

HMIPv6 에서 페이징을 위한 동적 멀티캐스트 기법

박시용*, 이봉환**
*대전대학교 교육개발센터
**대전대학교 정보통신공학과
e-mail : sypark@dju.ac.kr

A Dynamic Multicast Scheme for Paging on HMIPv6

Si-Yong Park*, Bong-Hwan Lee**
*Educational Development Center, Daejeon University
**Dept. of Information and Communication, Daejeon University

요 약

본 논문에서는 HMIPv6 에 적용이 가능한 핸드오프 확률 기반의 페이징 기법과 페이징 요구 메시지 전송을 위한 멀티캐스트 기법을 제안한다. 핸드오프 확률 기반의 페이징 기법은 모바일 호스트들의 이동 패턴에 기반하여 비정형화 된 페이징 영역을 설정하고 이를 기반으로 거리와 핸드오프 확률을 이용하여 멀티캐스트 트리를 구성한다.

1. 서론

무선/이동 네트워크의 발전과 더불어 이동 전화망의 가입자는 폭발적으로 증가하여 유선 전화망 가입자의 수를 앞질렀다. 현재는 IMT-2000 으로 대표되는 제 3 세대 서비스를 실시 중이며, 또한 동시에 B3G(Beyond 3rd Generation)에 대한 표준화 작업이 국내외에서 활발하게 진행되고 있다. 이러한 B3G 는 IP 를 기반으로 하는 All-IP 네트워크로의 진화라는 특징을 가지고 있으며, 특히 무선/이동 네트워크에서의 IP 통신은 모바일 IP 로 대표되고 있다[2].

무선/이동 네트워크에서 모바일 호스트들은 다른 모바일 호스트와 통신 중에도 이동할 수 있으며, 이러한 이동 중 통신은 정확한 사용자의 이동성 관리에 의해서 가능하다. 이러한 이동성 관리는 두 가지 연산으로 분류된다. 위치 갱신(Location Update)은 모바일 호스트가 자신의 위치를 변경할 때 현재 위치한 셀 정보를 시스템에게 알려주는 방법이고, 페이징(Paging)은 도착 호가 발생했을 때 시스템이 이동 단말의 위치를 찾아서 모바일 호스트에게 알려주는 방법이다. 기존의 이동성 관리 방법은 음성 통신을 위주로 하는 셀룰러 네트워크(Cellular Network)를 기반으로 많은 발전을 가져왔다[1].

모바일 IP 에서는 주소 부족 문제와 QoS 등을 고려하여 MIPv6 를 제안하였고, 빈번한 핸드오프가 발생하는 마이크로 이동성을 위하여 HMIPv6 (Hierarchical Mobile IPv6)를 제안하였다[3, 4].

HMIPv6 에서는 지역적인 이동성 관리를 위해서 MAP(Mobility Anchor Point)라는 새로운 엔티티를 기존의 MIPv6 환경에 추가하였고, 지역 등록(Location Update)을 이용하여 이동성을 관리하지만, 페이징은 지원하지 않는다[4]. 그리고 무선 자원을 효율적으로 사용하기 위해서 셀의 크기는 점점 작아지고 있으며,

핸드오프의 횟수는 점점 증가하고 있다. 이러한 현상은 기존의 MIPv6 뿐만 아니라 HMIPv6 에서 빈번한 지역등록을 유발하여 많은 네트워크 트래픽을 발생시킨다. 이를 향상시키기 위해서 페이징의 개념을 HMIPv6 및 MIPv6 에 도입하는 연구가 활발히 진행되고 있다[5,6]. 특히 [5]에서는 페이징 시에 MAP 과 모바일 호스트 사이의 네트워크 트래픽을 줄이기 위해서 Explicit Multicast 기법을 도입하였다[5].

