

Proxy Mobile IPv6에서 Correspondent Information을 이용한 Route Optimization 기법

최영현*, 이종혁*, 정태명**
*성균관대학교 전자전기컴퓨터공학과
**성균관대학교 정보통신공학부
e-mail:{yhchoi, jhlee}@imtl.skku.ac.kr
tmchung@ece.skku.ac.kr

Route Optimization Using Correspondent Information on Proxy Mobile IPv6

Young-Hyun Choi*, Jong-Hyouk Lee*, Tai-Myoung Chung**

*Dept. of Electrical and Computer Engineering, Sungkyunkwan University

**School of Information and Communication Engineering, Sungkyunkwan University

요 약

최근 Internet Engineering Task Force에서 표준화가 된 Proxy Mobile IPv6는 기존의 이동성 보장 프로토콜인 Mobile IPv6가 가지는 많은 문제점을 보완했다. 하지만, Proxy Mobile IPv6에서 같은 Local Mobility Anchor 내에 있고, 다른 Mobile Access Gateway에 있는 Mobile Node 사이의 패킷 전송에 있어서 발생하는 삼각 라우팅 문제는 여전히 존재한다. 이 문제점을 해결하기 위해 최근 Liebsch의 드래프트와 A.Dutta의 드래프트에서 제안된 두 가지의 Route Optimization 기법의 동작 과정을 알아보고, 상호 데이터 전송 상황에서 더 나은 성능을 제공하는 새로운 Route Optimization 기법을 제안한다. 제안한 Route Optimization 기법은 Corresponding Information을 이용하여 Mobile Access Gateway 간 Corresponding Binding을 완료하여, Route Optimization을 설정한다. 제안한 Correspondent Information을 이용한 Route Optimization 기법은 기존의 기법보다 상호 데이터 전송 상황에서 Route Optimization에 필요한 메시지 수가 적기 때문에 시그널링 비용이 감소하였다.

1. 서론

최근 노트북, PDA, Smart phone 등 이동 단말기의 보급과 함께 WiBro, HSDPA, 802.11n 등 무선 네트워크 기술의 발달로 인해, 언제 어디서든지 원하는 장소에서 이동시에도 무선 인터넷을 사용하고자 하는 요구가 급증하고 있다. 이동성 제공 기술 중 대표적인 기술이 네트워크 계층에서의 이동성 관리 기법인 Mobile IPv6 (MIPv6)로서 Internet Engineering Task Force (IETF)에서 표준화 되었다 [1].

MIPv6는 IP계층에서 Mobile Node (MN)가 다른 Access Router (AR)로 핸드오프를 하더라도 세션이 유지되도록 한다. 이때 바인딩이라는 기법을 사용하여 HoA (Home Address)와 CoA (Care of Address)를 연관시켜 놓는다. MN의 상태 정보를 관리하기 위해 MN이 새로운 서브넷으로 이동 할 때 마다 HA (Home Agent)에게 바인딩 업데이트 (Binding Update)를 수행하게 된다.

MIPv6에서는 MN이 시그널링의 주체이다. 하지만, MN이 이동 단말기이기 때문에 processing 능력의 부족과 적은 메모리, 많은 메시지 교환으로 인한 배터리의 대량 소모는 큰 단점으로 작용한다. 따라서 MN에 Mobility Function을 추가하여 시그널링을 주체하는 것은 부담이다 [2]. 이를 극복하기 위해 IETF의 Network-based Localized Mobility Management (NETLMM) 워킹그룹을 중심으로 네트워크 기반의 이동성을 제공하는 Proxy Mobile IPv6 (PMIPv6)의 표준화 작업이 진행되고 있다 [3].

