

논문 2010-47TC-12-3

모바일 클라우드 환경에서 PFMIPv6를 이용한 향상된 PMIPv6 경로 최적화 핸드오버 기법

(Enhanced PMIPv6 Route Optimization Handover
using PFMIPv6 in Mobile Cloud Environment)

나 제 균*, 서 대 희**, 나 제 훈**, 문 영 성****

(Jegyun Na, Daehee Seo, Jaehoon Nah, and Youngsong Mun)

요 약

모바일 클라우드 컴퓨팅에서 이동 노드는 이동 중에도 끊임없이 서비스를 요청하고 받을 수 있어야 한다. PMIPv6에서 이동 노드가 통신하고자 하는 상대 노드가 동일한 PMIPv6 도메인에 있는 또 다른 이동 노드인 경우에는, 두 이동 노드 간의 패킷이 각 노드가 접속해 있는 Mobile Access Gateway와 Local Mobility Anchor를 통과하여 전송되기 때문에 패킷 전송비용이 증가하는 문제가 발생한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 몇 가지 경로 최적화 기법이 제안되었다. 그러나 제안된 기법들은 최적화된 경로를 결정하기 위해 많은 시그널 메시지가 필요하다. 본 논문은 PFMIPv6의 예측 알고리즘을 활용한 경로 최적화 핸드오버 기법을 제안한다. 이동 노드의 핸드오버가 임박할 경우 PFMIPv6의 예측 알고리즘을 활용하여 경로 최적화에 필요한 컨텍스트 메시지를 이동 노드가 접속할 MAG에 미리 전송한다. MAG는 컨텍스트 메시지를 활용해 최적화된 경로를 미리 설정함으로써 추가적인 경로 최적화 절차를 수행하지 않는다. 제안된 기법은 PFMIPv6의 예측 알고리즘을 활용하여 경로 최적화에 필요한 컨텍스트 메시지를 전송함으로써 시그널 메시지를 줄일 수 있다. 제안된 기법의 효율성을 보여주기 위해 수학적 성능 평가를 수행하였으며, 이를 통해 제안된 기법이 기존의 경로 최적화 기법보다 우수한 성능을 제공함을 보여준다.

Abstract

In the mobile cloud computing, the mobile node should request and receive the services while being connected. In PMIPv6, all packets sent by mobile nodes or correspondent nodes are transferred through the local mobility anchor. This unnecessary detour still results in high delivery latency and significant processing cost. Several PMIPv6 route optimization schemes have been proposed to solve this issue. However, they also suffer from the high signaling costs and handover latency when determining the optimized path. We propose the route optimization scheme which adopts the prediction algorithm in PFMIPv6. In the proposed scheme, the new mobile access gateway establishes the bi-directional tunnel with the correspondent node's MAG using the context message when the mobile node's handover is imminent. This tunnel may eliminate the need of separate route optimization procedure. Hence, the proposed scheme can reduce the signaling cost than other conventional schemes do. Analytical performance evaluation is performed to show the effectiveness of the proposed scheme. The result shows that our scheme is more effective than other schemes.

Keywords : Fast Handovers for PMIPv6, Route Optimization, Context Transfer, Mobile Cloud Computing

* 학생회원, ** 평생회원(교신저자), 송실대학교
(Soongsil University)

** 정회원, *** 평생회원, 한국전자통신연구원
(ETRI)

※ 본 연구는 지식경제부/방송통신위원회 및 정보통신
산업진흥원의 IT 신성장동력핵심기술개발사업의 일
환으로 수행하였음. [2008-S-006-01, 유무선 환경의
개방형 IPTV(IPTV2.0) 기술개발]

접수일자: 2009년9월6일, 수정완료일: 2010년12월10일

I. 서 론

이동성을 제공할 수 있는 이동 노드들이 고성능화되
면서 이동 노드를 통한 새로운 서비스 시스템인 모바일
클라우드 컴퓨팅에 대한 연구가 진행되고 있다. 모바일
클라우드 컴퓨팅 환경에서 사용자는 이동 노드를 통해

