

논문 2006-43TC-2-3

HMIPv6에서의 고속 매크로 핸드오프 지원 방안

(A Fast Handoff between MAPs in Hierarchical Mobile IPv6)

신태일*, 문영성**

(Teail Shin and Youngsong Mun)

요약

Internet Engineering Task Force(IETF)는 효율적인 이동성 지원을 위해 Hierarchical Mobile IPv6(HMIPv6)를 제안하였다. HMIPv6는 Mobility Anchor Point(MAP) 도메인 내에서 기존 Mobile IP(MIP)에서 모바일 노드의 이동시마다 필수적이었던 시그널링 오버헤드와 Binding Update(BU)로 인한 지연을 줄일 수 있는 방법을 제공한다. 하지만 MAP과 MAP 사이를 이동하는 사용자에 대해서는 아무런 대비책을 제시하지 않고 있기 때문에 실시간 응용프로그램의 사용에 있어서 이 경우 상당한 지연이 발생한다. 본 논문은 MAP과 MAP 사이를 이동하는 사용자에 대해서도 사용자의 통신에 대한 영향을 최소화할 수 있도록 핸드오프 지연시간을 단축할 수 있는 고속 핸드오프를 제안하고 수학적 모델을 통하여 기존의 HMIPv6와 비교하였다.

Abstract

Internet Engineering Task Force(IETF) proposed the Hierarchical Mobile IPv6(HMIPv6) to support mobility efficiently. The HMIPv6 was developed to reduce the signaling overhead and delay concerned with Binding Update in Mobile IPv6. However, the HMIPv6 still need a further enhancement for supporting the real-time application because HMIPv6 only concerns with the latency resulted within a MAP. For providing seamless handoff we propose a scheme that can reduce latency when Mobile Node changes a MAP. Also we compare the HMIPv6 with the proposed scheme through a analysis model.

Keywords : Mobile IPv6, Hierarchical Mobile IPv6, Fast handoff

I. 서 론

IPv6 주소는 인터페이스 아이디와 그 주소가 속한 네트워크의 서브넷으로 이루어 져 있다. 모바일 노드가 다른 네트워크로 이동해서 서브넷이 바뀌면 IP 주소가 바뀌게 되고 결국 전송계층이나 응용계층과 같은 IP의 상위 계층의 연결성이 유지 될 수 없게 된다. 모바일 기기에 대한 수요와 활용이 다가오는 IPv6 환경에서 주요한 부분을 차지할 것으로 예상되는 가운데 IETF

(Internet Engineering Task Force)는 IP 계층의 이동성에 대한 필요성 때문에 *Mobility Support in IPv6^[1]*을 표준으로 상정하였다.

하지만 Mobile IPv6에서는 모바일 노드의 핸드오프 지연 시간이나 시그널링 비용의 최적화 등을 고려하지 않는다. 따라서 *Hierarchical Mobile IPv6^[3]*는 기존 MIP에서 모바일 노드의 이동시마다 필수적이었던 시그널링 오버헤드와 Binding Update(BU)로 인한 지연을 줄일 수 있는 방법을 제안했다. HMIPv6^[3]에서는 모바일 노드가 Mobility Anchor Point(MAP) 도메인 내부에서 이동할 경우 Home Agent(HA)와 Correspondent Node(CN)에게 Binding Update를 보낼 필요 없이 단지 현재 서비스를 받고 있는 MAP에게 local Binding Update만 보내면 되기 때문에 기존의 MIPV6에 비해

* 학생회원, ** 정회원, 숭실대학교 컴퓨터학과
(Dept. of Information Science, Soongsil University)
※ 본 연구는 한국과학재단 목적기초연구 지원으로 수행되었음. (R01-2004-000-10618-0)
접수일자 : 2005년9월26일, 수정완료일 : 2006년2월15일

많은 성능 향상을 얻을 수 있다. 그러나 HMIPv6는 MAP 도메인 내부의 이동에 대해서는 Mobile IPv6에 비해 향상된 성능을 나타내지만 MAP 도메인이 바뀌는 경우에 대한 방안은 제시하고 있지 않다. 따라서 본 논문에서는 하나의 관리 도메인(Administrative Domain)에 의해 운영되는 네트워크에서의 MAP 도메인이 바뀌는 MN의 이동에서도 MAP 내부에서 이동시에 얻을 수 있었던 만큼의 시그널링 비용 절감 효과와 BU로 인한 지연을 피할 수 있는 방법을 제안한다.