PMIPv6에서는 네트워크 엔티티들에 의해 MN의 이동성이 보장 된다. 새롭게 소개된 네트워크 엔티티 Local

Mobility Anchor (LMA)는 MIPv6에서의 HA와 같은 기능을 수행하며, Mobile Access Gateway (MAG)는 MN의 이동을 탐지하고 Proxy Binding Update (PBU) 메시지를 LMA에게 전송하여 MN의 위치 정보를 갱신한다. 하지만, MN으로 오고가는 모든 패킷이 LMA를 지나게 되는 PMIPv6의 구조적 특징으로 인해 삼각 라우팅 문제가 발생한다. 이러한 문제점 해결을 위해 최적화된 경로를 설정하여 패킷 전송 시 발생할 수 있는 지연과 혼잡을 줄여 효율적인 통신을 할 수 있도록 하는 Route Optimization (RO) 기법이 연구 되고 있다 [4],[5].

본 논문에서는 PMIPv6에서의 RO 기법인 A.Dutta의 기법 [4]과 Liebsch 기법 [5]의 동작과정을 살펴보고, 상호 데이터 전송 상황에서 더 나은 성능을 제공하는 새로운 Route Optimization 기법을 제안한다. 이후 2장에서는 PMIPv6의 기본적인 동작 과정과 함께 Liebsch와 A.Dutta의 RO 기법에 대해 살펴보고, 제안된 RO 설정 과정에 대해 알아본다. 3장에서는 상호 데이터 전송 상황에서 더 나은 성능을 제공하는 새로운 RO 기법을 제안한다. 4장에서는 성능평가를 위한 수식을 도출하고 결과에 대한 분석을 한다. 마지막으로 5장에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

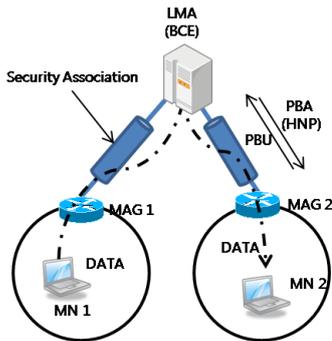
2. 관련 연구 및 문제 제기

2.1 PMIPv6 기본 동작 과정

PMIPv6는 네트워크 기반의 이동성을 제공한다. 즉, MIPv6에서 MN이 수행하던 시그널링을 PMIPv6에서는 네트워크 엔티티들이 대신 수행하게 된다.

(그림 1)에서 보는 것과 같이 MAG가 MN이 접속한 것을 탐지하게 되면 MN에 대한 인증 과정을 수행한 후 PBU 메시지를 LMA에게 전송한다. LMA는 PBU 메시지를 받은 후 Binding Cache Entry (BCE)에 MN에 대한 상태 정보를 생성하고, Proxy Binding Acknowledge (PBA) 메시지에 해당 MN에 대한 Home Network Prefix (HNP)를 담아 MAG에 전송한다. 이 PBA 메시지를 받은 MAG는 Router Advertisement (RA) 메시지에 LMA로부터 받은 HNP를 담아 MN에게 전송하고, MN은 HNP를 이용하여 HoA를 생성하게 된다 [3]. PMIPv6에서는 LMA와 MAG 사이에 기본적으로 Security Association (SA)를 맺기 때문에 안전한 메시지 교환을 보장하고 있다.

PMIPv6에서 MN으로 송수신 되는 모든 패킷은 LMA를 거쳐야 한다. 하지만, 네트워크 토폴로지 상 가까운 거리의 MN에게 패킷을 전송할 경우에도 LMA를 거쳐 가는 삼각 라우팅 문제가 발생하게 된다. 이러한 삼각 라우팅 문제는 패킷 전송 시 추가 지연을 발생시키고, 패킷 재전송을 유발하여 전송의 품질을 떨어뜨리고 원활한 서비스를 제공하기 어렵게 한다. 따라서 이동 단말의 전송 지연을 줄이고 끊임 없는 서비스를 제공하기 위해 최적화된 경로를 설정하고 관리하는 방법인 RO에 대한 관심이 커지고 있고 이에 따른 다양한 기법이 제안되고 있다 [2].

