

무선 ATM 망에서 이동교환기간 빠른 핸드오버를 위한 동적 경로 예약 기법

정희원 이 봉 주*, 이 남 석**, 안 계 현***, 김 영 천***

Dynamic Path Reservation Scheme for Fast Inter-switch Handover in Wireless ATM Networks

Bong-Ju Lee*, Nam-Suk Lee**, Kye-Hyun Ahn***, Young-Chon Kim*** *Regular Members*

요 약

무선 ATM 망은 광대역 멀티미디어 서비스 제공을 위해 셀의 크기가 작은 마이크로/피코 셀 구조를 채택하므로 단말의 이동성 지원을 위한 핸드오버 기능은 매우 중요하다. 본 논문에서는 무선 ATM 망에서 이동교환기간 핸드오버를 신속하게 처리하기 위한 동적 경로 예약 핸드오버 기법을 제안한다. 제안한 기법은 이동교환기간 핸드오버를 위해 최대근접공통노드로부터 인접 이동교환기까지 가상 채널을 미리 설정하므로 실제 핸드오버 시에 연결의 재라우팅에 소요되는 시간을 단축할 수 있다. 특히 일정 주기마다 예측 알고리즘을 수행하여 다음 주기에 발생할 핸드오버 호의 수를 예측하여 가상 채널을 예약함으로써 기존 DVCT 기법에 비하여 예약 채널 수, 예약 채널 이용률 및 시그널링 복잡성을 개선하였다.

ABSTRACT

Handover is very important to support the mobility of user because wireless ATM networks have smaller cell size such as micro/pico cell for broadband mobile multimedia service. In this paper, we propose dynamic path reservation handover scheme for fast inter-MS (Mobile Switching Center) handovers. To reduce the handover delay for connection re-routing, the proposed scheme reserves virtual channels from nearest common node to neighbor MS in advance. Especially, our handover scheme predicts the number of inter-MS handover calls at each period by the prediction algorithm and reserve virtual channels. The simulation and analysis results show that our scheme reduce handover complexity and has higher reservation channel utilization, compared with DVCT scheme.

1. 서 론

무선 ATM은 기존에 유선 구간에서만 적용되던 ATM 기술을 무선 구간까지 확장하여 차세대 유무선 통합망으로의 진화를 위한 핵심 기술로 고려되고 있다. 무선 ATM 망에서 많은 사용자에게 광대역 멀티미디어 서비스를 지원하기 위한 마이크로/피코 크기의 작은 셀은 전체 시스템의 용량을 증가시

키지만 빈번한 핸드오버 발생으로 인해 유선망에서의 처리 부하가 증가하게 된다. 특히, 연결 지향의 ATM 서비스를 위해 핸드오버 마다 연결 재설정으로 인한 지연이 발생되며 이동교환기간 핸드오버인 경우에 더욱 큰 지연이 발생된다. 따라서 처리부하와 지연을 고려하여 핸드오버를 효율적으로 수행하기 위한 다양한 기법들이 제시되고 있다.

기존의 핸드오버 기법들은 크게 경로 확장 (Path

* 전북대학교 영상공학과 (bjlee@networks.chonbuk.ac.kr),

** 한국전자통신연구원 (namsuk@etri.re.kr),

*** 전북대학교 컴퓨터공학과 (khyun/yckim@moak.chonbuk.ac.kr)

논문번호 : 00268-0714, 접수일자 : 2000년 7월 14일

Extension) 방식과 경로 재배정 (Path Rerouting) 방식으로 구분할 수 있다. 경로 확장 방식은 핸드오버 시에 이전 기지국으로부터 새로운 기지국까지의 연결 경로를 기존 연결에 추가하여 계속 확장하는 방식이다.¹¹⁾ 경로 재배정 방식은 이전에 설정된 경로 상에 위치한 적당한 이동교환기 (MSC: Mobile Switching Center)를 COS (Cross Over Switch)로 선택하고 상대 단말에서 COS까지의 경로는 유지하면서 COS로부터 새로운 기지국에 이르는 구간의 경로만을 다시 설정하는 방식이다. 이는 다시 핸드오버 과정에서 새로운 연결 구간을 설정하는 방식¹²⁻⁴⁾과 핸드오버 전에 새로운 기지국까지의 연결 구간을 미리 설정하는 방식¹⁵⁻⁷⁾으로 분류된다.

핸드오버 시에 새로운 연결 구간을 설정하는 NCNR (Nearest Common Node Rerouting) 기법³⁾은 망 자원을 효율적으로 이용할 수 있고 핸드오버 처리 절차가 단순하나 경로 재설정을 위한 처리 지연이 크다. 반면에 VCT (Virtual Connection Tree) 방식⁵⁾과 DVCT (Dynamic Connection Tree) 방식^{16,7)}은 핸드오버 전에 재배정을 위한 경로를 미리 설정하여 빠른 핸드오버를 수행한다. 하지만 VCT 방식은 초기 연결 설정 시에 단말이 이동할 수 있는 구역내의 여러 기지국에 대하여 트리 형태로 연결을 미리 설정하고 자원을 할당하므로 망 자원의 사용 면에서 비효율적이다. VCT 방식을 개선한 DVCT 방식은 경로 배정과 자원 할당을 분리하여 실제 핸드오버가 발생할 때 자원을 할당한다. 따라서 망 자원의 효율성을 향상시키면서 신속한 핸드오버가 가능하다. 그러나 핸드오버 하지 않는 호에 대해서도 미리 다수의 연결을 설정할 뿐만 아니라 핸드오버 시에 설정된 연결 경로 중 단지 1개만이 이용되며 핸드오버 후 이전에 설정된 경로 해제 및 모든 인접 기지국까지 새로운 경로를 설정함으로써 시그널링 트래픽 부하와 복잡성이 크게 증가한다.

