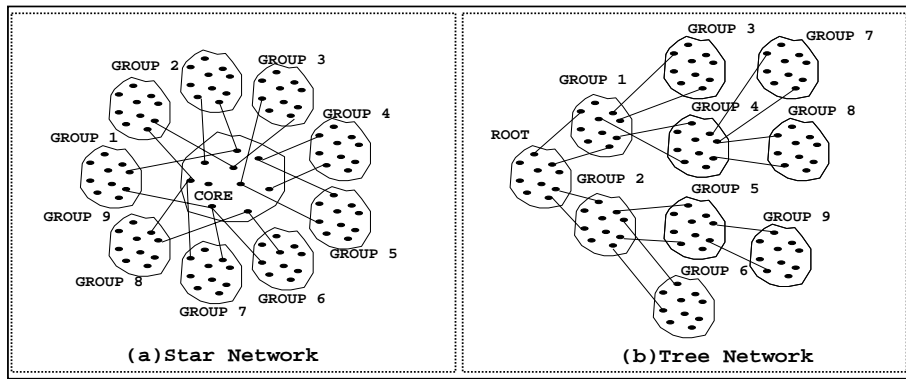


그림 7: 스타형과 트리형 네트워크 구성

스타형 네트워크는 그림 7의 (a)와 같이 여러 개의 스위치들로 이루어진 그룹들이 스타 형태를 취하고 있는 네트워크 구조이다. 각 그룹은 10개의 스위치로 구성되어 있으며, 전체 네트워크는 하나의 핵심 그룹과 9개의 소그룹으로 구성되어 있다. 네트워크 내의 총 스위치 개수는 100개이고, 각 소그룹들은 그룹간 링크에 의해 핵심 네트워크와 연결되어 있으며, 스위치 당 평균 링크(link) 수는 3개이다. 핵심 그룹을 제외한 나머지

그룹들은 각각 하나의 서브 네트워크 (subnetwork) 과 유사하며 핵심 그룹은 다른 서브 네트워크를 연결시키는 기능을 한다.

트리형 네트워크는 그림 7의 (b) 와 같이 하나의 루트 (root) 그룹에 여러 개의 소그룹들이 트리 형태를 취하고 있는 네트워크 구조이다. 트리형 네트워크 역시 하나의 그룹은 10개의 스위치로 구성되어 있으며, 그룹들은 그룹간 링크에 의해 상호 연결되어 있다. 네트워크 내의 총 스위치의 개수는 100개이며, 스위치 당 평균 링크 수는 3개이다.

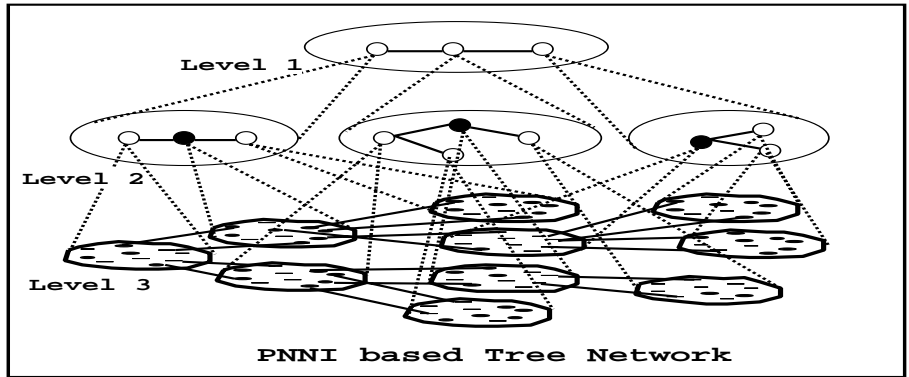
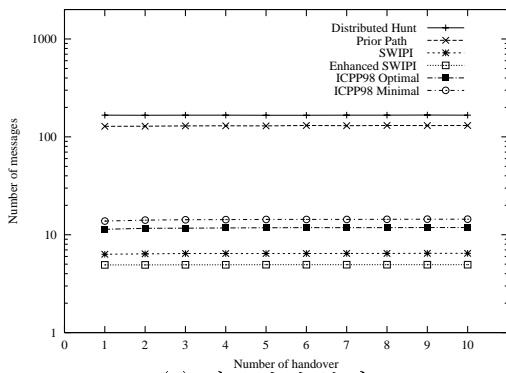