II. Hierarchical Mobile IPv6

Mobile IPv6는 노드의 이동시마다 MN이 자신의 HA와 CN에게 Binding Update를 보내도록 함으로써 MN과 CN의 연결성을 계속 유지할 수 있도록 한다. 결국 항상 MN과 HA사이의 Binding Update, Binding Acknowledgement 그리고 MN과 CN사이의 Binding Update가 필요하므로 1.5 round trip의 지연시간이 발생 한다.

또한 Mobile IPv6는 Route Optimization을 허용 하므로 이동시마다 통신 중 이었던 모든 CN에게 Binding Update를 보내야만 하므로 이에 비례하여 시그널링 비용이 커질 수밖에 없다. 따라서 HMIPv6에서는 Local HA 역할을 하는 MAP을 Access Router 상위에 두어 이러한 문제점들을 해결한다. 그림 1에서 HMIPv6는 MAP 도메인 내에서 MN이 Access Router 1에서

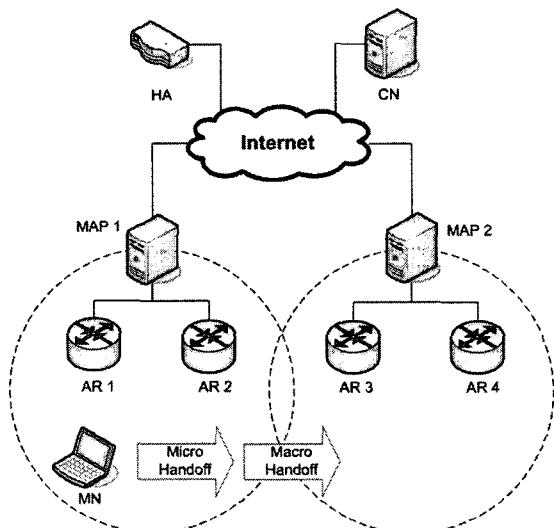


그림 1. HMIPv6 아키텍처

Fig. 1. HMIPv6 Architecture.

Access Router 2로 빠르게 핸드오프 할 수 있도록 돕

는다.

그림 2에서처럼 MAP 도메인에 있는 MN은 Router Advertisement(RA)의 Router Prefix로부터 LCoA를 생성하는 동시에 Router Advertisement의 MAP option으로부터 MAP의 글로벌 주소를 얻어 RCoA를 생성하여 LCoA를 CoA로 하고 RCoA를 HoA로 하여 Local Binding Update를 MAP에게 보내면 MAP은 DAD(Duplicate Address Detection)를 수행하고 Binding Acknowledgement을 MN에게 보낸다. 그 후에 자신의 HA에 RCoA를 CoA로 바인딩 하여 모든 트래픽이 MAP으로 오도록 하고 MAP은 MN을 대신하여 모든 패킷을 이미 생성된 터널을 통하여 MN의 현재 위치인 LCoA로 보낸다. 따라서 같은 MAP 도메인 내부에서 MN이 핸드오프하는 경우에 MN은 수신한 RA의 MAP option을 통해 같은 MAP 도메인에 있다고 판단하고 Global Binding Update와 현재 통신하고 있는 CN들에게 Binding Update 보내지 않고 단 한번의 Local Binding Update만 MAP에게 보내면 되기 때문에 MIPv6의 기본 핸드오프 과정에 비해 상당한 성능 향상을 얻을 수 있다.