본 논문에서는 [5]와 유사하게 페이징 시에 MAP 과 모바일 호스트 사이의 네트워크 트래픽을 줄이기 위하여 핸드오프 확률 기반의 멀티캐스트 기법을 도입한다. 셀들간의 핸드오프 확률을 구하기 위해서 본 논문에서는 가약 마코프 체인을 기반으로 한 차별화된 핸드오프 추정 모델을 이용한다[7], 이 모델에서 제공하는 셀들 간의 핸드오프 확률을 이용하여 MAP 도메인을 형성하고, 페이징 메시지를 전송하기 위한 멀티캐스트 트리를 구성한다. MAP 도메인에 호가 도착하면 확률 기반으로 구성된 멀티캐스트 트리를 기반으로 페이징 요청 메시지를 각각의 AR 들에게 멀티캐스팅한다. 본 논문에서 제안하는 멀티캐스팅 기법은 모바일 호스트들의 이동성에 따라 동적으로 구성된다.

본 논문의 구성은 2 장에서 HMIPv6 와 차별화 된 핸드오프 추정 모델 및 관련 연구들에 대하여 소개하고, 3 장에서 제안하는 페이징 기법과 동적 멀티캐스트 기법을 제안한다. 그리고 4 장에서 실험 결과를 보이고, 마지막으로 5 장에서 결론과 향후 연구 과제에 대해 기술한다.

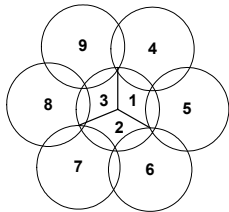
2. 관련 연구

HMIPv6 는 셀들의 소형화 추세에 따른 빈번한 핸드오프의 부담과 마이크로 이동성을 위해서

IETF(Internet Engineering Task Force)에서 표준안으로 채택하였다. HMIPv6 에서는 MAP 이라는 새로운 지역 이동성 관리 에이전트를 추가하여 MAP 도메인 내에서의 이동인 경우에는 HA(Home Agent)나 CN(Correspond Node)에게는 지역 등록을 실시하지 않고, MAP 에게만 지역 등록을 실시하여 전체 네트워크 트래픽을 감소시킨다. 그리고 이러한 지역 이동성 관리를 위하여 RCoA(Regional Care of Address)와 LCoA(on-Link CoA)인 2 개의 주소를 이용한다. 그러나 HMIPv6 에서는 기본적으로 페이징을 지원하지 않기 때문에, HMIPv6 에 페이징을 도입하기 위한 연구가 요구되고 있다[4].

기존에는 유니캐스트 방식을 이용하여 페이징 요청 메시지를 전송하였지만, 이는 이동 노드의 수가 증가할수록 확장성이 떨어지기 때문에 [5]에서는 선택적인 페이징 알고리즘에 소규모 멀티캐스트 그룹에 적합한 Explicit Multicast 기법을 도입하여 전체적인 페이징 비용을 감소시켰다. 또한 이 기법에서는 페이징을 위하여 선택적인 페이징 기법(Selective Paging Scheme)을 사용하였다.

[7]에서는 3 개의 내부 영역을 포함하는 모바일 네트워크 구조에서 가약 마코프 체인을 이용하여 모바일 호스트들의 이동 패턴을 고려한 차별화된 핸드오프 추정 모델을 제시하였다. (그림 1)에서는 내부 영역을 포함하는 셀 구조를 보이고 있으며, 이러한 내부 영역은 섹터 안테나를 이용하여 구성할 수 있다[7].



(그림 1) 내부 영역을 포함한 셀 구조

그리고 각각의 진입 내부 영역에 따라서 모바일 호스트들이 핸드오프 이전까지 평균적으로 내부 영역을 이동할 횟수를 (식 1)과 같이 정의하였다.