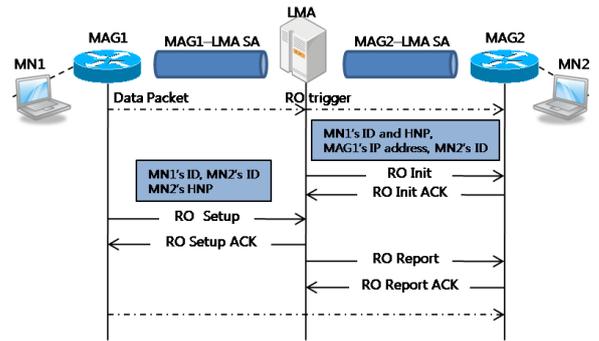


(그림 1) PMIPv6 동작 과정

2.2 Liebsch의 RO 기법

Liebsch가 제안한 기법은 LMA와 MAG들의 메시지 교환을 통해 RO 경로를 설정하고 갱신하는 기법을 제안하고 있다. 또한, Liebsch의 기법에서는 해당 도메인에 대한 네트워크 토폴로지 정보를 가지고 있는 LMA에게 RO 컨트롤 기능을 부여하는 것을 권고하고 있다. Liebsch의 RO 기법에는 Direct mode와 Proxy mode 두 가지 방법이 있는데, location cost가 더 적은 Proxy mode를 기준으로 하겠다.

(그림 2)는 Proxy mode에서의 메시지 전달 과정을 보여주고 있다. LMA가 RO 설정이 가능함을 탐지하면 LMA는 MAG2에게 MN1의 ID와 HNP, MAG1의 IP address와 MN2의 ID를 RO Init에 담아 전송한다. LMA가 MAG2로부터 RO Init Ack 메시지를 받게 되면, LMA가 MAG1에게 RO Setup 메시지를 전송한다. MAG1은 RO 경로를 설정하고 LMA에게 RO Setup Ack 메시지를 전송한다. LMA는 MAG2에게 같은 메시지를 송수신함으로써 RO 설정 과정을 완료하게 된다. MN이 다른 MAG로 이동하였을 경우에도 동일한 메시지 교환을 통해서 RO 갱신을 수행한다. Proxy Mode는 LMA와 MAG가 SA를 맺고 있기 때문에 메시지의 보안성을 보장할 수 있다 [5].



(그림 2) Proxy mode에서의 RO 설정 과정

2.3 Light Weight RO 기법

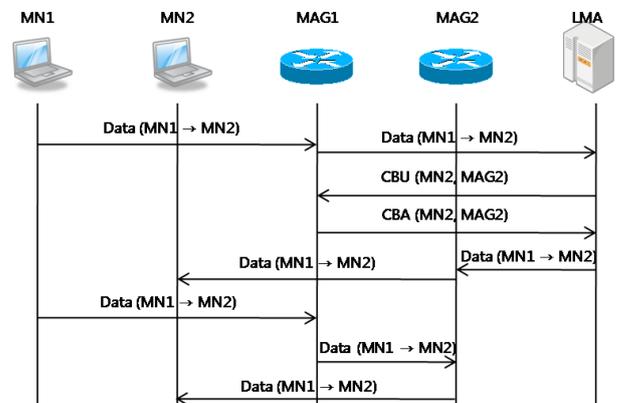
A.Dutta 드래프트에서 역시 LMA와 MAG들의 메시지 교환을 통해 RO 경로를 설정하고 갱신하는 기법을 제안하고 있다. 하지만 A.Dutta의 기법에서는 다른 RO 방법에 비해 시그널링 코스트를 줄이기 위한 방법으로 LMA에서 해당 MAG에게 Correspondent Binding Update (CBU)을 적용하여 RO에 필요한 메시지의 수를 감소시켰다. 이를 Light Weight Route Optimization (LWRO)으로 표현한다.

(그림 3)은 A.Dutta의 드래프트에서 제안한 방법으로 RO 경로 설정하는 것을 보여주고 있다. 같은 LMA 내에 있고 MAG1에 속해있는 MN1에서 MAG2에 속해있는 MN2로 데이터를 보낼 때의 RO 설정 과정을 나타낸다.