서비스를 요청하고 서비스를 받을 수 있어야 한다. 또한, 사용자들은 이동 노드를 통해 이동 중에도 끊임없이 빠르게 서비스를 받을 수 있어야 한다. 따라서 모바일 클라우드 컴퓨팅 환경에서 호스트가 이동성을 가지는 경우 기존에 열어 놓은 세션을 계속해서 유지해야 하는 요구사항을 만족시킬 기술이 필요하다. 이러한 이동성 관리에 대한 요구를 수용하기 위해 Internet Engineering Task Force (IETF)는 IPv6 망에서 이동 노드가 자신의 위치를 변경하더라도 기존에 설정되어 있는 연결을 계속 유지할 수 있도록 이동 노드의 위치를 관리하는 Mobile IPv6 (MIPv6)^[1] 기술을 표준화하였다. 그러나 MIPv6는 이동 노드에 MIPv6의 방대한 프로토콜을 추가해야 하는 점, 이동 노드가 직접적으로 시그널링 메시지를 처리하면서 발생하게 되는 처리 비용, 핸드오버시 패킷 손실과 같은 문제점을 지니고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 IETF의 워킹 그룹인 Network-based Localized Mobility Management (NetLMM)은 Proxy Mobile IPv6 (PMIPv6)^[2]를 표준화하였다. PMIPv6는 호스트 기반의 이동성 지원 프로토콜인 MIPv6와는 다른 네트워크 기반 이동성 지원 프로토콜로서 이동 노드에 별도의 이동성 관리 프로토콜 추가를 요구하지 않으며, 이동 노드가 이동성에 관계된 시그널링에 관여하지 않도록 하고 있다. 대신 네트워크 단에서 대리인 역할을 하는 Mobile Access Gateway (MAG)와 Localized Mobility Anchor (LMA)가 이동성 관리를 담당하며, 이동 노드는 IPv6 프로토콜만 가지고 이동성을 보장받을 수 있다. 하지만 이동 노드와 상대 노드 사이에 교환되는 패킷은 이동 노드의 MAG와 LMA, 상대 노드의 MAG와 LMA를 거쳐서 전송된다. 이러한 우회 경로를 통한 전송 방식은 높은 전송 지연과 상당한 처리 비용을 요구한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 많은 경로 최적화 기법이 제안되었다.

Abeille^[3]는 LMA가 제어하는 경로 최적화 기법을 제안하였다. 이 기법은 이동 노드의 MAG와 상대 노드의 MAG 사이에 양방향 터널을 설립하여 LMA를 거치지 않고 통신할 수 있도록 한다. 하지만, 이동 노드의 핸드오버 발생 시, 최적화된 경로를 결정하기 위해 많은 수의 시그널링 메시지가 필요하다. 이로 인해 높은 시그널링 오버헤드와 긴 핸드오버 지연 시간이 발생한다. Jeon은 컨텍스트 정보를 이용한 PMIPv6 경로 최적화 핸드오버 기법 (EPRO)^[4]을 제안하였다. 제안된 기법에 따르면 이동 노드가 이동 노드를 접속해 있는 MAG에

