

# 무선 ATM의 핸드오프에서 Distributed Anchor Cross Over Switch 탐색 알고리즘 제안

이형현, 이홍기, 송주석  
연세대학교 컴퓨터과학과

## Distributed Anchor Cross Over Switch Search Algorithm for Wireless ATM Handoff

H.H. Lee, H.K. Lee, J.S. Song  
Dept. of Computer Science, Yonsei University

### 요 약

유선에서 이용하는 능력으로 무선으로도 멀티미디어 서비스를 이용하고자 연구된 것이 무선 ATM이다. 무선 ATM에서 핸드오프는 망 레벨과 무선 레벨의 핸드오프로 구분할 수 있다. 망 레벨의 핸드오프에서 CX의 선택은 빠르고 매끄러운 핸드오프를 지원해 주는 데 중요한 역할을 한다. 망 관리에는 하나의 연결 서버가 망의 연결관리를 해주는 중앙집중 연결관리(Centralized Connection Management Scheme)와 각 노드에서 연결을 관리하는 분산된 연결관리(Distributed Connection Management Scheme)로 나뉜다. 여기서 문제점은 중앙집중 연결관리에서는 전달지연시간(Propagation delay), 분산된 연결관리에서는 시스템 오버헤드가 발생한다는 것이다. 이러한 중앙집중 연결관리의 지연시간과 분산된 연결관리의 오버헤드를 감소시키기 위해 Distributed Anchor 탐색 알고리즘을 제안한다.

### 1. 서론

ATM 방식에 의한 B-ISDN 서비스는 기존의 음성위주의 서비스를 포괄하여 고속 데이터, 팩스, 영상 등의 저속에서부터 고속에 이르는 다양한 트래픽 특성을 갖는 멀티미디어 서비스를 융통성 있게 제공하는 것을 가장 큰 특징으로 볼 수 있다

무선 ATM의 출현 배경은 ATM 기술을 기반으로 하는 멀티미디어 서비스 망의 확장과 멀티미디어 이동통신서비스들에 대한 요구가 증대하면서 광대역 통신망을 무선 영역까지 확장하고자 하는 노력의 일환으로 볼 수 있다. 무선 ATM은 5GHz, 17GHz, 60GHz 등의 고주파 대역을 이용하여 무선 영역에서도 궁극적으로 155Mbps~622Mbps의 데이터 전송률을 제공하면서 멀티미디어 ATM 서비스를 제공하는 것이 무선 ATM에서 추구하는 목표이다 [3]

무선 ATM에서 현재 주된 관심은 매체접근제어 계층(MAC Layer) 프로토콜과 효율적이고 매끄러운 핸드오프 방식의 개발이다. 그 중에서 핸드오프가 어떻게 구현되어질 것인가를 고려할 필요가 있다. 무선 네트워크가 발달함에 따라 셀 크기는 효율적으로 높은 스펙트럼을 제공하기 위해 점점 작아지게 되고 핸드오프 수는 점점 많아질 것이다. 그래서 무선 분야 및 유선 분야 모두 효율적인 핸드오프를 위해 경로 확장(Path extension)과 경로 재설정(Path rerouting) 방법이 제안되었다 [2] 무선 ATM 서비스에서는 작은 셀(Pico cell, Micro cell) 범위 내에서 이동성을 제한하는 대신 높은 대역폭을 필요로 하는 서비스를 제공한다. 동시에 가입자 단말기와 기지국간의 무선환경을 제외한 모든 서비스 환경을 유선 ATM 통신과 동일하게 사용하는 것을 큰 특징으로 한다.

### 2. 무선 ATM의 핸드오프

핸드오프는 현재 서비스 중인 연결의 협상된 QoS를 유지하면서 단말기의 이동을 보장하는 것이 목적이다. 핸드오프를 위해서는 무선레벨의 핸드오프뿐만 아니라 망 레벨의 핸드오프가 이루어져야 한다. 무선레벨

의 핸드오프는 이전의 접속점에서 새로운 접속점으로 무선 링크를 전환하는 것을 말하고, 망 레벨의 핸드오프는 무선 레벨의 핸드오프를 지원하기 위해서 셀 버퍼링 및 연결경로를 새롭게 설정하는 것을 말한다.