MN1이 MN2에게 데이터 전송을 시작하였을 때, LMA는 MN1과 MN2의 HNP를 보고 RO 설정이 가능하다는 것을 탐지하게 된다. LMA는 MN1의 address, MN2의 address, 그리고 MAG2의 address 정보를 CBU 메시지를 통해 전송하고 메시지 내의 새로운 플래그 "C"에 enable 값을 포함시켜 전송한다.

이 CBU 메시지를 받은 MAG1은 Correspondent Binding Acknowledgement (CBA)를 LMA 측에 보내어 Correspondent Binding (CB)을 완료하고, 이후 MN1에서 MN2로 보내는 데이터들은 MN1에서 MAG1로 이동 LMA를 거치지 않고, MAG2로 보낸 후 MN2에 도달한다 [4].

LWRO 기법에서는 단방향으로의 RO 만을 보장하기 때문에 MN2에서 MN1에게 데이터를 보낼 때는 이에 필요한 LWRO를 수행해야 한다. 단방향이기 때문에 데이터 전송을 원하는 측은 RO 과정을 거쳐야 하지만, 기존의 방식보다 Signaling Cost 측면에서 더 효율적이다.



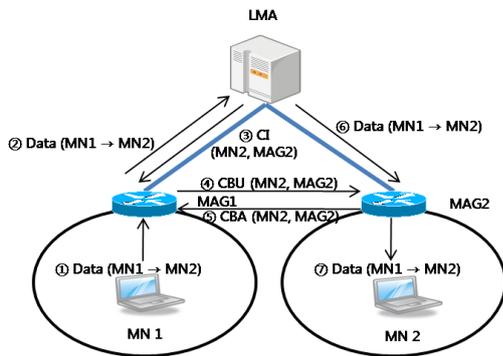
(그림 3) Light Weight Route Optimization 설정 과정

2.4 문제 제기

A. Dutta가 제안한 LWRO 기법에서는 단방향으로의 RO 만을 보장하기 때문에 MN2에서 MN1에게 데이터를 보낼 때는 이에 필요한 LWRO를 수행해야 한다. 단방향이기 때문에 데이터 전송을 받는 측에서 상대방에게 데이터를 전송하고자 하면 새로운 RO 과정을 거쳐야 한다. 이러한 문제점 때문에 단편적으로는 기존의 방식보다 Signaling Cost 측면에서 효율적으로 보이지만, 실제 쌍방 통신에서는 RO 설정을 위한 시그널링 비용이 2배 소요되는 문제가 있다.

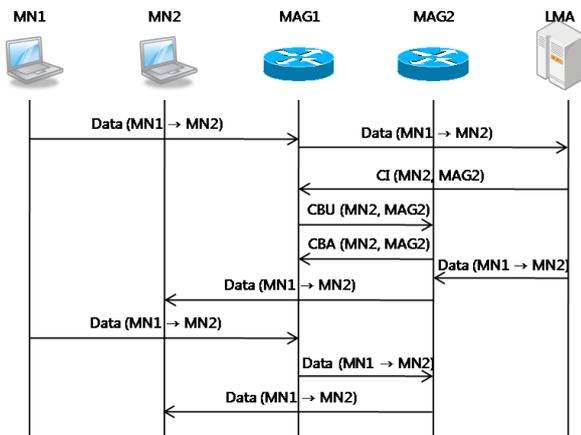
3. 향상된 RO 기법

본 논문에서는 2.4 절에서 살펴본 기존 RO 기법의 문제점을 해결하기 위해 RO 기법을 제안한다.