본 논문에서는 핸드오버의 지연, 망 자원의 효율성, 시그널링 트래픽 부하와 복잡성을 고려한 동적 경로 예약 핸드오버 기법 (DPRH: Dynamic Path Reservation Handover scheme)을 제안한다. 제안한 기법은 다음 주기에 발생할 것으로 예상되는 핸드오버 호의 수를 예측하고 최대 근접 공통 노드 (NCN: Nearest Common Node)로부터 인접 이동교환기까지 연결 재배정을 위한 가상 채널을 미리 설정함으로써 핸드오버 지연을 줄이고 설정된 링크에 대한 자원 할당을 실제 핸드오버 시에 수행하여 망 자원의 효율성을 높이도록 하였다. 또한, 예측된 핸드오버 호의 수만큼 가상 채널을 설정하므로 과도한 채널 예약으로 인하여 발생하는 시그널링 트래픽 부하를 줄이고 핸드오버 복잡성을 감소시킬 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서 제안한 DPRH 기법을 기술하고 핸드오버 호의 수 예측 알고리즘과 핸드오버 기법을 설계하며, III장에서는 시뮬레이션을 통하여 DPRH 기법의 성능을 분석하고 기존 기법과의 비교 평가를 수행한다. 마지막으로, IV장에서 결론을 맺는다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서 제안한 DPRH 기법을 기술하고 핸드오버 호의 수 예측 알고리즘과 핸드오버 기법을 설계하며, III장에서는 시뮬레이션을 통하여 DPRH 기법의 성능을 분석하고 기존 기법과의 비교 평가를 수행한다. 마지막으로, IV장에서 결론을 맺는다.

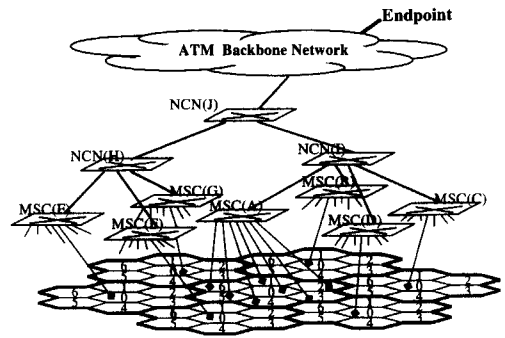


그림 1. 네트워크 모델

II. 동적 경로 예약 핸드오버 기법

본 논문에서 고려한 무선 ATM 기반의 계층적 트리 형태의 네트워크 구조를 그림 1에서 보여준다. 전체 망 구조에서 유선 구간과 무선 구간은 셀 송수신 기능과 셀 버퍼링 기능을 수행하는 기지국 (BS: Base Station)을 통하여 연결된다. MSC는 스위칭, 라우팅 및 버퍼링 기능을 수행하는 ME-ATM (Mobility Enabled ATM) 스위치로 하나의 클러스터를 관리하며, 클러스터 내 기지국들의 주소, 인접 MSC의 주소 및 인접 이동교환기와 공통으로 연결된 NCN 주소 등의 토폴로지 정보를 가지고 있다. 또한 자신이 관리하는 BS에서 현재 이용 가능한 무선 자원에 대한 가용 채널양 등의 핸드오버 제어에 관한 정보를 관리한다. NCN은 MSC 간 핸드오버를 위해서 연결 재배정을 위한 경로를 설정, 관리하고 COS 역할을 수행하는 ME-ATM 스위치이다.

그림 2는 최대 근접 공통 노드에서 예약된 가상 채널을 이용한 연결 재배정 과정을 보여준다. BS1에 위치한 이동 단말이 BS2로 이동교환기 간 핸드오버를 수행할 때 새롭게 설정되는 연결은 NCN에서 MSC2까지의 구간과 MSC2로부터 BS2에 이

는 구간으로 구분할 수 있다. 이때 하나 이상의 홉으로 구성된 NCN에서 MSC2 사이의 경로 설정을 위한 처리 지연은 MSC2에서 BS2까지의 처리 지연에 비해서 상대적으로 크다. 따라서 제안한 기법은 신속한 MSC 간 핸드오버를 위해 NCN으로부터 인접 MSC까지 가상 채널을 미리 설정한다. 이를 위해 MSC는 일정 주기마다 클러스터 경계에 위치한 기지국으로부터 인접 MSC로 핸드오버 할 호의 수를 예측한다.

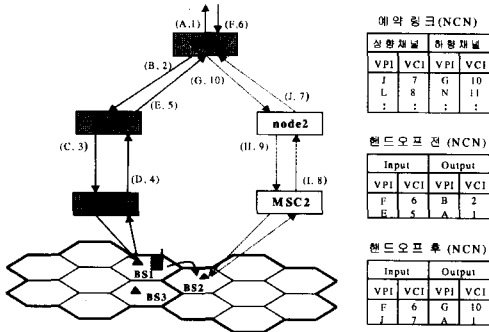


그림 2. NCN에서 예약 채널을 이용한 연결 재배정

그림 2에서 MSC1은 클러스터 경계에 있는 기지국(BS1, BS3)에서 일정 주기 동안에 MSC2로 핸드오버한 호의 수와 새롭게 추가된 호의 수 그리고 현재 서비스 중인 호의 수에 대한 정보를 관리하며 이를 이용하여 다음 주기에 예상되는 이동교환기간 핸드오버 호의 수를 예측한다. NCN은 예측되는 핸드오버 호의 수에 대한 정보를 MSC1로부터 수신하면 MSC2 까지 가상 채널을 미리 설정한다. 연결형 서비스 방식인 ATM 망에서 NCN으로부터 MSC2 까지 연결 설정은 먼저 각 교환기에서 연결 설정과 관련된 논리적 링크 식별자 (VPI/VCI)를 예약하고, 논리적 입력 링크 식별자를 출력 링크 식별자에 매핑하기 위한 라우팅 정보를 라우팅 테이블에 등록하고 설정된 링크에 망 자원을 할당한다.^[7]

제안한 기법에서 설정된 가상 채널에 대한 자원 할당은 실제 핸드오버가 발생 할 때 수행된다. 최대 근접 공통노드는 핸드오버 요청을 수신하면 이미 설정된 가상 채널 (예로 상향 채널 (J, 7) 하향 채널 (G, 10))을 선택한 후 빠른 자원 할당을 수행한다. 따라서 핸드오버 시 경로 재배정에 소요되는 시간을 단축하고 망 자원의 효율을 높일 수 있다. 특히, 예측한 호의 수만큼 연결 재배정을 위한 가상 채널을 미리 설정함으로써 시그널링 트래픽 부하 및 복잡성을 줄일 수 있다.