ATM은 셀룰라 진화망과 마찬가지로 연결위주의 방식이기 때문에 기존의 IS-41과 GSM 기반의 셀룰라 망에서 사용되는 핸드오프 기법을 그대로 적용할 수 있다. 하지만 전화 서비스를 대상으로 하는 기존의 셀룰라 망과는 달리 무선 ATM에서는 데이터 응용이 주요서비스이므로 핸드오프 시에 전송되는 셀에 대한 무결성이 보장되어야 한다. 무선 ATM 망에서의 유선구간의 자원은 무선 구간에 비해 상대적으로 풍부하기 때문에 자원 이용의 효율성보다는 핸드오프에 걸리는 시간을 최소한으로 하며, 전송 중인 셀에 대한 손실을 방지하고 순서를 보장할 수 있는 새로운 핸드오프 기법의 개발이 요구된다.

경로 재설정에서 최적 경로를 위해서는 이동 단말기에 이르는 각 연결에 대해 Cross Over Switch (CX)를 동적으로 선택하는 것이 필요하다. 알고리즘에 의해 선택된 CX가 이전 기지국에서 떨어질수록 이전 기지국과 CX간에 전송되어야 하는 셀들은 많아진다. 이것은 핸드오프 시에 VC의 경로를 스위칭 할 때 걸리는 지연이 그만큼 길어지거나 셀 손실이 많이 발생할 수 있음을 의미한다. 따라서 경로 재설정 과정에서 CX가 어떤 스위치로 선택되어지느냐에 따라 빠르고, 매끄러운 핸드오프가 일어날 수 있는 지가 결정된다 [3]

### 3. 혼원하는 CX 알고리즘

#### 3.1 ATM 연결관리 기법

중앙집중 연결관리 방법에서 연결 설정과 해제는 기간망 내의 하나의 연결 서버(Connection Server)에 의해 실행된다. 기간망 내의 모든 연결 상태는 서버에 의해 유지된다. 사용자에게 의해 시작된 호는 처음에 연결 서버에게 요청한다. 하나의 라우팅 프로토콜에 의해 제공된 정보를 가진 연결 서버는 하나의 경로를 선택하고, QoS 요구조건을 만족하는 VC를 설

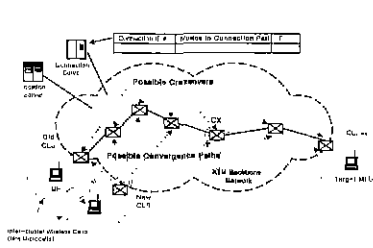
정한다.

분산된 연결관리 방법에서 연결 상태는 각각의 스위칭 시스템에서 유지되어진다 결론적으로 연결 서버는 더 이상 필요하지 않게 된다. 하나의 연결 요청 서비스는 hop-by-hop 방법을 사용하여 다음 실행자(Successor)에게 호 설정을 요청하는 패킷을 생성, 진진시킴으로써 하나의 경로를 유출해 내는 것이다 각각의 실행자는 다음 실행자에게 설정 요구 패킷을 전진시키기 전에 요구되어지는 QoS 요구조건을 만족할 수 있도록 보장해야 한다 하나의 연결은 근원지 스위치가 목적지 스위치로부터 ACK 메시지를 받고 라우팅 경로에서 모든 스위칭 시스템이 요구되어지는 QoS를 만족하였을 때 설정되어진다.[1]

3.2 현존하는 CX 탐색 알고리즘

3.2.1 Prior Path Knowledge CX 탐색 알고리즘

중앙집중 연결관리 방법을 사용하기 때문에 연결 서버의 역할이 중요한 방법이다. BS<sub>new</sub>는 연결서버에게 요청하여 가능한 모든 집합점 노드(Convergence node)를 탐색하고, 가능한 CX중 BS<sub>new</sub>에서 집합점

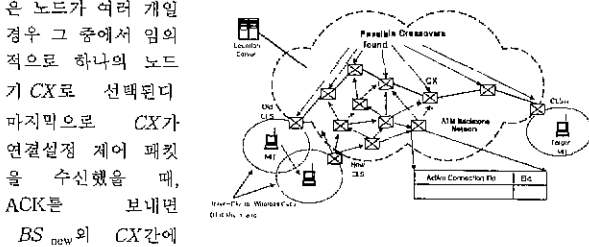


[그림 1]

[그림 1]은 Prior Path CX 탐색 알고리즘에 관한 그림이다.[1]