(그림 4) 제안하는 기법의 RO 설정 과정

본 논문에서도 LMA와 MAG들의 메시지 교환을 통해 RO 경로를 설정하고 갱신하는 기법을 제안하고 있다. A. Dutta의 RO 기법의 단방향 RO 설정으로 인해서 생기는 쌍방 통신에서 RO 설정을 위한 시그널링 비용이 2배 소요되는 문제점을 해결하기 위한 방법이다. 이 기법에서는 다른 RO 방법에 비해 시그널링 비용을 줄이기 위한 방법으로 CB를 이용하여 MAG 간 Binding을 설정하고, 양방향 데이터 통신을 위한 RO 설정을 한 번의 CB 과정으로 상호간 연결하여 RO에 필요한 메시지의 수를 감소시켰다.

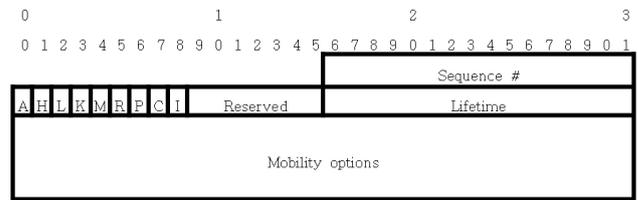


(그림 5) 제안하는 기법의 시퀀스 다이어그램

MN1에서 MN2로 데이터를 보낸다면 기본 PMIPv6의 경우에는 MN1→MAG1→LMA→MAG2→MN2의 방법으로 전송이 된다. 이러한 삼각 라우팅 문제로 해결하기 위

한 방법으로 RO 기법들이 등장하였다. 기존의 RO 기법들의 시그널링 비용을 효율적으로 줄일 수 있는 기법을 제안한다. (그림 5)과 같이 본 논문에서 제안하는 RO 기법의 시퀀스 다이어그램에서 PMIPv6 도메인 내에 있는 MN1에서 MN2로 데이터를 전송 하는 상황의 시퀀스를 나타내고 있다.

MN1이 PMIPv6 도메인 내의 MN2에게 데이터를 전송하고, MAG1이 LMA에게 데이터를 전송하게 된다. 이 때, LMA는 MN1과 MN2의 HNP를 보고 RO 설정이 가능하다는 것을 탐지하게 된다. LMA는 MN1의 address, MN2의 address, 그리고 MAG2의 address 정보를 Corresponding Information (CI) 메시지를 통해 전송하고, 메시지내의 새로운 플래그 "I"에 enable 값을 포함시켜 전송한다. 이 CI 메시지를 받은 MAG1은 MN1의 address, MN2의 address, 그리고 MAG2의 address 정보를 CBU 메시지를 통해 MAG2에 전송하고, 이 CBU 메시지를 받은 MAG2는 CBA를 MAG1 측에 보내어 CB를 완료하고, 이후 MN1에서 MN2로 보내는 데이터들은 MN1에서 MAG1로 이동 후 LMA를 거치지 않고, MAG2로 보낸 후 MN2에 도달한다.



(그림 6) CI 메시지 포맷

CI 메시지는 본 논문에서 제안하는 RO 기법에서 사용하는 새로운 메시지로 MAG 간의 CB를 맺기 위한 MN1의 address, MN2의 address, 그리고 MAG2의 address 정보를 LMA에서 MAG로 전송하는데 사용된다. (그림 5)에서 처럼 [4]에서 사용된 PBU 메시지 포맷에 플래그 "C"가 추가된 CBU 메시지 포맷에 새로이 "I" 플래그를 추가하여, "I" 플래그에 enable 값이 포함되는 메시지는 CI 메시지임을 나타낸다. 이 CI 메시지를 받은 MAG1은 MAG2에게 CI를 통해 받은 정보를 CBU를 통해 MAG2에 전송하고, 이 CBU 메시지를 받은 MAG2는 CBA를 MAG1에 보내어 CB를 완료하게 된다.

4. 성능 평가

본 논문에서는 Liebsch와 A.Dutta의 기법과 본 논문에서 제안한 CI를 이용한 RO 기법의 성능을 위치 정보를 갱신할 때 발생하는 시그널링 비용을 평가하였다. 성능분석에 사용된 파라미터 값은 <표 1>과 같다 [6][7][8].