서 이탈했을 때, 이동 노드를 관리하는 LMA는 이동 노드가 접속할 것으로 예상되는 모든 MAG로 컨텍스트 메시지를 전송한다. 컨텍스트 메시지를 전송받은 모든 MAG는 이동 노드가 접속하기 전에 미리 상대 노드의 MAG와 양방향 터널을 설립한다. 컨텍스트 메시지에는 RO에 관련된 정보가 포함되어 있기 때문에 최적화된 경로 결정하기 위한 절차를 수행하지 않아도 된다. 하지만 이 기법은 이동 노드가 접속할 것으로 예상되는 후보 MAG 개수가 많을 경우 높은 시그널링 비용과 LMA의 처리 비용을 요구한다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 Fast Handovers for Proxy Mobile IPv6 (PFMPv6)^[5]를 이용한 향상된 PMIPv6 경로 최적화 핸드오버 기법 (EPROPF)을 제안한다. PFMPv6는 IETF의 Mobility for IP: Performance, Signaling and Handoff Optimization (mipshop) 워킹 그룹이 제안한 이동성 관리 프로토콜이다. 이동 노드의 핸드오버가 임박했을 때 PFMPv6는 예측 알고리즘을 활용하여 이동 노드가 접속할 새로운 MAG와 현재 이동 노드가 접속해 있는 MAG 사이에 양방향 터널을 설립함으로써 이동 노드가 핸드오버 중이라도 패킷의 손실을 줄일 수 있다. EPROPF는 PFMPv6 예측 알고리즘을 적용하여 이동 노드가 접속할 새로운 MAG를 찾아낸 후, 현재 이동 노드가 접속해 있는 MAG가 새로운 MAG로 RO 정보가 포함된 컨텍스트 메시지를 전송하도록 한다. 그 결과 EPROPF는 LMA의 처리 비용을 줄일 수 있으며 후보 MAG 개수에도 영향을 받지 않음으로서 시그널링 비용도 줄일 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서 기존에 제안된 기법을 분석하였고, III장에서 본 논문이 제안하는 기법에 관하여 설명하였다. IV장에서는 제안하는 기법의 성능 평가에 대하여 살펴보고, 마지막으로 V장에서 결론을 내렸다.

II. 관련 연구

PMIPv6에서 이동 노드가 보내는 모든 패킷은 이동 노드를 관리하는 LMA를 거쳐 전송되어야 한다. 이러한 우회 경로를 통한 전달 방식은 높은 전송 지연이 발생하며 상당한 처리 비용을 요구한다. 패킷 전송 비용과 처리 비용을 줄이기 위해서는 최적화된 경로 결정이 필요하다. 최적화된 경로를 결정하기 위해 많은 경로

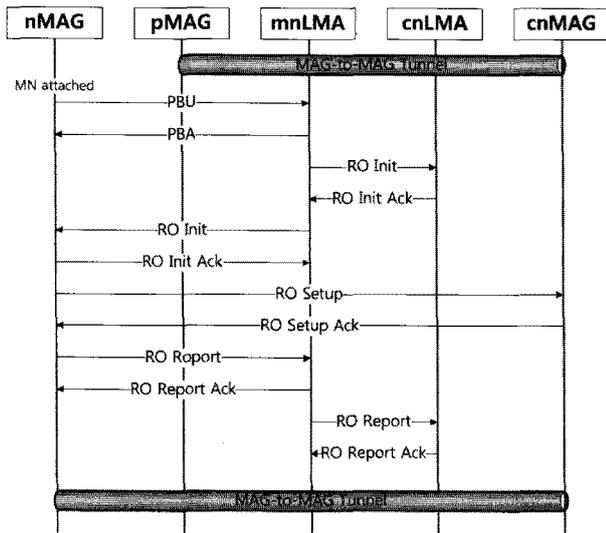


그림 1. Abeillé 기법의 메시지 흐름
Fig. 1. Message flow for Abeillé's scheme.

최적화 기법이 제안되었다. 그러나 제안된 기법들은 최적화된 경로를 결정하기 위해 높은 시그널링 비용을 요구한다.

Abeillé가 제안한 경로 최적화 기법은 그림 1과 같은 메시지 흐름으로 나타낼 수 있다. 이동 노드가 새로운 MAG (nMAG)로 접속하게 되면 위치 등록이 완료된 후 경로 최적화 절차가 시작된다. nMAG는 이전 MAG (pMAG)와 상대 노드의 MAG (cnMAG) 사이에 설립되었던 양방향 터널에 대한 정보가 없기 때문에 최적화된 경로를 결정하기 위해서는 많은 시그널링 메시지가 필요하며, 이동 노드의 핸드오버가 자주 발생할 경우 시그널링 비용이 증가하게 된다. 또한, 최적화된 경로에 연관된 모든 요소들은 경로 최적화 절차에 참여해야 하며 이것은 높은 처리 비용을 요구한다.