$$\begin{cases} \frac{1 - P_{23}P_{32} + P_{13}P_{32} + P_{12}P_{23} + P_{12} + P_{13}}{1 - P_{23}P_{32} - P_{12}(P_{23}P_{31} + P_{21}) - P_{13}(P_{31} - P_{21})}, (j=1) \\ \frac{1 - P_{13}P_{12} + P_{23}P_{31} + P_{13}P_{21} + P_{21} + P_{23}}{1 - P_{23}P_{32} - P_{12}(P_{23}P_{31} + P_{21}) - P_{13}(P_{31} - P_{21})}, (j=2) \\ \frac{1 - P_{12}P_{21} + P_{21}P_{32} + P_{12}P_{31} + P_{31} + P_{32}}{1 - P_{23}P_{32} - P_{12}(P_{23}P_{31} + P_{21}) - P_{13}(P_{31} - P_{21})}, (j=3) \end{cases} \quad (식 1)$$

그리고 각각의 내부 영역으로 진입한 이동 단말들이 이웃 셀들로 이동할 확률은 다음과 같다.

$$\begin{pmatrix} \frac{P_{14}(1 - P_{23}P_{32})}{\Delta P} & \frac{P_{13}(1 - P_{23}P_{32})}{\Delta P} & \frac{P_{26}(P_{12} + P_{13}P_{32})}{\Delta P} & \frac{P_{27}(P_{12} + P_{13}P_{32})}{\Delta P} & \frac{P_{38}(P_{13} + P_{12}P_{23})}{\Delta P} & \frac{P_{39}(P_{13} + P_{12}P_{23})}{\Delta P} \\ \frac{P_{14}(P_{21} + P_{23}P_{31})}{\Delta P} & \frac{P_{13}(P_{21} + P_{23}P_{31})}{\Delta P} & \frac{P_{26}(1 - P_{13}P_{31})}{\Delta P} & \frac{P_{27}(1 - P_{13}P_{31})}{\Delta P} & \frac{P_{38}(P_{23} + P_{13}P_{21})}{\Delta P} & \frac{P_{39}(P_{23} + P_{13}P_{21})}{\Delta P} \\ \frac{P_{14}(P_{21}P_{32} + P_{31})}{\Delta P} & \frac{P_{13}(P_{21}P_{32} + P_{31})}{\Delta P} & \frac{P_{26}(P_{32} + P_{12}P_{31})}{\Delta P} & \frac{P_{27}(P_{32} + P_{12}P_{31})}{\Delta P} & \frac{P_{38}(1 - P_{12}P_{21})}{\Delta P} & \frac{P_{39}(1 - P_{12}P_{21})}{\Delta P} \end{pmatrix} \quad (식 2)$$

(식 2)에서 i 행 j 열의 원소는 내부 영역 $i(i=1,2,3)$ 로 진입한 모바일 호스트가 이웃 셀

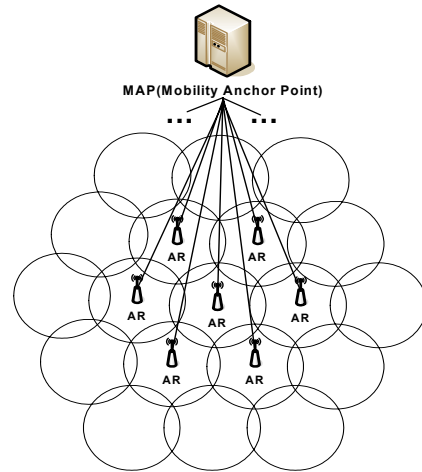
$j(j=4,5,6,7,8,9)$ 로 이동할 확률이다. 그리고 [7]에서는 모바일 호스트가 셀 내부 영역을 이동하는 정도를 이동성 등급으로 표현하였다. 이동성 등급은 셀에 진입한 모바일 호스트의 실제 내부 영역 이동 횟수가 추정된 내부 영역 이동 횟수보다 커지면 1 씩 증가한다.

3. 동적 멀티캐스트 기법에 기반한 페이징

본 논문에서 제안한 페이징 기법은 [7]의 차별화된 핸드오프 추정 모델에서 공급하는 핸드오프 확률을 기반으로 페이징 영역을 설정하고, 페이징 영역내의 AR 들을 멀티캐스트 트리로 구성한다. 이러한 멀티캐스트 트리는 페이징 영역 길이와 핸드오프 확률 등을 고려하여 하나의 페이징 영역 내에서도 다수 개의 멀티캐스트 트리가 구성되며 선택적인 페이징 기법을 이용하여 페이징 요청 메시지를 페이징 영역내의 AR(Access Router)들에게 전송한다.