하지만 그림 1의 매크로 핸드오프처럼 MAP 도메인이 바뀌게 되는 경우에는 현재 MN이 있는 서브넷에서 생성한 LCoA를 MAP에게 등록하고 새로운 MAP으로부터 생성한 새로운 RCoA를 HA에게 CoA로 등록해야 한다. 따라서 지연시간을 줄이기 위한 HMIPv6의 서비스를 받지 못하게 되고 실시간 응용프로그램과 같이 지연시간에 민감한 프로그램에서는 치명적인 딜레이를 유발한다. 이처럼 HMIPv6는 MAP 도메인이 변경되는 매크로 핸드오프에 대한 대비를 하지 않고 있지 않으므로

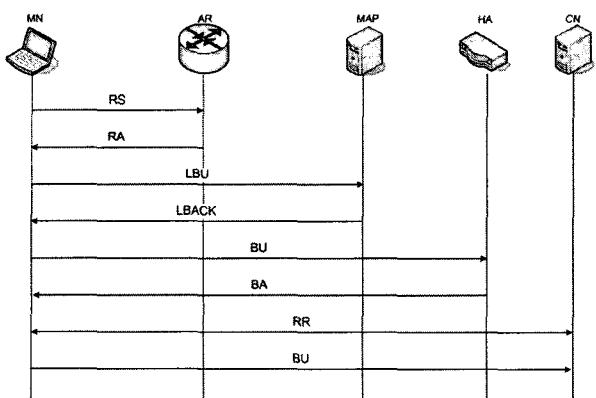


그림 2. HMIPv6 동작 절차

Fig. 2. HMIPv6 procedure.

본 논문에서는 MAP 도메인이 바뀌는 경우에도 성능이

저하되지 않을 수 있는 방법을 제시한다.

III. 고속 매크로 핸드오프

본 논문에서는 모든 MAP이 하나의 관리 도메인 (Administrative Domain)에 의해 운영되는 네트워크에서 MAP이 변경되는 MN의 이동시에도 기존의 HMIPv6와 같은 성능을 제공하는 고속 매크로 핸드오프를 제안한다. HMIPv6에서는 새로운 MAP 도메인으로 MN이 이동했을 때 그 새로운 MAP 도메인의 서브넷의 주소로 만들어진 RCoA를 HA에게 등록할 필요가 있다. 본 논문에서 제안하는 Cellular RCoA는 MN이 새로운 MAP 도메인으로 이동하여도 RCoA를 바꿀 필요가 없기 때문에 새로운 RCoA를 HA에게 등록하고 CN과의 Route Optimization 다시 시행하기 위한 핸드오프 지연시간을 단축 할 수 있다.

MN이 새로운 서브넷으로 이동하였을 때 IP 주소가 바뀌는 이유는 기본적으로 IP 라우팅은 prefix-based routing 방식을 사용하기 때문이다. prefix-based routing은 네트워크를 여러 서브넷으로 나누고 이렇게 나누어진 서브넷의 prefix 주소를 통해 라우팅을 수행하기 때문에 라우터의 라우팅 테이블의 크기를 줄일 수 있는 장점이 있다. 하지만 다른 서브넷으로 이동하였을 경우에는 IP주소가 필연적으로 바뀌어야 한다. Cellular RCoA는 RCoA에 대해서 prefix-based routing을 사용