그림 8: 트리형 PNNI 네트워크 구성

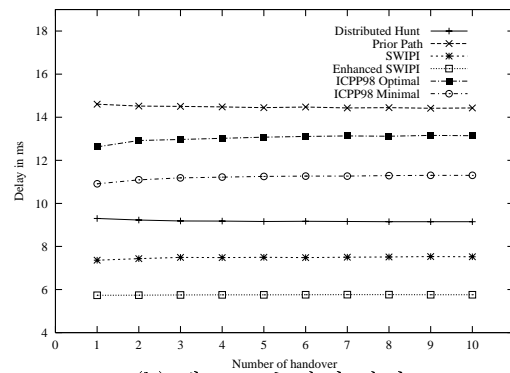
트리형 PNNI 네트워크는 그림 8과 같이 트리형 네트워크를 PNNI 명세에 비추어 3개의 계층을 가지는 PNNI 네트워크로 변환하여 구성하였다. 따라서 맨 하위 계층은 트리형 네트워크의 구조와 같고, 상위 계층은 하위 계층의 네트워크에서 각 그룹마다 대표 노드를 선출하여 구성하였다. 트리형 네트워크가 10개의 소그룹으로 구성되어 있으므로 두 번째 계층은 각 그룹을 대표하는 10개의 대표 노드들로 구성되고, 다시 이 노드들을 3개의 그룹으로 묶어 해당 그룹의 대표 노드를 선출함으로써 3개의 대표 노드를 가지는 최상위 그룹을 형성한다.

4.3 시뮬레이션 결과 및 분석

시뮬레이션은 스타형과 트리형 네트워크 그리고 트리형 PNNI 네트워크 구조 모두에 대해 실시하였으나 [16], 그 결과가 비슷하였기 때문에 본 논문에서는 트리형 PNNI 네트워크 구조에 대한 결과만을 수록한다.