3.1 시스템 모델

본 논문에서 제안하는 기법들은 HMIPv6 를 기반으로 하기 때문에 전체적인 구성은 HMIPv6 의 구성에 따른다. (그림 2)는 MAP 도메인 구성을 보여준다.



(그림 2) HMIPv6 의 구성

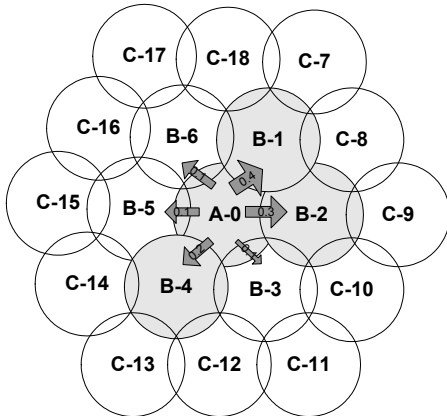
(그림 2)에서 모바일 호스트들은 셀들간의 이동을 자유롭게 하며 모바일 호스트가 새롭게 MAP 도메인에 진입하면 MAP 에 위치 등록을 실시하고 MAP 은 HA 와 CN 에 위치 등록을 실시한다. 모바일 호스트가 비활성화 상태에서 페이징 영역 내부의 셀들을 이동하면 위치 등록을 실시하지 않고, 페이징 영역들 사이를 이동하면 새로 진입하는 페이징 영역에서 위치 등록을 실시한다. 그리고 만약 모바일 호스트가 활성화 상태이면 셀들 사이를 이동할 때마다 위치 등록을 실시한다.

3.2 페이징 영역 구성

모바일 호스트가 위치 등록을 실시할 때 페이징 영역을 설정한다. 본 논문에서 제안하는 페이징 영역

설정 방법은 다른 연구의 페이징 영역 설정 방법과 다르게 일정한 형태의 페이징 영역이 아니라 핸드오프 확률을 기반으로 페이징 영역을 설정하기 때문에 정형화 된 모습을 가지지 않는다.

(그림 3)에서 A-0 는 가장 최근에 위치 등록을 실시한 셀이며 페이징 영역의 중심이 된다. 그리고 B 로 시작되는 인덱스를 가진 셀들은 중앙 셀로부터 거리 1 에 해당하는 이웃 셀들이다. C로 시작하는 인덱스를 가진 셀들은 중앙 셀로부터 거리 2 에 해당하는 이웃 셀들이다.



(그림 3) 페이징 영역 구성

(그림 3)에서 중앙 셀(A-0)에 있는 모바일 호스트들은 거리 1 인 이웃 셀들로의 이동이 가능하다. 그렇지만 각각의 이웃 셀들로 이동할 확률은 서로 다를 것이다. 이러한 이유로 본 논문에서 제안하는 페이징 영역 설정은 기준치 이상의 핸드오프 확률로 이동할 가능성이 있는 셀들만 페이징 영역에 포함시킨다. (수식 3)에서 이러한 페이징 영역 설정을 정의한다.

$$PA_1 = \{\forall k | P(n_i \rightarrow k) \geq \alpha_1\} \quad (\text{식 3})$$

(식 3)은 거리 1 에 해당하는 이웃 셀들을 페이징 영역에 포함시키기 위한 조건이다. n 과 i 는 현재 모바일 호스트가 최후로 위치 등록을 실시한 셀과 그 셀에 진입할 때 거쳐왔던 내부영역을 의미한다. 그리고 k 는 거리가 1 인 이웃 셀이며, α_1 은 페이징 영역을 설정하기 위한 최소 핸드오프 확률이다. (그림 3)에서 α_1 를 0.2 로 설정한다면 PA_1 에 속하는 거리 1 인 이웃 셀들은 B-1, B-2, B-4 이다. PA_1 에 속하는 페이징 영역을 설정한 후에 거리 2 와 PA_1 에 포함되지 않은 거리 1 에 속하는 이웃 셀들에 대해서도 동일한 방법으로 PA_2 에 대한 페이징 영역을 (식 4)에 의해서 설정한다.