Jeon이 제안한 컨텍스트 정보를 이용한 PMIPv6 경로 최적화 핸드오버 기법 (EPRO)은 그림 2와 같다. EPRO에서 이동 노드는 pMAG에 접속한 상태에서 최적화된 경로를 통해 상대 노드로 패킷을 전달하고 있음을 가정한다. 이동 노드가 pMAG와의 접속을 끊고 핸드오버를 시작하면 이동 노드의 LMA는 이동 노드의 ID, 홈 네트워크 프리픽스, 상대 노드의 MAG 주소가 담긴 컨텍스트 메시지를 모든 후보 nMAG로 전송한다. 컨텍스트 메시지를 전송받은 모든 nMAG는 이동 노드가 접속하기 전에 상대 노드의 MAG에게 EPRO update request 메시지를 전송함으로써 경로 최적화 절차를 시작한다. 상대 노드의 MAG는 컨텍스트 메시지를 전송한 모든 nMAG와 양방향 터널을 설립한 후, 터

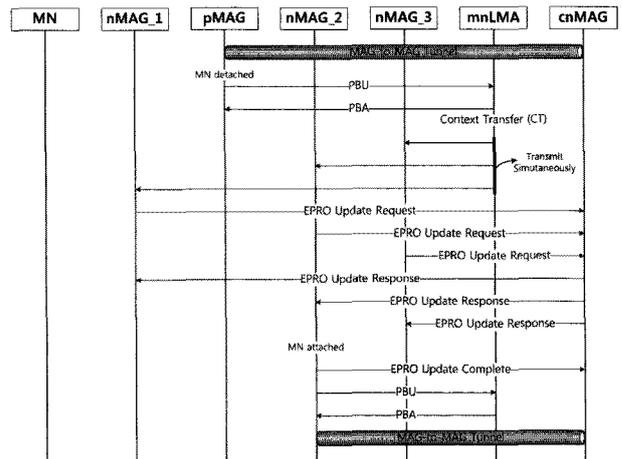


그림 2. EPRO 기법의 메시지 흐름
Fig. 2. Message flow for EPRO.

널 설립이 완료되었음을 알리는 EPRO update response 메시지를 전송한다. 이동 노드가 어느 한 nMAG로 접속하면 nMAG는 이동 노드가 접속했음을 알리는 EPRO update complete 메시지를 전송하며, 이전에 미리 설립된 다른 nMAG와의 양방향 터널은 자동으로 삭제된다. EPRO에서 후보 nMAG의 수가 증가할수록 시그널링 비용도 같이 증가한다. 또한, 후보 nMAG가 많아질수록 LMA에 필요한 자원도 더 많이 요구된다.

III. 제안하는 경로 최적화 기법

EPRO는 모든 후보 nMAG와 양방향 터널을 설립해야 하며, 이는 추가적인 시그널링 메시지를 요구한다. 그러므로 본 논문은 시그널링 메시지를 최소화한 EPROPF를 제안한다. EPROPF는 Predictive mode와

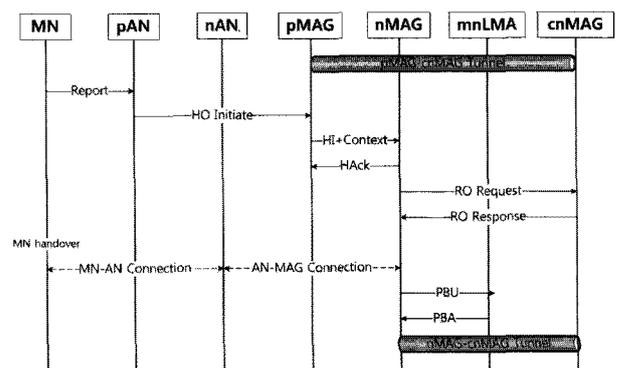


그림 3. EPROPF Predictive Mode 기법의 메시지 흐름
Fig. 3. Message flow for the predictive mode of EPROPF.