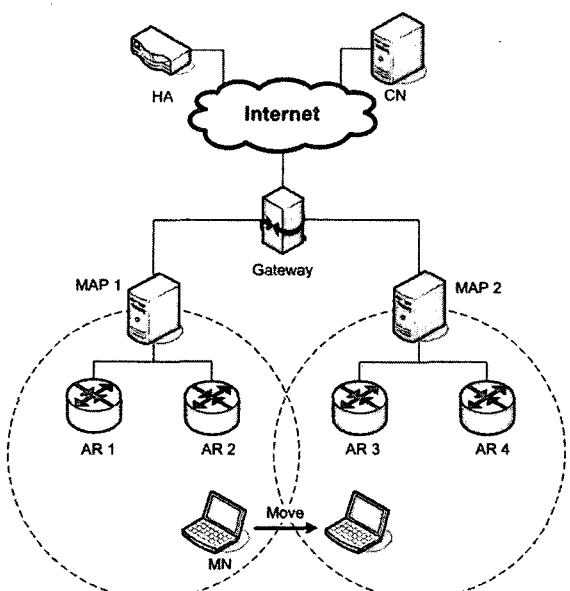


그림 3. 고속 매크로 핸드오프 아키텍처
Fig. 3. Fast macro handoff architecture.
하지 않고 대신해서 host-specific routing을 사용한다.

따라서 네트워크의 MAP과 MAP 상위의 게이트웨이는 라우팅과 패킷 포워딩을 위해 RCoA의 prefix가 아닌 전체 주소를 라우팅 캐쉬에 저장하여 host-specific route를 유지한다. 라우팅 캐쉬의 각각의 엔트리는 라우팅 엔트리라 불리고 패킷을 포워딩하기 위한 다음 흡에 대한 정보를 가지고 있다.

그림 4에서처럼 MN이 처음 네트워크의 MAP 도메인으로 들어오게 되면 Router Advertisement의 MAP option 으로부터 MAP의 주소를 받고 그 주소의 prefix로부터 주소를 생성하여 Access Router로부터 생성한 LCoA를 Local Binding Update를 통해 MAP에게 등록 한다. 그 후 Global Binding Update의 CoA로 생성한 RCoA HA에게 등록하고 Route Optimization을 위하여 통신 중이었던 CN에게 RCoA를 CoA로하여 Binding Update를 보낸다. 기존의 HMIPv6와 달리 이때 처음으로 생성된 RCoA는 이 네트워크에서 매크로 핸드오프 시에도 바뀌지 않고 계속해서 사용하게 된다. MAP은 MN의 RCoA를 위한 host-specific routing에 참가하는 상위의 게이트웨이들의 라우팅 캐쉬를 갱신하기 위해 Routing-Update를 보내 host-specific route를 유지한다. 그 후 그림 5와 같이 MN이 이동하여 새로운 MAP 도메인으로 이동하게 되면 MN은 그림 3의 기존의

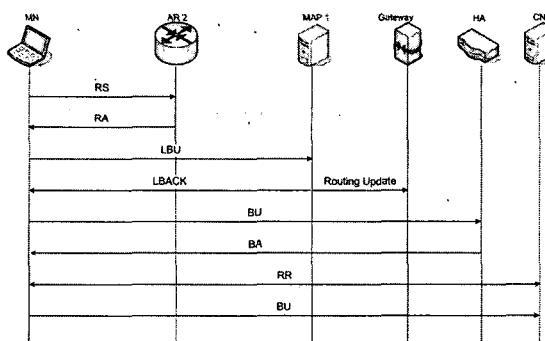


그림 4. 고속 매크로 핸드오프 초기 동작 절차
Fig. 4. Fast macro handoff initial procedure.

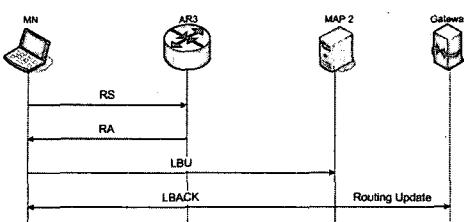


그림 5. 고속 매크로 핸드오프
Fig. 5. Fast macro handoff.
HMIPv6에서 필요한 Global Binding Update를 수행 할