1. 핸드오버 호의 수 예측

표 1. 핸드오버 호의 수를 예측하기 위한 파라미터

파라미터	의 미
t_i	핸드오버 호의 수 예측 및 가상 채널 예약 시점
d_i	가상 채널 예약 주기
s_i	t_i 시점에서 기지국에서 현재 서비스 중인 호의 수
c_i	d_i 동안 기지국에서 발생한 신규호의 수와 인접 기지국으로부터 핸드오버된 호의 합
c_i	c_i 에 대한 예측값
h_i	d_i 동안에 인접 이동교환기로 핸드오버 한 호의 수
h_i	h_i 에 대한 예측값
p_i	d_i 동안에 이동교환기간 핸드오버 호의 비율
p_i	p_i 에 대한 예측값

제안한 기법에서 이동교환기는 클러스터의 경계 지역에 있는 각 기지국에서 인접 이동교환기로 핸드오버 할 호의 수를 일정 주기마다 예측하여 최대 근접 공통 노드로부터 인접 이동교환기까지 가상 채널을 미리 예약한다. 이를 위한 파라미터를 표1에 나타내었다.

각 주기마다 클러스터 경계에 있는 기지국으로부터 인접 이동교환기로 핸드오버 할 호의 수를 예측하기 위하여 이동교환기는 클러스터 경계 지역에 있는 각 기지국에 대하여 $\{c_k : i-w \leq k \leq i-1\}$, s_{i-1} , s_i , h_{i-1} 등의 정보를 관리한다. 여기서 w 는 양의 정수로서 이전 주기들에서의 c_k 를 관리하기 위한 윈도우의 크기이다.

그림 3은 t_i 시점에서 d_i 동안 인접 이동교환기로 핸드오버 할 호의 수를 예측하기 위한 파라미터들의 시간 관계를 보여준다. 주기 d_{i-1} 동안에 기지국을 통해 서비스된 호의 수는 t_{i-1} 시점에서 서비스 중인 호의 수와 d_{i-1} 동안 새롭게 발생하거나 인접 기지국으로부터 핸드오버 되어 들어온 호의 수에 대한 합이다. 예측 시점 t_i 에서 d_{i-1} 구간 동안 서비스된 호 중에서 인접 이동교환기로 핸드오버한 호의 비율은 식 (1)과 같다.

$$p_{i-1} = \frac{h_{i-1}}{s_{i-1} + c_{i-1}} \quad (1)$$

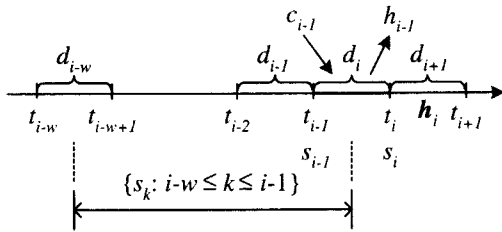


그림 3. n_R 예측을 위한 파라미터들의 시간 관계.

이전 주기 d_{i-1} 동안 하나의 기지국에서 인접 이동 교환기로 핸드오버한 호의 수는 식 (1)에 의해 전체 서비스된 호에서 핸드오버 호의 비율만큼으로 다음과 같다.

$$h_{i-1} = (s_{i-1} + c_{i-1})p_{i-1} \quad (2)$$

이전 주기의 핸드오버 호의 비율이 다음 주기에서도 계속된다면 다음 주기 d_i 동안 발생할 것으로 기대되는 핸드오버 호의 수는 다음과 같다.

$$h_i = (s_i + c_i)p_{i-1} \quad (3)$$

식 (3)에서 각 주기 동안에 발생하는 핸드오버 호의 비율이 지속적으로 유지되지 않을 수 있으므로 p_{i-1} 는 다시 재평가하고 c_i 은 다음 주기 동안에 새롭게 발생할 호의 수로서 예측 기법을 이용하여 구한다.

■ p_{i-1} 의 재평가 : 이전 주기에서 예측한 핸드오버 호의 비율 p_{i-1} 보다 실제 발생한 핸드오버 호의 비율 p_{i-1} 이 크거나 작으면 예약된 가상 채널이 낭비되거나 예약 채널 부족에 의해 새롭게 경로를 설정하는 느린 핸드오버가 발생한다. 이를 고려하여 주기 d_i 동안 예측되는 핸드오버 비율 p_i 은 이전 주기에서의 실제 핸드오버 비율과 예측한 핸드오버 비율에 의해 다음 식 (4)와 같이 결정한다.

$$p_i = p_{i-1} + \alpha(p_{i-1} - p_{i-1}) \quad (4)$$

여기서 α 는 이전 주기에서 실제 핸드오버 비율 또는 예측한 핸드오버 비율에서 두 값의 차에 대한 비율이다.

$$\alpha = \frac{|p_{i-1} - \hat{p}_{i-1}|}{\max\{p_{i-1}, \hat{p}_{i-1}\}} \quad (5)$$

■ c_i 의 예측 : 주기 d_i 동안 새롭게 추가될 것으로

예상되는 호의 수 \bar{c}_i 은 가장 최근의 값에 보다 많은 가중치를 부여하는 가중치 윈도우를 이용하여 예측한다.

$$c_i = \frac{\sum_{j=i-w}^{i-1} (j-i+w+1) c_j}{\sum_{k=1}^w k} \quad (6)$$

식 (4)와 (6)의 p_i 와 c_i 을 이용하여 주기 d_i 동안에 임의의 기지국에서 인접 이동교환기로 핸드오버 할 것으로 기대되는 호의 수 h_i 은 다음 식과 같이 예측된다.