Reactive mode로 구성되어 있다. 그림 3은 EPROPF의 Predictive mode의 메시지 흐름을 보여주고 있다. Predictive mode는 이동 노드의 핸드오버 발생 전에 수행된다. 이동 노드의 핸드오버 발생이 임박할 경우 pMAG는 이동 노드가 접속할 것으로 예상되는 nMAG로 HI 메시지를 전송한다. EPROPF는 PFMPv6에서 사용되는 예측 알고리즘을 적용했기 때문에 pMAG는 이동 노드가 접속할 것으로 예상되는 nMAG를 예측할 수 있다. 또한, pMAG는 HI 메시지에 컨텍스트 메시지를 포함하여 전송하기 때문에 따로 컨텍스트 메시지를 전송할 필요가 없으며 이를 통해 시그널링 메시지를 줄일 수 있다. 컨텍스트 메시지에는 이동 노드의 ID, 홈 네트워크 프리픽스, 상대 노드의 MAG의 IP 주소가 포함되어 있다. 컨텍스트 정보를 전송받은 nMAG는 컨텍스트 정보로부터 얻은 상대 노드의 MAG의 IP 주소로 RO request 메시지로 전송함으로써 경로 최적화 절차를 시작한다. 상대 노드의 MAG는 nMAG와 양방향 터널을 설립한 후 nMAG로 RO response 메시지를 전송한다. EPROPF는 EPRO와는 달리 nMAG와 상대 노드의 MAG를 연결하는 양방향 터널이 단 하나만 존재하기 때문에 이동노드의 접속을 알리는 메시지가 필요하지 않다. nMAG로 이동 노드의 접속이 완료되면 이동 노드는 미리 설립된 양방향 터널을 통해 최적화된 경로로 상대 노드와 통신할 수 있다.

EPROPF의 Reactive mode는 이동 노드가 nMAG로 접속한 이후에 수행된다. 이동 노드의 접속을 인지한 nMAG는 pMAG로 HI 메시지를 전송한다. pMAG는 HI 메시지에 대한 응답으로 HAcK 메시지를 전송하며 HAcK 메시지에는 경로 최적화에 필요한 컨텍스트 정보가 포함되어 있다. 나머지 절차는 EPROPF의 Predictive mode와 동일하다.

IV. 성능 평가

이번 장에서는 EPROPF 기법과 EPRO 기법을 시그널링 비용으로 비교 분석한다. EPROPF의 성능을 정확하게 평가하기 위해 본 논문은 Fluid Flow 이동성 모델을 적용했다. Fluid Flow 이동성 모델은 높은 이동성과 속도, 이동 방향의 변화가 많은 이동 노드에 적합한 모델이다^[6]. Fluid Flow 모델에서 이동 노드들은 $(0, 2\pi)$ 영역에서 골고루 분산되어 이동하며, 평균 속도 ν (m/s)로 이동한다. ρ (MNs/m^2)는 Cell에 존재하는 단

표 1. 시그널링 비용

Table 1. Detailed Signaling Cost.

Term	Expression
SC_{HO}^{PMIPv6}	$2\tau d_{nMAG, mnLMA} + P_{nMAG} + P_{mnLMA}$
$SC_{HO}^{PFMIPv6}$	$\kappa + \tau d_{pAN, pMAG} + 2\tau d_{pMAG, nMAG} + 2\tau d_{nMAG, mnLMA} + 2P_{pMAG} + 2P_{nMAG} + N_{CT}P_{mnLMA}$
SC_{CT}^{EPRO}	$N_{CT}\tau d_{mnLMA, nMAG} + N_{CT}P_{nMAG} + N_{CT}P_{mnLMA}$
SC_{Update}^{EPRO}	$2N_{CT}\tau d_{nMAG, cnMAG} + \tau d_{nMAG, cnMAG} + N_{CT}P_{nMAG} + (N_{CT} + 1)P_{cnMAG}$
SC_{Update}^{EPROPF}	$2\tau d_{nMAG, cnMAG} + P_{nMAG} + P_{cnMAG}$