$$PA_2 = \{\forall m | P(n_i \rightarrow m) \geq \alpha_2\} \cup \{\forall k, s | P(n_i \rightarrow k) \cap P(k \rightarrow s) \geq \alpha_2, m \notin PA_1\} \quad (\text{식 4})$$

(식 3)과 (식 4)에서는 $\alpha_1 > \alpha_2$ 가 성립해야만 한다. 위와 같은 방법으로 MAP 도메인의 가장 외곽 셀에 도달할 때까지 PA_i 영역들을 설정한다.

모바일 호스트가 실제 이동한 횟수가 [7]에서 추정 한 이동 횟수를 초과하게 되면 이동성 등급이 증가하고 이웃 셀로의 핸드오프 확률도 달라지며 이에 따른

PA_i 구성도 달라지게 된다.

3.3 페이징을 위한 멀티캐스트 기법

MAP 도메인 내에 있는 모바일 호스트에게 연결 호가 도착하였을 때 MAP 는 해당 모바일 호스트의 페이징 영역 내에 있는 셀들의 AR 들에게 페이징 요구 메시지를 전송한다. 본 논문에서는 이러한 페이징 요구 메시지를 전송하기 위하여 페이징 영역 내부에 각 PA_i 의 AR 들을 멀티캐스트 트리로 구성하고 선택적 페이징 기법에 따라 각각의 멀티캐스트 트리를 이용하여 멀티캐스팅한다. 멀티캐스트 트리를 구성하기 위한 방법은 다음과 같다.

- 1) 최후로 위치 등록을 실시한 셀의 AR 을 멀티캐스트 트리의 루트로 선택한다.
- 2) 루트를 기준으로 PA_1 에 속하는 셀들의 AR 들을 핸드오프 확률을 기준으로 이진 트리를 이용하여 첫 번째 멀티캐스트 트리를 구성한다.
- 3) PA_2 에 속하는 셀들 중에서 첫 번째 멀티캐스트 트리의 루트로부터 핸드오프 확률이 가장 큰 셀의 AR 을 두 번째 멀티캐스트 트리의 루트로 선택한다.
- 4) PA_2 에 속하는 AR 들을 핸드오프 확률에 따라서 이진 트리를 이용하여 두 번째 멀티캐스트 트리 구성한다.
- 5) 각 PA_i 에 속하는 셀들을 3)과 4)의 방법을 이용하여 각각의 멀티캐스트 트리를 구성한다. 이러한 멀티캐스트 트리들은 설정된 PA 에 대하여 모두 적용한다.
- 6) 모든 PA_i 에 속하지 않는 MAP 도메인 내의 셀들의 AR 들을 3)과 4)의 방법을 이용하여 마지막 멀티캐스트 트리 구성한다.

위와 같은 방법으로 다수의 멀티캐스트 트리들을 구성한 후, 연결 호가 MAP 에 도착하면 MAP 는 데이터를 버퍼링한 후에 첫 번째 멀티캐스트 트리를 이용하여 페이징 요청 메시지를 각 AR 들에게 전송하고 타이머를 작동시킨다. 그리고 각 AR 들은 자신의 영역내에 있는 모바일 호스트들에게 그 메시지를 브로드캐스팅한다. 만약 모바일 호스트가 그 메시지를 수신한다면, 응답 메시지를 해당 AR 을 통하여 MAP 에게 전송한다. 응답 메시지를 수신한 MAP 는 페이징을 중단하고 해당 모바일 호스트가 속해있는 AR 에게 데이터를 전송한다. 그러나 타이머가 과기될 때까지 응답 메시지가 MAP 에 도착하지 않는다면 두 번째 멀티캐스트 트리를 이용하여 각 AR 들에게 페이징 요청 메시지를 전송하고 MAP 는 응답 메시지를 기다린다. 이러한 과정을 응답 메시지가 도착할 때까지 수행한다.