3.2.2 Distributed hunt 탐색 CX 알고리즘

연결서버 없이 각 노드가 모든 가능한 집합점을 탐색하여 최소 홉을 구하는 방법으로 분산된 연결관리 방법이다. 각각의 노드는 LCT(Local Connectivity Table)를 유지하여 자신과 그 이웃노드의 연결설정 및 해제에 대한 정보를 갱신해 나간다. BS<sub>new</sub>는 CLS<sub>new</sub>가 CX인지 아닌지 LCT를 확인하여 CX가 아니면 CLS<sub>new</sub>를 검유하여 네트워크 내의 모든 스위치에게 CX탐색 패킷을 브로드캐스트하고 응답을 기다린다 응답을 기다리는 제한된 시간 후에 BS<sub>new</sub>는 모든 가능한 CX에 매핑하고 그 중에서 최소 홉을 가진 노드를 CX로 선택한다 최소 홉 수가 같은 노드가 여러 개일 경우 그 중에서 임의적으로 하나의 노드가 CX로 선택된다 마지막으로 CX가 연결설정 제어 패킷을 수신했을 때, ACK를 보내면 BS<sub>new</sub>의 CX간에



[그림 2]

[그림 2]는 Distributed Hunt CX 탐색 알고리즘에 관한 그림이다.

4. Distributed Anchor CX 탐색 알고리즘 제안

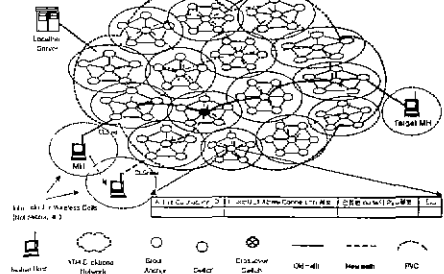
4.1 현존하는 CX 알고리즘 분석

중앙집중 연결관리 방법의 대표적인 방법은 Prior Path CX 탐색 알고리즘이다. 이 알고리즘은 전체 네트워크 연결 관리를 하나의 연결 서버에서 하기 때문에 전체 시스템의 오버헤드는 줄일 수 있는 장점이 있으나 멀리 떨어진 노드에게서 전송되는 연결 정보에 대한 전달지연

(Propagation delay)이 발생하게 된다 따라서 연결 서버가 항상 노드들의 최신 연결 정보를 가지고 있지 않을 수 있다는 것이다. 또, 분산된 연결관리 방법의 대표적인 방법이 Distributed Hunt CX 탐색 알고리즘인데 중앙집중 방법에서의 지연시간은 없으나, 연결 서버를 분산함으로써는 비용과, 모든 노드에서 CX 탐색 알고리즘을 수행하면서 전체 네트워크 시스템 내에 많은 오버헤드가 발생하기 때문에 망 관리 측면에서는 효율적이지 못하다.

4.2 Distributed Anchor CX 탐색 알고리즘 제안

위에서 언급한 중앙집중 연결관리의 전달 지연시간과 분산된 연결관리 방법의 전체 시스템 오버헤드 및 추가되는 비용 문제점을 감소시키기 위해 Distributed Anchor CX 탐색 알고리즘을 제안한다. 먼저, ATM 기간망 네트워크내의 모든 노드들을 일정 개수의 노드들로 그룹핑(grouping) 하고, 그 그룹내의 차수가 가장 높은 것이 CX가 될 확률이 높으므로 각 그룹내의 노드들 중 차수(degree)가 가장 높은 노드를 Anchor 스위치로 정한다. 각 그룹의 Anchor 스위치는 다른 그룹의 Anchor와 상호 연결되도록 네트워크 모델을 설계하고, Anchor와 Anchor간에 상호 정보교환을 위하여 PVC를 이용하여 미리 작은 대역폭의 자원을 할당하여 CX가 빠르게 탐색되도록 한다.(여기서 PVC로 할당되는 대역폭은 데이터 전송을 위하여 설정하는 것이 아니라, Anchor 간의 정보를 교환하기 위함임을 주시하여야 한다) Anchor 스위치는 그 자신의 현재 연결 ID와 그룹내의 모든 노드들의 연결 ID, 이 그룹과 PVC로 연결된 이웃한 그룹의 정보 등을 포함하는 GCT(Group Connectivity Table)를 유지한다. 각각의 노드들은 LCT를 유지하지 않는다 각 그룹의 Anchor는 각 그룹내의 모든 노드 및 PVC로 연결된 모든 Anchor 노드의 연결상태를 감시하고 갱신해 나간다



[그림 3]