필요 없이 자신이 처음 생성한 RCoA로 Local Binding Update만 수행하면 되고 MAP은 MN에 대응되는 RCoA의 host-specific route를 간선하기 위해서 Routing-Update를 수행한다. 이처럼 Cellular RCoA를 사용하면 마이크로 핸드오프 시에는 HMIPv6의 장점을 그대로 이용하는 동시에 MN 기준의 HMIPv6에 영향을 최소화하면서 매크로 핸드오프 시에는 RCoA에 대한 라우팅이 Cellular IP^[4]와 같은 방식으로 이루어지므로 MIPv6가 상용화 되었을 때 MN의 동작에는 영향을 거의 미치지 않으면서 하나의 관리 도메인에 의해 운영되는 네트워크에 들어온 MN에 대해서 더 나은 서비스를 쉽게 추가하여 제공할 수 있다.

IV. 성능 평가

1. 분석 모델

MAP domain crossing rate를 구하기 위하여 Random-Walk Mobility Model^[5]을 사용하였다. 그림 6의 (a)는 $n=4$ 크기의 육각형 Random-Walk 모델을 보여준다. 하나의 셀은 MAP 도메인내의 라우터를 의미하고 전체 셀의 집합은 $n=4$ 크기의 MAP 도메인을 의미한다. 그림 6의 (c)는 Random-Walk 모델을 Markov Chain으로 바꾸기 위하여 각각에 셀에 Random-Walk Mobility

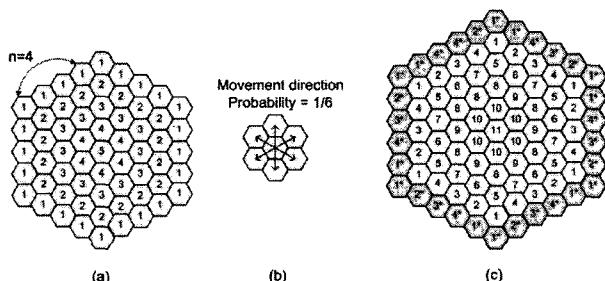


그림 6. Random-Walk 모델
Fig. 6. Random-Walk Model.

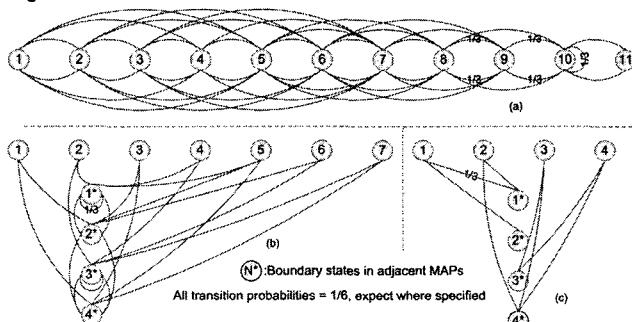


표 1. 각각의 상태에서의 위치 업데이트 횟수 ($k=20$)
Table 1. a number of Location Updates in each State.

S_i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
U_{map}	3.87	3.53	3.36	3.46	2.91	2.64	2.63	2.23	2.09	1.83	1.71

표 2. 시스템 파라메터
Table 2. System parameter

D_{CN-MAP}	D_{HA-MAP}	D_{MAP-AR}	D_{MAP-GW}	τ	κ
6	6	2	1	1	2

N_{CN}	PC_{HA}	PC_{MAP}	PC_{CN}	PC_{GW}
4	24	12	6	6

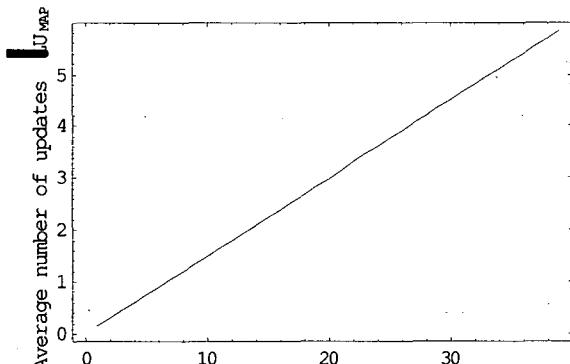


그림 8. 이동에 따른 평균 위치 업데이트 횟수
Fig. 8. Average Location Update according to steps.