$$h_i = (s_i + c_i) p_i \quad (7)$$

그러므로 주기 d_i 동안 이동교환기내의 클러스터 경계에 있는 기지국들로부터 인접 이동교환기로 핸드오버 할 것으로 예측되는 전체 호의 수는 다음과 같다.

$$H_i = \sum_{\text{중계점}} h_i \quad (8)$$

2. 가상 채널 예약

이동교환기는 핸드오버 호의 수 예측 알고리즘을 이용하여 다음 주기에 발생할 것으로 기대되는 핸드오버 호의 수를 예측한 후 해당 정보를 최대 근접 공통 노드에 전송한다. 이를 수신한 최대 근접 공통 노드는 핸드오버를 위해 인접 이동교환기까지 가상 채널을 미리 설정한다. 이때 설정해야 하는 가상 채널의 수는 이전 주기에서 예약된 가상 채널을 고려하여 결정한다. 즉, 이전 주기에서 예약 채널을 이용하여 이동교환기간 핸드오버를 수행한 호가 종료되었을 때 해당 채널을 해제하지 않고 앞으로 발생할 핸드오버 호를 위해 재사용 한다. 따라서 다음 주기 d_i 동안 예측되는 핸드오버 호의 수 H_i 와 이전 주기에서 예약된 가상 채널 수 H_{i-1} 의 차이 $\beta = H_i - H_{i-1}$ 만큼 가상 채널을 추가하거나 해제한다. 즉 $\beta > 0$ 이면 $|\beta|$ 만큼 가상 채널을 추가 예약하고 다른 경우 $|\beta|$ 만큼 가상 채널을 해제한다. 그러므로 주기 d_i 동안의 핸드오버 호를 위해 예약하는 가상 채널 수 H_i 는 이전 주기의 핸드오버 호에 의해 현재 사용중인 채널을 포함하여 H_i 와 같다.

3. 주기 결정 함수

제안한 DPRH 기법에서 주기는 예측 알고리즘에

의해서 예측되는 핸드오버 호의 수에 많은 영향을 주어 예약하는 가상 채널의 수를 크게 변화시키므로 적절한 주기의 선택은 매우 중요하다.

주기가 크면 예측되는 핸드오버 호의 수가 많으며 이로 인해 예약하는 가상 채널 수가 증가하고 또한 이전 주기와 현재의 주기에서 예약 채널을 이용한 핸드오버 호가 종료되면 자원만 해제하고 해당 채널을 재사용 하므로 한 주기동안에 이용할 수 있는 예약 채널 수는 증가한다. 따라서 예약 채널을 이용하여 핸드오버를 수행하는 빠른 핸드오버 비율은 증가하지만 예약 채널 이용률은 감소한다. 반대로 주기가 작으면 빠른 핸드오버 비율은 감소하지만 예약 채널 이용률은 증가한다. 이러한 빠른 핸드오버 비율 R 과 예약 채널 이용률 U 의 특성을 이용하여 적절한 주기를 선택하기 위한 주기 결정 함수는 다음과 같다.

$$F(\gamma) = aR(\gamma) + (1 - a)U(\gamma) \quad (9)$$

여기서 γ 은 주기 값이며, a 는 가중치 요소로써 빠른 핸드오버 비율에 보다 많은 가중치를 부여하기 위해 $0.5 < a < 1$ 사이의 값을 갖는다. 이는 예약 채널 이용률 보다 핸드오버 호를 신속하게 처리하는 것이 더 중요하기 때문이다.

4. 핸드오버 처리 절차

그림 4는 그림 2에서 BS1내에 서비스 중인 호가 BS2로 핸드오버 할 때 제안한 DPRH 기법의 시그널링 절차를 보여 주고 있으며 이때의 핸드오버 절차는 다음과 같다.

- ① 이동단말 (MT)은 무선 링크의 품질이 임계값 이하로 악화되면 핸드오버를 위해 수신 신호의 세기가 가장 큰 인접 기지국 (BS2)의 주소를 H_Request 메시지에 포함하여 현재 기지국 (BS1)에 전송한다.
- ② BS1이 MT로부터 수신한 H_Request 메시지를 이동교환기 (MSC1)에 전송하면 MSC1은 H_Request에 포함된 인접 기지국 주소를 바탕으로 이동교환기 내의 핸드오버인지 이동교환기간의 핸드오버인지를 판단한다. 이동교환기간 핸드오버인 경우 MSC1은 토폴로지 정보를 이용하여 BS2가 연결된 인접 이동교환기 (MSC2)의 주소 그리고 인접 이동교환기와 공통으로 연결된 최대 근접 공통 노드의 주소 (NCN)를 결정한 후 NCN에 H_Request 메시지를 전송한다.
- ③ H_Request 메시지를 수신한 NCN은 MSC2까지

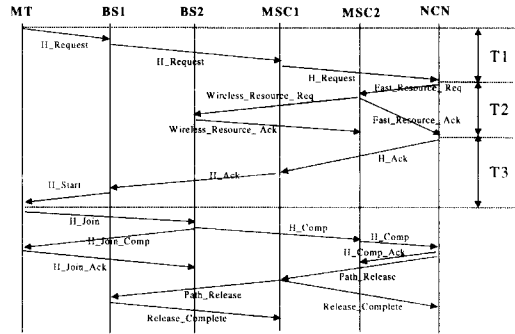


그림 4. 시그널링 절차

이미 설정된 가상 채널이 있는지를 조사한다.