<표 1> 성능 분석 파라미터 값

Parameter	Value	Unit
$\rho / v / l$	0.0002/ 28.9/ 120	MNs/m ² , m/s, m
$\tau / \kappa / \lambda / \alpha / \beta$	1/ 2/ 0.1/ 0.3/ 0.7	
$D_{MAG,LMA} / D_{MAG,MAG}$	16/ \sqrt{n}	Hops, Hops

PMIPv6에서 발생하는 시그널링 비용 (Signaling Cost)는 MN의 핸드오프로 인한 Proxy Binding Update Message와 RO 설정

을 위한 메시지로 나누어진다. 본 논문에서는 이동성 프로토콜에 대한 성능 평가에 널리 쓰이는 Fluid-flow 모델을 사용하였다.

MN의 핸드오프 빈도인 cell boundary crossing rate는 다음과 같은 수식으로 표현 된다 [9].

$$r_c = \frac{\rho v l}{\pi} \quad (\text{식 1})$$

(식 1)에서 ρ 는 단위 셀에 분포하고 있는 MN의 밀도수를 나타내고, v 는 MN의 평균 이동 속도를 나타내며, l 은 셀 하나의 한계 범위를 나타낸다.

시그널링 비용은 메시지를 주고받는 엔터티간 거리에 비례한다. 본 논문에서 엔터티 간 거리는 홉(hop) 수를 기준으로 하며 x 와 y 의 거리를 $D_{x,y}$ 로 표기한다. 또한 유선 링크와 무선 링크의 전송 비용이 다르기 때문에 각각의 전송 비용을 τ 와 κ 로 나타낸다 [6].

PMIPv6에서는 MAG가 MN에 대한 바인딩 업데이트 메시지를 대신 전송하기 때문에 시그널링 비용에서 무선 링크의 전송 비용이 포함되지 않는다. 그러므로 PMIPv6의 시그널링 비용, LUC_{PMIPv6} 는 (식 2)와 같이 나타낼 수 있다.

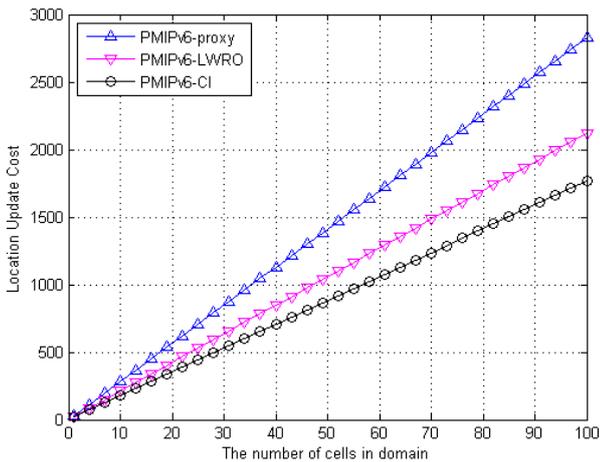
$$LUC_{PMIPv6} = 2\tau D_{MAG,LMA} r_c \quad (\text{식 2})$$

RO 설정 과정은 기본적으로 PBU와 PBA 과정이 수행된 후에 일어나기 때문에 (식 2)의 값을 포함된다. 다음은 이에 따른 쌍방 통신을 위한 BU 메시지 교환에 필요한 시그널링 비용이다. (식 3)은 Liebsch의 Proxy mode, (식 4)는 A.Dutta의 LWRO, (식 5)는 본 논문에서 제안한 CI를 이용한 RO 기법의 시그널링 비용을 나타내고 있다.

$$LUC_{PROXY} = 2\tau D_{MAG,LMA} r_c + 6\tau D_{MAG,LMA} r_c \quad (\text{식 3})$$

$$LUC_{LWRO} = 2\tau D_{MAG,LMA} r_c + (2\tau D_{MAG,LMA} r_c) * 2 \quad (\text{식 4})$$

$$LUC_{CIRO} = 2\tau D_{MAG,LMA} r_c + 3\tau D_{MAG,LMA} r_c \quad (\text{식 5})$$



(그림 7) Signaling Cost

앞서 도출한 수식을 이용하여 A. Dutta와 Liebsch, 그리고 CI를 이용한 RO 기법의 성능분석을 보인다.