2. 성능 평가

MIPv6에서 MN이 총 k 번 이동하였을 때 다른 MAP 도메인으로 이동하는 비율은 으로 나타낼 수 있으므로 위치를 갱신하기 위한 비용은 다음과 같다.

$$C_{location} = \sum_{k=1}^n \left(\frac{LU_{MAP}^{(k)}}{k} (C_g + C_l) + \left(1 - \frac{LU_{MAP}^{(k)}}{k}\right) C_l \right) \quad (5)$$

고속 매크로 핸드오프 방법은 처음 네트워크를 들어올 때를 제외하고는 global binding update를 하지 않으므로는 다음과 같다.

$$C'_{location} = \sum_{k=1}^n k \cdot C_l \quad (6)$$

식(5)와 식(6)에서는 global binding update를 나타내고는 local binding update를 나타낸다. HMIPv6에서의 와는 다음과 같이 정의된다.

$$\begin{aligned} C_g &= 2 \cdot (\kappa + \tau \cdot (D_{MAP-AR} + D_{HA-MAP})) \\ &\quad + 2 \cdot N_{CN} \cdot (\kappa + \tau \cdot (D_{MAP-AR} + D_{CN-MAP})) \\ &\quad + PC_{HA} + N_{CN} \cdot PC_{CN} + PC_{MAP} \end{aligned} \quad (7)$$

$$C_l = 2 \cdot (\kappa + \tau \cdot (D_{MAP-AR})) + PC_{MAP} \quad (7)$$

$$C'_l = 2 \cdot (\kappa + \tau \cdot (D_{MAP-AR})) + \tau \cdot D_{MAP-GW} + PC_{MAP} + PC_{GW} \quad (8)$$

식(7)에서 는 유선망에서의 단위 전송 비용을 나타내고 는 무선망에서의 단위 전송 비용을 나타낸다. 그리고 는 MAP과 AR사이의 흡의 수 는 HA와 MAP 사이의 흡의 수는 CN과 MAP사이의 흡의 수를 의미한다. 는 각 노드에서의 처리비용을 말하고 의 통신 중이던 CN의 수를 의미한다.

따라서 본 논문에서 제안하는 방법에 local binding update 에서는 게이트웨이에게 Route Update를 하는 시그널링 비용과 처리비용을 더하여 식(8)과 같이 나타낼 수 있다. 위의 식들에 표 2의 시스템 파라메터를 대입하여 그림 8에서 MN이 총 40번 움직였을 경우에 HMIPv6와 제안된 방법의 위치 등록비용을 비교하였다.

그림 8에서 기존의 HMIPv6는 이동이 잦아질수록 MAP도메인이 바뀔 경우에 보내야하는 global binding update를 위한 비용 때문에 위치 등록비용이 추가되어 비용의 증가 정도가 점차 커지지만 제안된 방법은 항상 local binding update만 수행하기 때문에 local binding update를 위한 비용만 일정하게 소요되는 것을 알 수 있다.

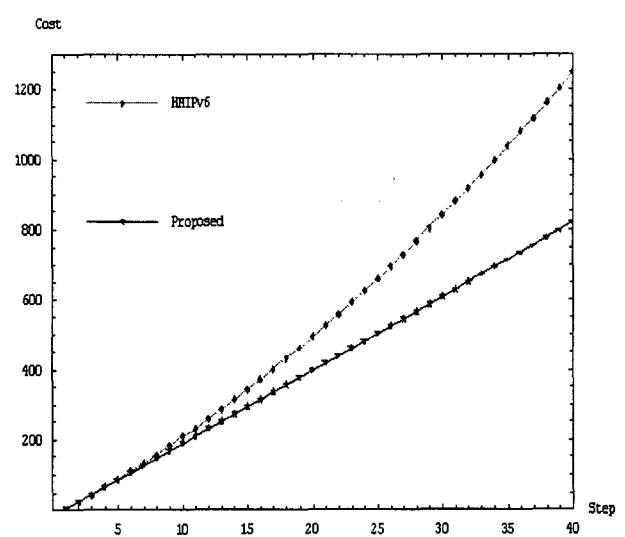


그림 9. 위치 업데이트 비용 비교
Fig. 9. Location Update Cost.