4. 실험 및 결과 분석

본 논문에서는 제안하는 기법의 성능 분석을 위해서 [5]에서 제안한 비용 함수를 이용하여 (그림 2)와 같은 환경에서 실험을 실시하였다. 최후로 위치 등록을 실시한 중앙 셀을 기준으로 최대 거리는 3 으로 제한하였으며, 하나의 페이징 영역 내의 멀티캐스트

트리의 수는 최대 4 개로 설정하였다. (식 5)는 전체 비용 함수를 의미한다.

$$C_T = C_L + C_N + C_M \quad (\text{식 5})$$

(식 5)에서 C_L 은 링크 전송 비용이고, C_N 은 노드 처리 비용이며, C_M 은 멀티캐스트 그룹 관리 비용이다. 먼저 링크 전송 비용은 유니캐스트 전송인 경우와 멀티캐스트 전송인 경우로 나누어서 각각 (식 6)과 (식 7)로 표현할 수 있다.

$$C_L^u = N \cdot L_u \cdot S_u \cdot \alpha \quad (\text{식 6})$$

$$C_L^m = L_m \cdot S_m \cdot \alpha \quad (\text{식 7})$$

위 수식들에서 L_u 와 L_m 은 각각 유니캐스트의 평균 라우팅 패스 길이와 멀티캐스트 트리의 전체 길이이다. 그리고 S_u 와 S_m 은 유니캐스트와 멀티캐스트 간의 상대적인 페이징 요구 패킷의 크기이고, 여기서는 둘의 크기가 같기 때문에 모두 1 로 설정한다. α 는 무선 상에서의 전송 비용이고, N 은 페이징 절차에 의해서 페이징되는 AR 들의 개수이다.

노드 처리 비용인 C_N 은 유니캐스트와 멀티캐스트인 경우로 나누어서 각각 (식 8)과 (식 9)로 정의된다.

$$C_N^u = N \cdot (L_u + 1) \cdot \beta \quad (\text{식 8})$$

$$C_N^m = (L_m + 1) \cdot \beta \quad (\text{식 9})$$

위 식들에서 β 는 하나의 목적지 주소를 가질 때 노드당 처리 비용을 의미한다. 유니캐스트와는 달리 멀티캐스트에는 멀티캐스트 트리를 관리하기 위한 비용이 추가적으로 발생하며 (식 10)으로 정의한다.

$$C_M^m = Pv \cdot (r_m \cdot \alpha \cdot \min(E(t_r), E(t_s))) + (1 - Pv) \cdot (\theta_{Tree} + r_m \cdot \alpha \cdot \min(T, E(t_s))) \quad (\text{식 10})$$

(식 10)에서는 연결 호가 도착했을 때 이미 멀티캐스트 트리가 구성되어 있는 경우와 새롭게 멀티캐스트 트리가 구성되어야 하는 경우로 나누어서 정의하였다. 이미 트리가 구성되어 있는 경우에 t_s 와 t_r 는 연속되는 두 세션들 사이의 시간과 두 세션 사이에서 트리가 생존해 있을 시간이다. 그리고 T 는 트리가 새롭게 구성되는 경우에 트리가 유지될 시간이다. Pv 는 페이징 요구 패킷이 도착했을 때, 멀티캐스트 트리가 존재할 확률이고 (식 11)로 표현한다.