(a) 시그널링 부담

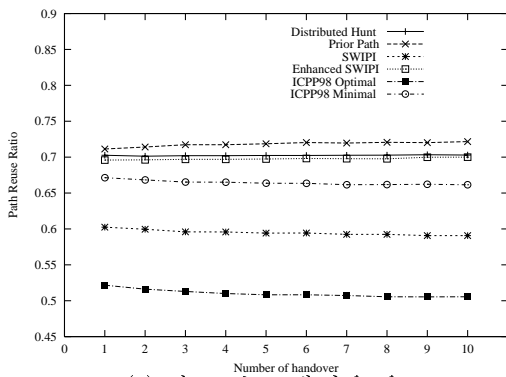


(b) 핸드오버 지연 시간

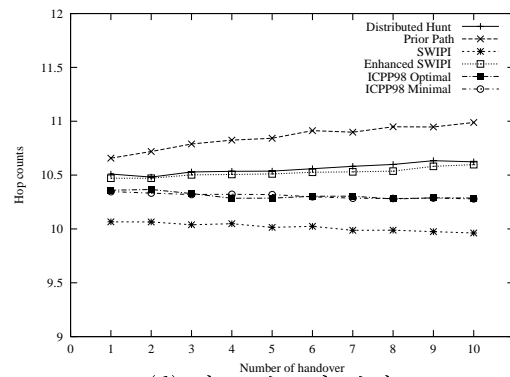
그림 9: 시그널링 부담과 핸드오버 지연 시간

그림 9의 (a)에서 보면 시그널링 부담 측면에서는 본 논문이 제안한 스위피 프로토콜과 강화된 스위피 프로토콜이 가장 적은 시그널링 메시지를 사용하고 있다. Optimal 알고리즘과 Minimal 알고리즘은 본 논문이 제안한 프로토콜에 비해 약 2배 정도의 메시지를 사용하고 있으며, Prior Path 알고리즘과 Distributed Hunt 알고리즘은 50배 이상의 메시지를 사용하고 있음을 볼 수 있다. 본 논문이 제안한 프로토콜이 가장 적은 메시지를 사용하는 이유는 크로스오버 스위치의 탐색과 부분 경로 재 설정을 COSPS 메시지 하나로 수행하기 때문이다. Prior Path 알고리즘과 Distributed Hunt 알고리즘이 가장 많은 메시지를 사용하는 이유는 두 알고리즘의 경우 크로스오버 스위치를 찾기 위해 크로스오버 스위치 탐색 메시지를 멀티캐스트 혹은 브로드캐스트하기 때문이다.

그림 9의 (b)는 핸드오버 지연 시간의 그래프이다. 이때 Prior Path 알고리즘은 기존 경로 상에 있는 스위치들을 대상으로 크로스오버 스위치 탐색 메시지를 멀티캐스트 한 후 모든 스위치들로부터 응답 메시지를 받아 크로스오버 스위치를 찾고, Distributed Hunt 알고리즘은 크로스오버 스위치 탐색 메시지를 브로드캐스트 한 후 세 번째 응답 메시지까지 기다렸다가 크로스오버 스위치를 찾는 것으로 가정하였다 [7, 6]. 이 그래프를 보면 강화된 스위피 프로토콜이 가장 적은 핸드오버 지연 시간을 가지며, 스위피 프로토콜, Distributed Hunt 알고리즘, Minimal 알고리즘, Optimal 알고리즘, Prior Path 알고리즘 순서로 지연 시간이 길어지고 있음을 알 수 있다. 본 논문이 제안하는 프로토콜의 핸드오버 지연 시간이 가장 짧은 이유는 다른 크로스오버 스위치 탐색 알고리즘을 사용하는 경우에는 크로스오버 스위치를 찾은 후에 부분 경로를 재 설정해야 하는 반면, 스위피 프로토콜이나 강화된 스위피 프로토콜은 이 두 단계를 한 단계로 수행하기 때문이다.



(c) 기존 경로 재사용 율



(d) 최종 경로의 길이

그림 10: 기존 경로 재사용 율과 최종 경로의 길이

기존 경로의 재사용 율 측면에서는 그림 10의 (c)에 나타난 결과에서 보듯이 Prior Path 알고리즘과 강화된 스위피 프로토콜, Distributed Hunt 알고리즘이 기존 경로의 약 70%를 재 사용하여 좋은 성능을 보이고 있고, Optimal 알고리즘이 50~52%를 재 사용하여 가장 저조한 성능을 보이고 있으며, 스위피 프로토콜은 약 60%를 재 사용함으로써 중간 정도의 성능을 보이고 있다. 스위피 프로토콜보다 강화된 스위피 프로토콜의 경로 재사용 율이 높은 이유는 스위피 프로토콜의 경우에는 각 스위치에서 COSPS 메시지를 처리할 때 목적 스위치를 이용하여 다음 경로를 선택하기 때문에 기존 경로와 겹치는 스위치가 존재함에도 다른 경로 선택할 확률이 있지만, 강화된 스위피 프로토콜의 경우에는 크로스오버 스위치 후보를 이용하여 다음 경로를 결정하기 때문에 기존 경로를 재 사용할 확률이 높아지기 때문이다.