$$\lim_{k \rightarrow \infty} \frac{C_{location}}{C'_{location}} \approx 0.65 \quad (9)$$

실제적인 효율을 알아 보기위해 식(9)을 사용하여 계산한 결과 제안된 방법은 MIPv6에 비해 35%의 성능 향상이 있다는 것을 알 수 있다.

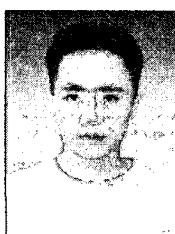
V. 결 론

과거 몇 년간 이동 사용자에 최적화된 핸드오프를 제공하기 위한 많은 주목할 만한 연구가 진행되어 왔다. 같은 MAP 도메인 내의 한 서브넷에서 다른 서브넷으로 빠르게 이동하는 상황 하에서는 HMIPv6만으로 충분한 서비스를 제공 할 수 있지만 이동 사용자가 빠르게 이동하거나 MAP 도메인의 경계에서 이동할 경우 상당한 지연시간이 발생한다. 본 논문을 HMIPv6에서 비용 분석을 위한 시스템 모델을 제안하였으며 동일한 관리 도메인 내에서 하나의 RCoA만을 사용하여 MAP 변경 시에도 Global Binding Update를 할 필요가 없는 고속 매크로 핸드오프를 제안하였다. 시스템 모델을 사용한 비용 분석 결과 고속 매크로 핸드오프는 기존의 HMIPv6에 비해 35%이상의 비용 감소 효과를 기대 할 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] Davied B. Johnson and Charles E. Perkins and Jari Arkko, "Mobility Support in IPv6", draft-ietf-mobileip-ipv6-18, Internet Draft, IETF, June, 2002.
- [2] IEEE: Part 11, "Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications", 1999.
- [3] Hesham Soliman and Claude Catelluccia and Karim El Malki and Ludovic Belleier, "Hierarchical Mobile IPv6 mobility management (HMIPv6)", draft-ietf-mipshop-hmipv6-04, Internet Draft, IETF, Dec, 2004.
- [4] A.Cambel and J.Gomez and C-Y. Wan and S. Kim, "Cellular IP", draft-ietf-mobileip-cellularip-00, Internet Draft, IETF, Jan, 2000.
- [5] Kuo-Hsing Chiang and Nirmala Shenoy, "A 2-D Random-Walk Mobility Model for Location-Management Studies in Wireless Networks", IEEE Trans, vol. 53, no. 2, pp. 413-424, Mar. 2004.
- [6] Sangheon Pack and Yanghee Choi, "A Study on Performance of Hierarchical Mobile IPv6 in IP-Based Cellular Networks", IEICE Trans, vol. E87-B, no. 3, pp. 462-469, Mar. 2004.

저 자 소 개



신 태 일(학생회원)
2005년 송실대학교 컴퓨터학부
학사 졸업.
2007년 송실대학교 컴퓨터학과
석사 재학중

<주관심분야 : IPv6, MIPv6 >



문 영 성(정회원)
1983년 연세대학교 전자공학과
학사 졸업.
1986년 Univ. of Alberta
전자공학과 석사 졸업
1993년 Univ. of Texas
(Alington)컴퓨터공학 박사
현재 송실대학교 컴퓨터학과 교수
<주관심분야 : IPv6, MIPv6, 그리드 컴퓨팅>