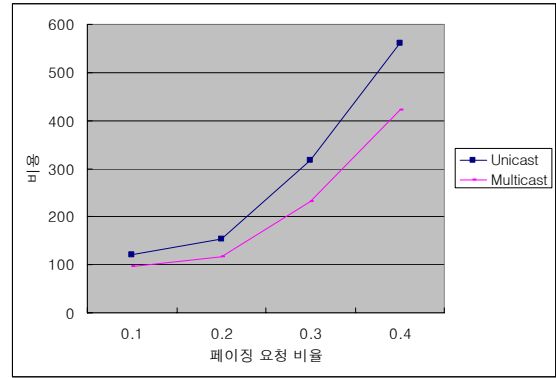
$$Pv = \Pr\{t_s < T\} = \int_0^T \lambda_s e^{-\lambda_s t} dt \quad (\text{식 11})$$

(식 11)은 페이징 요구 패킷 도착율이 λ_s 를 가지는 포아송 분포를 따른다고 가정한다. 그리고 (식 10)에서 마지막으로 r_m 과 θ_{Tree} 는 멀티캐스트 그룹을 유지하기 위해서 전송하는 메시지 전송 비용과 트리 구성 비용이다.

본 논문에서는 제안하는 멀티캐스트 기법을 이용하는 선택적인 페이징 기법과 유니캐스트 기법을 이용하는 페이징 기법간의 성능을 위에서 소개한 비용함수를 이용하여 비교한다.

(그림 4)에서는 실험 결과를 보이고 있다.

(그림 4)에서는 페이징 요청 비율에 따른 두 기법들간의 성능 차이를 보이고 있으며, 본 논문에서 제안한 기법이 우수한 성능을 보이고 있다.



(그림 4) 페이징 요청 비율에 따른 실험 결과

5. 결론 및 향후 연구과제

본 논문에서는 HMIPv6 에 적용이 가능한 동적 멀티캐스트 트리를 이용한 페이징 기법을 제안하였다. 이 기법은 [7]에서 제안한 차별화 된 핸드오프 예측 모델을 기반으로 핸드오프 확률에 따라서 MAP 도메인 내에 페이징 영역을 구성하고, 각각의 페이징 영역을 거리와 핸드오프 확률을 이용하여 멀티캐스트 트리로 구성하였다. 본 논문에서 제안한 기법은 [5]의 비용 함수를 이용하여 실험을 하였으며, 유니캐스트 전송과 비교한 실험 결과에서 우수한 성능을 보였다.

향후에는 본 논문에서 제안한 멀티캐스트와 페이징 기법을 가상 실험환경을 기반으로 분석을 실시할 예정이며, 또한 MAP 도메인 내의 트래픽까지 고려한 기법으로 발전시킬 예정이다.

Acknowledgment

본 연구는 정보통신부의 대학 IT 연구센터 지원사업 (IITA-2006-(C1090-0603-0014)) 및 산업자원부 의 지역혁신 인력양성사업 지원으로 수행되었음.

참고문헌

- [1] I.F. Akyildiz et al., "Mobility Management in Next-Generation Wireless Systems," in Proc. IEEE, pp. 1347-1384, Aug. 1999.
- [2] 정희영, 고석주, "ITU-T 에서의 B3G 이동성관리 표준 기술 분석," Telecommunication Review, 제 16 권, 제 3 호, pp. 460-469, 2006 년 2 월.
- [3] David B. Johnson, Charles Perkins, "Mobility Support in IPv6," IETF RFC 3775, June 2004.
- [4] H. Soliman et al, "Hierarchical Mobile IPv6 Mobility Management," IETF RFC 4068, July 2005.
- [5] Sangheon Park et al., "A Cost-Effective Approach to Selective IP Paging Scheme Using Explicit Multicast," Elsevier Computer Communications, vol. 29, no. 16, pp. 3066-3078, Oct 2006.
- [6] X. Zhang et al., "P-MIP: Paging Extension for Mobile IP," ACM Mobile Networks and Applications, vol. 7, no. 2, pp. 127-141, Apr. 2002.
- [7] Si-Yong Park, Ki-Dong Chung, "Dynamic Resource Reservation using the Differentiated Handoff Estimation Model for Mobile Networks", Lecture Notes in Computer Science, vol. 3129, June 2004.