[그림 3]은 제안된 CX 탐색 알고리즘의 그림이다. 여기서 제안된 알고리즘에서의 CX 탐색 과정은 다음과 같다

- ① 각 그룹의 Anchor는 GCT를 조회하여 이동한 곳의 위치가 그 그룹내 BS<sub>old</sub>의 바로 인접한 스위치라고 탐색되면 Anchor는 경로 확장을 지시한다. 그렇지 않다면 BS<sub>new</sub>는 다음 단계를 수행하여 경로를 재설정 한다.
- ② BS<sub>new</sub>는 자신의 클러스터가 그룹의 Anchor이면 PVC로 이미 설정된 이웃한 Anchor에게 VC의 재설정 요청을 하기 위해 탐색 패킷을 보낸다. BS<sub>new</sub>의 클러스터가 Anchor가 아니면 BS<sub>new</sub>가 해당되는 클러스터는 그 그룹의 Anchor에게 탐색 패킷을 보내고, Anchor는 PVC로 연결된 이웃 Anchor에게 탐색 패킷을 보낸다
- ③ 각 그룹의 Anchor는 탐색 패킷을 받으면 Anchor의 GCT를 조회하여 해당노드가 존재하면 패킷 전송을 중단하고 BS<sub>new</sub>에게 ACK를 보낸다. 이 과정을 반복하여 이전에 설정되어 있는 VC의 모든 노드까지 이 알고리즘을 수행한다

④ 임의의 시간동안 여러 Anchor에서 응답해 온 홉 수를 비교하여 가장 작은 홉 수를 가진 노드를 CX로 선택한다.

⑤ 여러 개의 CX가 탐색되어졌을 경우 임의로 하나의 CX를 선택한다

4.3 Distributed Anchor CX 알고리즘 특징

제한된 Distributed Anchor CX 알고리즘은 중앙집중 연결관리 방법과 분산된 연결관리 방법의 단점을 줄인 혼합 연결관리 방법의 하나이다. 네트워크 모델로는 그룹핑 개념을 네트워크에 적용하여 네트워크 관리가 용이하다. 각 Anchor들간에는 정보교환을 위해 PVC로 연결함으로써 CX 탐색이 더욱더 효율적이고 빨라진다. Distributed Hunt CX 탐색 알고리즘에서 모든 노드에게 브로드캐스트 하면서 탐색을 수행할 때 발생하는 시스템 오버헤드나, Prior Path CX 탐색 알고리즘에서 발생하는 연결서버와 노드간의 긴달 지연시간 등도 많이 줄어들게 된다. 또, 경로확장이나 경로 재설정 등의 판단을 Anchor가 하기 때문에 바로 인접한 클러스터간에는 경로확장을 유도함으로써 경로 재설정과 경로확장에서 발생하는 문제를 Anchor가 통제할 수 있다

또, 각 노드간에 통신이 두절될 경우, Anchor가 각 노드를 통제함으로써 우회경로를 빠르게 설정할 수 있고, 실제 네트워크 상황에서 발생하는 트래픽 상황(heavy traffic, congestion)에 유동적으로 대처할 수 있기 때문에 전체 네트워크 관리 측면에서 효율적이다

5 제안하는 알고리즘 성능 분석

5.1 네트워크 모델 설계

시뮬레이션에 사용된 네트워크 모델은 100개의 ATM 스위치 중 5~6개의 노드를 하나의 그룹으로 정하고 평균 차수로 Anchor는 5~6개, 일만노드는 3~4개로 설정했다. 클러스터간 핸드오프(Inter-Cluster Handoff)와 경로 재설정을 할 수 있도록 이동 단말기의 핸드오프 지역을 고려하였다.

최소 홉을 구하기 위해 이미 알려진 Dijkstra's Algorithm을 사용하였고, 이 때 링크의 가중치(Weight)는 공정성을 기하기 위해 동일하게 주어졌다. 노드들 사이의 Connectivities는 Probability Equation에 의해 결정되어지는데 식은 다음과 같다.

$$P_{e} = \frac{ke}{n} \beta \exp \left\{ \frac{-d(x,y)}{\alpha L} \right\}$$

e : link degree,

d(x,y) : 두 노드사이의 Euclidean 거리,

α (α > 0) : 멀리 떨어진 노드에게 연결의 수를 제어하는 파라미터,

β (β ≤ 1) : 각 노드에서 edge의 수를 제어하는 파라미터,

n : 노드의 수,

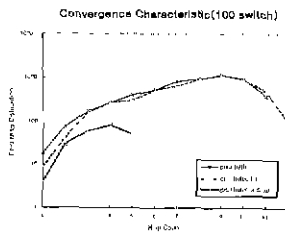
$\frac{ke}{n}$  : scaling factor [1]

5.2 제안된 알고리즘 성능 평가 및 비교분석

제안된 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 집합집 특징 (Convergence Characteristics) 결과로 생기는 경로 특성 (Resultant Path Characteristics), 회선 재사용 효율(Circuit Reuse Efficiency) 특성을 다른 알고리즘과 비교 분석하였다.