- 가상 채널이 존재하는 경우 이미 설정된 채널에 자원을 할당하기 위해 NCN은 Fast_Resource_Req를 MSC2까지의 가상 경로를 따라 전송한다.
 - 이용 가능한 가상 채널이 없으면 NCN은 MSC2까지 새로운 연결을 설정하기 위해 Setup 메시지를 전송한다.
- ④ MSC2는 Fast_Resource_Req 또는 Setup 메시지를 수신하면 핸드오버 제어 정보를 이용하여 BS2에 사용 가능한 무선 채널이 존재하는지 조사한다
 - BS2에 가용 무선 채널이 없으면 핸드오버 실패 (H_Fail)를 NCN에 전송한다.
 - BS2에 가용 무선 채널이 존재하면 BS2까지 경로 설정 및 무선 자원 할당을 위해 Wireless_Resource_Req를 전송하며, NCN으로부터 수신한 메시지에 대한 응답으로 Fast_Resource_Ack 또는 Connect를 전송한다.
 - ⑤ BS2는 무선 자원 할당과 유선 경로 설정 후 Wireless_Resource_Ack를 MSC2에 전송한다.
 - ⑥ MSC2로부터 Fast_Resource_Ack 또는 Connect를 수신한 NCN은 MSC1에 H_Ack를 전송하고 하향 링크의 셀을 새로운 경로로 전송하면서 In-band signal로 기존 연결 경로로 전송되는 하향 셀의 마지막에 EOS (End Of Stream) 셀을 삽입한다. EOS 셀은 하향 셀 또는 상향 셀의 마지막임을 나타낸다.
 - ⑦ MSC1이 수신한 H_Ack를 BS1에 전송하면, BS1은 핸드오버를 지시하는 H_Start 메시지를 MT에 전송한다.
 - ⑧ MT는 H_Start를 수신하면 상향 링크로 상향 링크로의 셀 전송을 중지하고 상향 셀의 마지막에 EOS 셀을 삽입하여 전송한다. 그리고 그 이후의

표 2. 핸드오버 지연 분석을 위한 파라미터

파라미터	정의	값
M	시그널링 메시지 크기	50 byte
W	시그널링 채널 대역폭	64 kbps
T_s	시그널링 메시지의 전송 시간 (M/W)	6.25 ms
D_w	무선 링크에서의 전파 지연	3 μ s
D_{BM}	BS-MSC 링크에서의 전파 지연	50 μ s
D_{MM}	MSC-MSC 링크에서의 전파 지연	50 μ s
T_w	무선 링크에서의 시그널링 메시지의 전송 시간 ($T_s + D_w$)	6.253 ms
T_{BM}	BS-MSC 링크에서의 시그널링 메시지의 전송 시간 ($T_s + D_{BM}$)	6.3 ms
T_{MM}	MSC-MSC 링크에서의 시그널링 메시지의 전송 시간 ($T_s + D_{MM}$)	6.3 ms
T_M^p, T_B^p	MSC 및 BS에서 시그널링 메시지 처리 시간 (setup, 빠른 자원할당 요청 등 제외)	3, 6 ms
T_T^p	MT에서 시그널링 메시지 처리 시간	5 ms
T_M^b	MSC에서 시그널링 메시지를 bypass하는 시간	0.3 ms
T_M^c	MSC에서 COS 찾는 데 걸리는 시간	4 ms
T_M^f, T_B^f	MSC 및 BS에서 빠른 자원 할당 메시지 처리 시간	4, 8 ms
T_M^s, T_B^s	MSC 및 BS에서 setup 메시지 처리 시간	8, 16 ms
T_N^r	NCN에서 새로운 기지국 결정 및 재배정 처리 시간	8 ms
N	NCN과 BS 사이의 최대 노드 수	6

상향 셀은 버퍼에 저장한다. 하향 셀의 마지막을 알리는 EOS 셀을 수신한 후 MT는 BS2로 액세스를 시도한다.

- ⑨ BS2는 MT로부터 H_Join 메시지를 수신하면 MT에 H_Join_Comp 메시지를 전송함과 동시에 하향 셀의 전송을 개시한다. 또한 핸드오버가 완료되었음을 알리기 위해 H_Comp 메시지를 MSC2를 통해 NCN에 전송한다.
- ⑩ H_Join_Comp를 수신한 MT는 상향 셀을 전송하기 시작한다.
- ⑪ NCN은 H_Comp를 수신하고 기존 경로로부터 상향 셀의 마지막임을 나타내는 EOS 셀을 수신하면 새로운 경로에서 수신되는 상향 셀을 전송하기 시작한다. 또한 NCN은 기존 경로를 해제하기 위해 Path_release를 전송한다.

III. 성능 평가 및 분석

1. 핸드오버 지연 분석

제안한 DPRH 기법과 기존 핸드오버 기법의 지연에 대한 성능 평가를 위해 사용한 파라미터는 표 2와 같다^{8,9)}.

핸드오버 지연은 MT가 H_Request 메시지를 보낸 이후 H_Start 메시지를 받을 때까지 모든 시그널링 메시지의 전송과 각 노드에서의 처리 지연을 합한 시간이다. 제안한 DPRH 기법의 핸드오버 처리 절차를 보여주는 그림 4에서 핸드오버 지연은 MT가 전송한 H_Request 메시지가 최대 근접 공통 노드에 전달되는 시간 T_1 과 최대 근접 공통 노드로부터 인접 이동교환기까지 연결을 설정하는 시간 T_2 그리고 최대 근접 공통 노드가 H_Ack를 전송

표 3. 기존 핸드오버 기법의 지연 분석

기법	지연 분석
경로확장	$2T_w + 4T_B^p + 8T_{BM} + T_B^s + 2(N+1)T_M^p + 8NT_{MM} + (4N+1)T_M^c + (2N+1)T_M^f$
NCNR	$2T_w + 2T_B^p + 6T_{BM} + 6N + 3(N-1)T_M^c + (N+4)T_M^p + NT_M^s + T_B^s + (N-1)T_M^c + 2T_N^r + T_B^p$
DVCT	$2T_w + 2T_B^p + 4T_{BM} + 4NT_{MM} + (2N-1)T_M^c + (N+1)T_M^p + NT_M^f + 2T_M^r + T_B^f$

한 후 MT가 H_Start를 수신하는데 소요되는 시간 T_3 으로 나눌 수 있다. 또한 T_2 는 이미 설정된 가상 채널을 이용하여 연결을 설정하는 T_2^v 와 Setup 메시지를 이용하여 새롭게 연결을 설정하는 T_2^s 로 구분할 수 있다.