(그림 7)은 도메인 내에 분포하는 셀의 수를 증가시켰을 때 시그널링 비용의 변화를 보여준다. A. Dutta와 Liebsch, 그리고

CI를 이용한 RO 기법은 PBU와 PBA 이외에도 RO 설정을 위한 시그널링이 발생하기 때문에 PMIPv6 동작과정보다 더 큰 시그널링 비용을 보인다. 이 중 Liebsch의 기법은 RO 설정을 위해 3번의 메시지 송수신 후 설정되지만, A.Dutta의 기법은 RO 설정을 위해 1번의 CBU/CBA로 끝나기 때문에 LWRO 시그널링 비용은 Liebsch의 기법에 비해 50% 감소하는 것을 볼 수 있다. 하지만, 실제 데이터 송수신을 위한 양방향 통신을 맺게되는 상황에서 단방향 연결만을 고려하는 A.Dutta의 기법은 2번의 중첩적인 시그널링이 필요하다. CI를 이용한 RO 설정 기법은 RO 설정을 위해 CI 메시지 이후에 1쌍의 CBU/CBA 메시지가 사용된다. 이러한 효과로 CI를 이용한 RO 기법은 A.Dutta의 기법보다 20%의 감소 효율을 보였다.

5. 결론

본 논문에서는 PMIPv6에서의 최적경로 설정을 위해 A.Dutta와 Liebsch가 제안한 RO 기법들의 동작과정을 살펴보고 성능을 분석하였다. 성능 분석 결과, Liebsch의 기법은 RO 설정을 위해 3번의 메시지 송수신 후 설정이 되지만, A.Dutta의 기법은 RO 설정을 위해 1쌍의 CBU/CBA가 사용되지만 단방향의 연결만을 고려하였기 때문에 쌍방 통신을 위해서는 중첩적으로 2번의 시그널링이 필요하다. CI 기법은 RO 설정을 위해 CI 메시지 이후에 1쌍의 CBU/CBA 메시지가 사용된다. 따라서 A.Dutta의 기법은 Liebsch의 기법에 비해 LWRO 시그널링 비용은 25%, CI 기법은 LWRO 기법에 비해 20%, Liebsch의 기법에 비해 45% 이상 감소되었음을 보였다.

본 논문에서는 PMIPv6를 사용하는 모바일 환경에서 작은 시그널링 비용을 사용한 기존의 제안된 RO 기법보다 효율적인 CI를 이용한 RO 기법을 제안하였다.

참고 문헌

- [1] D. Johnson et al., "Mobility Support in IPv6", RFC3775, June. 2004.
- [2] J.-M. Lee, et al., "Performance Analysis of Route Optimization on Proxy Mobile IPv6", ICSNC, October 2008.
- [3] S. Gundavelli et al., "Proxy Mobile IPv6", RFC 5213, August. 2008.
- [4] A. Dutta et al., "PMIP Extension for Inter-MAG Route Optimization", Internet draft, July. 2008.
- [5] M. Liebsch et al., "Route Optimization for PMIPv6", Internet draft, November. 2007.
- [6] S. Pack et al., "A study on performance of Hierarchical Mobile IPv6 in IP-based cellular networks", IEICT Trans. Commun., vol.E87-B, no.3, March. 2004.
- [7] S. Park et al., "Localized PMIPv6 with Route Optimization in IP based Networks", IEICT Trans. Commun., vol.E90-B, no.12, December. 2007.
- [8] J. Xie et al., "An optimal location management scheme for minimizing signaling cost in mobile IP", Proc. IEEE ICC 2002, vol.5, pp.3313-3317, April. 2002.
- [9] X. Zhang et al., "P-MIP: Paging extensions for mobile IP", ACM Mobile Networks and Applications, vol.7, no.2, pp.127-141, April. 2002.