먼저, [그림 4]는 집합집 특성을 분석한 그림이다.

이 그림은 네트워크에서 100개의 노드 사용 시 CX를 탐색할 때 소요되는 홉 수와 실행 횟수에 대한 비교이다

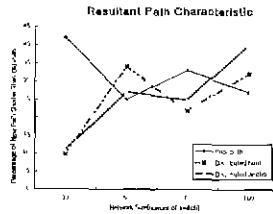


[그림 4]

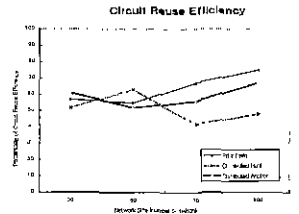
제한된 알고리즘은 Prior Path CX 탐색 알고리즘과 Distributed Hunt CX 탐색 알고리즘보다 2~3배정도 빠르게 CX를 탐색하여 경로 경로 재설정을 빠르게 할 수 있고, 실행 횟수도 현저히 감소됨으로써 전체 시스템의 효율 측면에서도 많은 향상을 가져 왔다.

[그림 5]는 결과로 생기는 경로특성을 비교한 그림이다. 이 그림은 모든 노드에서 새로 연결된 경로가 이전 경로보다 짧은 노드 수를 가질 확률(이전 경로가 긴 확률)을 나타낸 것으로, 네트워크 크기를 변화시켜 가면서 비교한 그림이다. 제안하는 알고리즘과 Distributed Hunt CX 탐색 알고리즘은 네트워크의 크기가 증가할수록 결과로 생기는 경로특성이 좋은 것으로 나타났다

[그림 6]은 회선 재사용 효율을 비교한 그림이다. 제안하는 알고리즘은 Prior Path CX 탐색 알고리즘과 비슷한 결과를 나타냄으로써 회선 재사용 효율이 네트워크 크기가 증가할수록 증가하여 회선 재사용 효율이 높아짐을 볼 수 있다.



[그림 5]



[그림 6]

6. 결론

망 레벨의 핸드오프에서는 클러스터 개념을 사용하여 클러스터간 핸드오프에서 경로를 재설정할 때 효율적이고 빠른 핸드오프를 지원하기 위하여 Cross Over Switch (CX)의 선택이 중요하게 되었다. 네트워크 연결관리에서 중앙집중 연결 관리방식에서의 문제점은 하나의 연결서버가 전체 네트워크의 연결 상태를 관리함으로써 망을 관리하는데 많은 긴달 지연시간이 발생하는 것이고, 분산된 연결 관리방식의 문제점은 모든 노드에서 탐색 알고리즘을 수행함으로써 전체 네트워크 내에 시스템 오버헤드가 발생한다는 것이다.

이러한 문제점을 개선하기 위하여 Distributed Anchor CX 탐색 알고리즘을 제안하였다. 이 알고리즘은 그룹핑 개념을 사용하여 그 그룹의 Anchor를 설정하고 Anchor는 그 그룹의 연결 관리를 한다. 또, Anchor와 Anchor 사이에는 정보교환을 위하여 PVC로 연결되어 빠르게 CX를 찾을 수 있고 회선 재사용 효율도 향상됨을 보였다. 또 이 방법을 사용하면 전체 네트워크 관리가 용이하고, 시스템 오버헤드나 지연시간이 줄어들게 되어 빠르고 매끄러운 핸드오프를 지원할 수 있을 것으로 기대한다. 향후 발전방향은 Mobile IP, IPOA(IP Over ATM)와 연동되어 연구, 발전되어야 할 것이다.

[참고 문헌]

[1] Chai-Keong Toh, "Performance Evaluation of Cross Over Switch Discovery Algorithms for Wireless ATM LANs", IEEE Conference, pp.1380~1388, 1996.  
 [2] Wai Chen "Impact of Anchor Re-routing Based Inter-Switch Handoffs in Wireless ATM Access Networks", IEEE Conference, pp.235-239, 1996.  
 [3] 강중구, 조유재, 김용진, "무선 ATM망 표준화 동향 및 요소 기술 분석", Telecommunication Review, 제7권, 제4호, pp.407~432, 1997.