$$T_1 = T_w + T_B^p + T_{BM} + T_M^p + NT_{MM} + (N-1)T_M^b + T_M^r \quad (10)$$

$$T_2^v = N(T_M^b + T_M^r) + 2NT_{MM} + T_N^r \quad (11.1)$$

$$T_2^s = N(T_M^b + T_M^s) + 2NT_{MM} + T_N^r \quad (11.2)$$

$$T_3 = NT_{MM} + (N-1)T_M^b + T_M^p + T_{BM} + T_B^p + T_w \quad (12)$$

식 (11.1)은 최대 근접 공통 노드에서 경로를 재설정할 때 이미 설정된 가상 채널중 이용 가능한 채널의 수 H^a 가 0보다 큰 경우로 각 교환기는 라우팅 테이블에 등록된 경로에 대하여 자원만 할당하므로 연결을 설정하기 위한 처리 시간은 T_M^r 로 작다. 반면 식 (11.2)은 미리 설정된 사용 가능한 가상 채널이 없기 때문에 교환기에서 새롭게 경로를 설정하기 위해 요구되는 처리 시간은 T_M^s 으로 큰 값을 갖는다. 하나의 호 관점에서 핸드오버 지연 D 는 다음과 같다.

$$D = \begin{cases} T_1 + T_2^v + T_3, & H^a > 0 \\ T_1 + T_2^s + T_3, & H^a = 0 \end{cases} \quad (13)$$

기존 핸드오버 기법의 지연에 대한 분석을 표 3에 나타내고 있다.

2. 성능 평가 및 분석 결과

제안한 DPRH 기법의 성능 평가를 위해 SLAM II을 이용한 모델링 및 시뮬레이션을 수행하였다. 호의 지속 시간은 평균 100초의 지수 분포를 가지며 기지국에서 호의 서비스 시간은 평균 50초의 지수 분포를 갖는다고 가정하였다. 또한 클러스터 경계에 있는 기지국에서 서비스 중인 호가 핸드오버를 수행할 때에 인접 이동교환기로 이동할 확률을 0.5로 가정하였으며 각 주기 동안에 추가된 호의 수 c_i 에 대한 과거 정보를 관리하기 위한 윈도우 크기를 10으로 하였다. 시뮬레이션은 클러스터 경계에 있는 기지국의 수를 변화시키면서 입력 부하에 따른 빠른 핸드오버 비율, 하나의 이동교환기간 핸드

오버 호를 위해 예약된 가상 채널의 수 및 예약 채널 이용률 등에 대한 성능을 평가하였다.

그림 5와 6은 입력 부하가 35-Erlang 일 때 각 주기에 대해서 예약된 가상 채널을 이용한 빠른 핸드오버 비율과 예약 채널 이용률을 보여준다. 경계 셀의 수 즉, 인접 클러스터와 경계에 있는 셀의 수가 증가할수록 빠른 핸드오버 비율과 예약 채널 이용률은 증가한다. 이는 클러스터 경계에 있는 각 기지국에서 발생한 이동교환기간 핸드오버 호가 예약된 가상 채널을 서로 공유함으로써 예약 채널을 효율적으로 사용하기 때문이다. 주기가 크면 예측 알고리즘에 의해서 예측되는 핸드오버 호의 수가 증가하여 예약하는 가상 채널의 수가 많아지고 이전 주기와 현재의 주기동안에 예약 채널을 이용한 핸드오버 호가 종료되면 해당 채널을 재사용하므로 한 주기동안에 이용할 수 있는 가상 채널의 수는 증가한다. 그러므로 예약 채널을 이용한 빠른 핸드오버 비율은 증가하지만 예약 채널 이용률은 감소한다.

위와 같이 제안한 DPRH 기법에서 핸드오버 호의 수 예측 알고리즘을 수행하는 주기에 의해 빠른 핸드오버 비율과 예약 채널 이용률은 많은 영향을 받는다. 그러므로 적절한 주기의 선택은 매우 중요하다. 그림 7은 가중치 요소 a 에 따른 각 주기에서

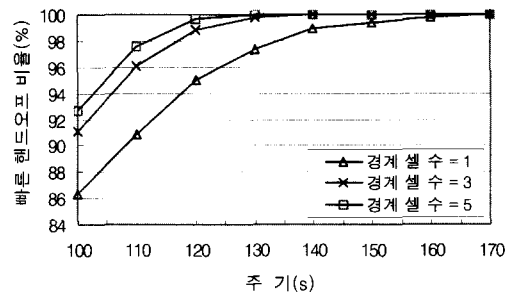


그림 5. 각 주기에 대한 빠른 핸드오버 비율

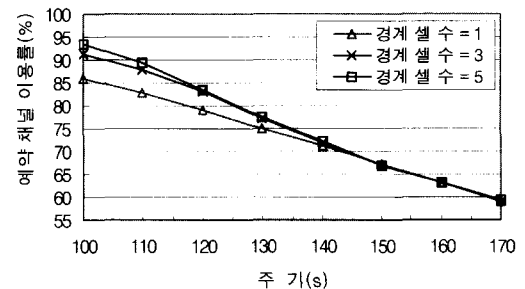


그림 6. 각 주기에 대한 예약 채널 이용률

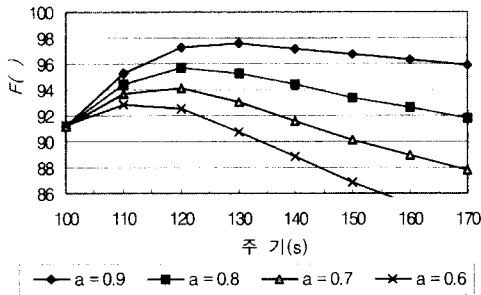


그림 7. 가중치에 따른 주기 결정 함수 값

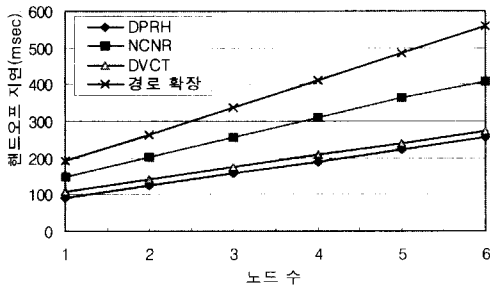


그림 8. 핸드오버 지연 비교

의 주기 결정 함수 결과 값을 보여준다. 각 a 에 대해서 주기 결정 함수의 값을 최대로 할 수 있는 주기를 가장 적절한 주기 값으로 선택한다. a 가 클수록 빠른 핸드오버 비율에 큰 가중치를 부여하므로 선택되는 주기의 값은 커지는 반면에 a 가 작을수록 예약 채널 이용률에 많은 가중치를 부여하기 때문에 선택되는 주기의 값은 작다. 본 논문에서는 적절한 주기 값으로 130을 선택하여 다른 핸드오버 기법과 성능을 비교 분석한다.