핸드오버의 결과로 생성되는 최종 경로의 길이에서는 그림 10의 (d)에서 보는 바와 같이 스위피 프로토콜이 가장 짧고, Prior Path 알고리즘이 가장 길다. 스위피 프로토콜의 최종 경로의 길이가 가장 짧은 이유는 스위피 프로토콜을 적용하면 각 스위치에서 COSPS 메시지를 처리할 때 목적 스위치를 이용하여 다음 경로를 선택하므로 대상 스위치에서 목적 스위치 사이의 최단 경로를 따라가기 때문이다. 반면 강화된 스위피 프로토콜은 목적 스위치가 아닌 크로스오버 스위치 후보를 이용하여 라우팅 경로를 결정하기 때문에 스위피 프로토콜에 비해 최종 경로의 길이가 길어진다. Prior Path 알고리즘의 최종 경로가 가장 긴 이유는 대상 기지국에서 기존 경로 상의 스위치들 간의 최단 거리를 구했을 때 가장 짧은 거리를 갖는 스위치가 여러 개 존재할 경우 경로 재사용 율을 높이기 위해 소스 스위치에 가까운 스위치를 크로스오버 스위치로 결정하기 때문이다.

5 결론

본 논문은 점진적 경로 재 설정 방법의 구현에 있어 크로스오버 스위치 탐색과 부분 경로 재 설정을 한 단계로 수행하는 스위피 프로토콜과 강화된 스위피 프로토콜을 제안하였으며, 시뮬레이션을 바탕으로 그 성능을 기존의 크로스오버 스위치 탐색 알고리즘과 비교 평가하였다.

제안한 스위피 프로토콜과 강화된 스위피 프로토콜을 구현하기 위해 본 논문은 단말간의 경로 정보를 저장하는 경로 정보 테이블과 크로스오버 스위치의 탐색과 부분 경로 재 설정을 한 번에 수행하기 위한 경로 설정 메시지인 COSPS 메시지를 정의하였다. 스위피 프로토콜에서는 핸드오버가 발생하였을 때 대상 기지국이 기존 경로 정보를 이용하여 COSPS 메시지를 작성하여 네트워크 내의 스위치로 보내고, 각 스위치가 메시지 안에 포함되어 있는 기존 경로 정보에서 자신의 스위치 번호를 검색하게 함으로써 크로스오버 스위치 탐색과 부분 경로 재 설정을 한 번에 수행했다. 강화된 스위피 프로토콜에서는 대상 기지국에서 COSPS 메시지를 작성하기 전에 크로스오버 스위치 후보를 결정하는 과정을 추가함으로써 COSPS 메시지에 포함되는 경로 정보의 길이를 줄이고, 경로 재사용율을 높였다. 스위피 프로토콜은 구현이 간단하기 때문에 네트워크의 구성이나 환경에 제한을 받지 않으며, 확장성이 있다. 또한 강화된 스위피 프로토콜은 PNNI 네트워크와 같이 계층 구조를 가지는 네트워크에서 보다 좋은 성능을 보인다.

본 논문에서는 제안한 프로토콜의 성능 평가를 위해 광역 네트워크를 가정한 스타형 네트워크와 트리형 네트워크 그리고 트리형 PNNI 네트워크에 대해 시뮬레이션을 했다. 이때 성능 평가의 기준은 시그널링 부담, 핸드오버 지연 시간, 기존 경로 재사용율, 최종 경로의 길이였으며, 성능 평가 대상 알고리즘은 기존의 크로스오버 스위치 탐색 알고리즘 중에서 성능이 좋은 것으로 평가된 Prior Path, Distributed Hunt, Optimal, Minimal 알고리즘 등이었다. 시뮬레이션 결과 시그널링 부담 측면에서는 본 논문이 제안하는 프로토콜을 사용하여 점진적 경로 재 설정 방법을 구현하였을 경우 Optimal 알고리즘이나 Minimal 알고리즘에 비해서 약 50% 정도, Prior Path 알고리즘이나 Distributed Hunt 알고리즘에 비해서는 약 95% 정도의 성능이 향상되었다. 핸드오버 지연 시간에서도 본 논문이 제안하는 프로토콜을 적용하였을 경우 기존의 다른 알고리즘을 적용하였을 경우에 비해 20 ~ 50% 정도 성능이 향상되었으며 기존 경로 재사용율이나 최종 경로의 길이에서는 비슷한 성능을 보였다.