그림 8은 제안한 DPRH 기법과 기존 핸드오버 기법의 지연에 대한 성능을 보여준다. DPRH 기법에서 핸드오버 지연은 경계 셀의 수가 3일 때 빠른 핸드오버 호의 비율과 느린 핸드오버 호의 비율에 따른 각 핸드오버 지연에 대한 평균치이다.

이동교환기간 핸드오버 지연은 최대 근접 공동 노드와 기지국 사이의 이동교환기의 수를 나타내는 노드 수가 증가함에 따라 커진다. 경로 확장과 NCNR 기법은 핸드오버 시에 새로운 기지국까지 연결을 새롭게 재설정하기 때문에 핸드오버 지연이 증가한다. 반면 제안한 DPRH 기법과 DVCT 기법은 핸드오버를 위해 미리 가상 채널을 예약함으로써 경로 재설정을 위해 소요되는 시간을 줄일 수 있어 핸드오버 지연이 작다. 또한 DPRH 기법은 이

표 4. 핸드오버 복잡성 비교

기법 \ 시그널링수	핸드오버 동안	핸드오버 후
경로 확장	16	0
NCNR	18	4
DVCT	16	78
DPRH	16	4

동교환기가 기지국의 가용 무선 채널 정보를 관리하므로 핸드오버의 허용 여부를 빠르게 결정할 수 있기 때문에 DVCT 기법보다 적은 핸드오버 지연을 갖는다.

제한한 DPRH 기법과 DVCT 기법은 핸드오버를 위해 미리 가상 채널을 예약하는 방식으로 이동 단말에 의해 핸드오버가 발생할 때 연결 재배정을 위한 처리 시간을 줄일 수 있다. 그림 9는 DPRH 기법과 DVCT 기법에서 예약된 가상 채널을 이용한 빠른 핸드오버 비율을 보여준다. DVCT 기법은 기지국에서 서비스중인 각각의 호에 대해서 핸드오버를 위해 모든 인접 기지국까지 가상 채널을 미리 설정한다. 따라서 모든 호는 가상 채널을 이용한 빠른 핸드오버를 수행한다. 반면 DPRH 기법은 일정 주기마다 예측 알고리즘을 이용하여 이동교환기간 핸드오버 호의 수를 결정한 후, 이를 바탕으로 가상 채널을 미리 설정하는 예측 기반의 가상 채널 설정 기법이다. 그러므로 예약 채널의 부족으로 인해 새로운 경로를 설정해야 하는 느린 핸드오버가 발생한다. 그러나 그림에서 알 수 있듯이 느린 핸드오버의 비율은 매우 작다. 또한 경계 셀의 수가 증가할수록 각 기지국에서 발생하는 핸드오버 호에 의해서 예약 채널이 효율적으로 공유되고 입력 부하가 클수록 비교적 정확하게 핸드오버 호의 수를 예측하기 때문에 빠른 핸드오버 비율은 증가한다.

정육각형의 셀 구조에서 이동교환기간 핸드오버 확률이 0.5일 때 그림 10은 제안한 DPRH 기법과

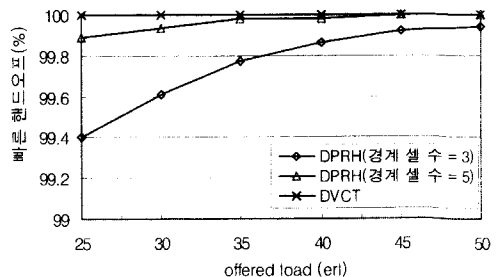


그림 9. DPRH와 DVCT의 빠른 핸드오버 비율

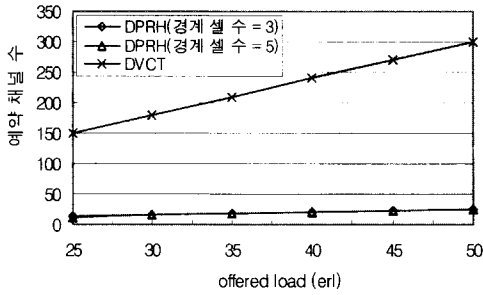


그림 10. DPRH와 DVCT의 예약 채널 수 비교

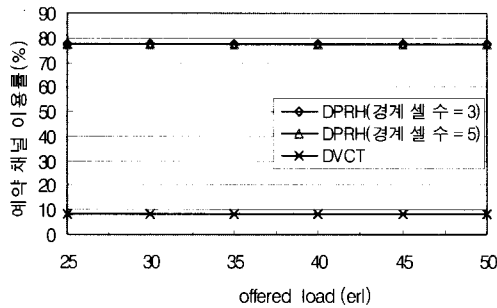


그림 11. DPRH와 DVCT의 예약 채널 이용률 비교

DVCT 기법에서 입력 부하에 따른 예약된 가상 채널의 수를 보여준다. DVCT 기법은 하나의 호에 대해서 모든 인접 기지국까지 가상 채널을 예약하는 반면에 DPRH 기법은 핸드오버 호의 수 예측 알고리즘을 이용하여 예약할 가상 채널 수를 결정하므로 하나의 핸드오버 호를 위해 약 1개의 가상 채널이 설정된다. 그러므로 DPRH 기법은 DVCT 기법에 비해 가상 채널 설정 및 해제를 위한 시그널링 트래픽 및 복잡성을 크게 감소시킬 수 있고, 가상 채널을 관리하기 위한 라우팅 테이블의 비용을 줄일 수 있다.

그림 11은 제안한 DPRH 기법과 DVCT 기법에서 예약된 가상 채널의 이용률을 보여준다. DPRH 기법은 적은 수의 가상 채널을 예약할 뿐만 아니라 예약 채널을 이용한 핸드오버 호가 종료되었을 때 해당 채널을 재사용 하므로 예약 채널의 이용률이 높다. 반면 DVCT 기법은 핸드오버를 수행하지 않는 호에 대해서도 가상 채널을 예약할 뿐만 아니라, 핸드오버 시에 모든 인접 기지국까지 설정된 가상 채널 중 단지 1개만이 사용되므로 예약 채널 이용률이 매우 낮다.

핸드오버 복잡성은 핸드오버를 처리하기 위한 시

그널링 메시지의 수로 측정할 수 있다. 표 4는 DPRH 기법과 기존 핸드오버 기법에서 핸드오버 동안과 핸드오버 후의 시그널링 메시지의 수를 보여준다. DVCT 기법은 핸드오버 후에 현재의 기지국에 인접한 모든 기지국까지 가상 채널 설정 및 기존 경로를 해제함으로써 시그널링 복잡성이 크다. 반면 DPRH 기법, 경로 확장 기법 및 NCNR 기법은 단지 기존 경로를 해제하는 과정만이 요구됨으로 시그널링 복잡성이 적다.

IV. 결론

본 논문은 무선 ATM 망에서 발생하는 이동교환기간 핸드오버를 효율적으로 처리할 수 있는 동적 경로 예약 핸드오버 기법 (DPRH)을 제안하였다. 제안한 기법은 이동교환기간 핸드오버의 신속한 처리를 위해 최대 근접 공동 노드로부터 인접 이동교환기까지 미리 가상 채널을 예약한다. 이때에 예약할 가상 채널의 수를 결정하기 위해 핸드오버 호의 수 예측 알고리즘을 제시하였다. 핸드오버 호의 수 예측 알고리즘은 일정 주기마다 클러스터 경계에 있는 기지국으로부터 인접 이동교환기로 핸드오버할 호의 수를 예측하여 미리 가상 채널을 예약함으로써 핸드오버 시 연결 재배정을 위해 소요되는 시간을 줄일 수 있었다. 또한, 제시한 예측 알고리즘의 예약 주기 설정 방법을 제시하고 시뮬레이션을 통해 결과를 확인하였다.

제안한 기법의 성능을 평가하기 위해 시뮬레이션을 수행하고 망 요소들간의 구체적인 시그널링 메시지를 분석하였으며 이를 기존 핸드오버 기법과 비교하였다. 제안한 기법은 핸드오버를 위해 가상 채널을 미리 설정함으로써 기존의 경로 확장과 NCNR 기법 보다 핸드오버 지연을 크게 감소시켰다. 그리고 제안한 기법과 같이 핸드오버를 위해 가상 채널을 미리 예약하는 DVCT 기법보다 적은 수의 가상 채널의 예약을 필요로 하였으며, 핸드오버 복잡성을 줄일 수 있었다.

참고 문헌

[1] M. Veeraraghavan, M. J. Karol and K. Y. Eng, "Mobility and Connection Management in a Wireless ATM LAN," *IEEE JSAC*, Vol. 15, No. 1, pp. 50-68, Jan. 1997

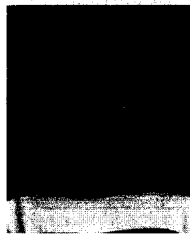
[2] R. Yuan, S. K. Biswas and D. Raychaudhuri, "A

Signalling and Control Architecture for Mobility Support in Wireless ATM Networks," *IEEE ICC*, pp. 478-484, Jun. 1996

- [3] B. A. Akyol and D. C. Cox, "Rerouting for Handover in a Wireless ATM Network," *IEEE Personal Comm. Magazine*, pp. 26-33, Oct. 1996
- [4] S. K. Biswas and A. Hopper, "A Representative Based Architecture for Handling Mobility in Connection Oriented Radio Networks," *ICUPC*, pp. 848-852, 1995
- [5] A. S. Acampora and M. Naghshineh, "An Architecture and Methodology for Mobile-Executed Handover in Cellular ATM Networks," *IEEE JSAC*, Vol. 12, pp. 1365-1375, Oct. 1994
- [6] O. T. W. Yu and V. C. M. Leung, "B-ISDN Architecture and Protocols to Support Wireless Personal Communications Internetworking," *IEEE PIMRC*, pp. 768-772, 1995
- [7] O. T. W. Yu and V. C. M. Leung, "Connection architecture and protocols to support efficient Handovers over an ATM/B-ISDN personal communications network," *Mobile Networks and Applications*, pp. 457-473, 1996
- [8] B. A. J. Banh, G. J. Anido, and E. Dutkiewicz, "Handover Re-routing Schemes for Connection Oriented Services in Mobile ATM Networks," *IEEE INFOCOM*, pp. 1139-1146, 1998

이 남 석(Nam-Suk Lee)

정회원



1998년 2월 : 전북대학교
컴퓨터공학과 졸업
2000년 2월 : 전북대학교
컴퓨터공학과 석사
2000년 3월~현재 : 한국전자
통신연구원
이동통신연구소연구원

<주관심 분야> 이동통신 프로토콜, IEEE 802.11, HIPERLAN

안 계 현(Kye-Hyun Ahn)

정회원

한국통신학회 논문지 제27권 제1B호 참조
현재 : 전북대학교 컴퓨터공학과 박사과정

김 영 천(Young-Chon Kim)

정회원

한국통신학회 논문지 제19권 제2호 참조
현재 : 전북대학교 컴퓨터공학과 교수

이 봉 주(Bong-Ju Lee)

정회원



1995년 8월 : 전북대학교
물리학과 졸업
1998년 2월 : 전북대학교
영상정보공학과 석사
1999년 3월~현재 : 전북대학교
영상공학과 박사과정

<주관심 분야> 이동통신, 위성통신, 인터넷, 보안