결론적으로 시그널링 메시지에 기존 경로 정보를 포함시키는 방법으로 크로스오버 스위치의 탐색과 부분 경로 재 설정을 단일화하는 스위피 프로토콜과 강화된 스위피 프로토콜은 광역 네트워크에 적용하였을 때 시그널링 부담과 핸드오버 지연 시간을 크게 감소시킬 수 있다.

참고 문헌

- [1] M. A. Marsan, C. F. Chiasserini, R. L. Cigno, and M. Munafò., “Local and Global Handovers for Mobility Management in Wireless ATM Networks,” *IEEE Personal Communication*, pp. 16–24, October 1997.
- [2] C.-K. Toh, “A hybrid handover protocol for local area wireless ATM networks.,” *Mobile Networks and Applications.*, pp. 313–334, 1996.
- [3] K. Keeton, B. Mah, S. Seshan, R. Katz, and D. Ferrari, “Providing connection-oriented network services to mobile hosts,” in *Proceeding of the USNIX Symposium on Mobile and Location Independent Computing.*, August 1993.
- [4] T. L. Porta, M. Veeraraghavan, P. A. Treventi, and R. Ramjee., “Distributed Call Processing for Personal Communication Services,” *IEEE Communication Magazine.*, pp. 66–75, June 1995.
- [5] A. Acampora and M. Naghshineh, “An Architecture and Methodology for Mobile-Executed Handoff in Cellular ATM Networks,” *IEEE JSAC, vol.12, no.8*, pp. 1365–74, October 1994.
- [6] C.-K. Toh, “Crossover switch discovery for wireless ATM LANs.,” *Mobile Networks and Applications*, pp. 141–165, February 1996.
- [7] C.-K. Toh, “Performance Evaluation of Crossover Switch Discovery Algorithms for Wireless ATM LAN’s.,” *IEEE International Conference on Computer Communications.*, pp. 1380–1387, March 1996.
- [8] C.-K. Toh, “A handover paradigm for wireless ATM LAN’s.,” *Proceeding of ACM Symposium on Applied Computing-Special Track on Mobile Computing Application and Systems.*, February 1996.

- [9] The ATM Forum Technical Committee, "Private Network-Network Interface Specification Version 1.0(PNNI 1.0)," March 1996. af-pnni-0055.000.
- [10] G.Dommetty, M.Veeraraghavan, and M.Singhal, "Rerouting Connections in Mobile ATM Networks,," in *International Conference on Parallel Processing*, pp. 45–52, 1998.
- [11] K. Shin, W. Kwon, J. Park, and H. Yoon, "Crossover Switch Discovery Algorithm for Wireless ATM Network,," in *Proceeding of the 26th KISS Spring Conference, Vol.26, No.1*, pp. 393–395, April 1999.
- [12] M. Song, Y. Choi, and C. Kim, "Connection Rerouting Strategy Application to Various Connection-Oriented Mobile Communication Networks,," in *International Conference on Parallel and Distributed Systems*, 1996.
- [13] ITU-T Recommendation Q.2931, "B-ISDN Application Protocols For Access Signaling,," February 1995.
- [14] The ATM Forum Technical Committee, "ATM User Network-Network Interface (UNI) Signaling Specification Version 4.0," January 1996. ATM Forum/95-1434R9.
- [15] "Recommendation E.164/I.331." <http://www.itu.int/itudoc/itu-t/rec/i/i331.html>, May 1997.
- [16] K. Shin, "One step incremental scheme for connection rerouting in wireless atm wans." Draft of master thesis, September 1999.