말의 밀도를 나타낸다. Cell 영역 모델은 정사각형의 Cell로 이루어진 정사각형 구조를 가정하며, 각 사각형 Cell의 둘레는 l 이다. PFMPv6 도메인은 n 개의 Cell들의 집합체로 구성되어 있는 것으로 가정한다. 또한, 이동 노드는 PFMPv6 도메인 내에서 이동하는 것으로 가정한다. r_c 는 Cell crossing rate를 나타내며 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$r_c = \frac{\rho l \nu}{\pi} \quad (1)$$

4.1 시그널링 비용

본 논문은 이동 노드의 핸드오버 발생 시, 경로 최적화 절차를 완료하기까지의 필요한 비용을 시그널링 비용으로 정의한다. 시그널링 비용은 시그널링 메시지를 전송하기 위해 필요한 비용과 핸드오버 기간에서 각각의 시그널링 메시지의 처리 비용의 합으로 이루어져 있다. EPRO와 EPROPF의 시그널링 비용은 식 (2)와 식 (3)으로 나타낼 수 있다.

$$SC_{EPRO} = (SC_{HO}^{PMIPv6} + SC_{CT}^{EPRO})r_c n + SC_{Update}^{EPRO} r_c n N_{cn} \quad (2)$$

$$SC_{EPROPF} = SC_{HO}^{PFMIPv6} r_c n + SC_{Update}^{EPROPF} r_c n N_{cn} \quad (3)$$

SC_{HO}^{PMIPv6} 와 $SC_{HO}^{PFMIPv6}$ 는 핸드오버 시그널링 비용이며, SC_{Update}^{EPRO} 와 SC_{Update}^{EPROPF} 는 최적화된 경로를 갱신하기 위해 필요한 시그널링 비용이다.

표 2. 파라미터 값
Table 2. Parameters Value.

Parameters	Value
$d_{pMAG,mnLMA}$	4 hops
$d_{nMAG,mnLMA}$	4 hops
$d_{mnLMA,cnLMA}$	6 hops
$d_{pMAG,nMAG}$	2 hops
$d_{pMAG,cnMAG}$	8 hops
$d_{nMAG,cnMAG}$	4 hops
$d_{cnMAG,cnLMA}$	4 hops
$d_{pAN,pMAG}$	1 hop
$\alpha/\beta/\gamma$	5%, 0.8, 0.2
$\rho/\nu/l$	0.002MNs/m ² , 28.9m/s, 120m
τ/κ	0.5msec, 2msec
$\zeta/\lambda/\eta$	0.05, 10, 5 μ sec

SC_{CT}^{EPRO} 는 EPRO에서 컨텍스트 메시지를 전송하는 비용이다. 식 (2)와 식 (3)의 각 항은 표 1에 자세히 나타나 있다.

본 논문에서 $d_{x,y}$ 는 x 에서 y 까지의 홉 거리로 정의하였으며, P_z 는 z 에서의 처리 비용으로 정의하였다. 또한, 유선 및 무선 연결 상에서 지연에 따른 전송 비용을 다르게 정의하였다. 본 논문은 τ 를 유선 연결 상에서의 지연으로 정의하였으며, κ 를 무선 연결 상에서의 지연으로 정의하였다^[7]. 무선 및 유선 연결 상에서의 지연은 전파 지연과 링크 계층의 지연으로 구성되어 있다. 상대 노드의 개수를 계산하기 위해 본 논문은 사각 형태의 셀 내에서 활성화되어 있는 이동 노드의 개수를 상대 노드의 개수로 고려하였다. 그러므로 N_{CN} 을 $\rho(l/4)^2\alpha$ 로 정의하였으며, 여기서 α 는 총 이동 노드의 개수에서 활성화된 이동 노드의 비율이다. N_{CT} 는 EPRO에서 이동 노드의 LMA가 후보 MAG로 전송한 컨텍스트 메시지 개수이다.

LMA에서의 처리 비용(P_{LMA})은 바인딩 테이블을 검색하는 비용과 라우팅 테이블을 검색하는 비용으로 구성되어 있다. 라우팅 테이블은 대부분 Patricia trie^[8]로 구현되어 있기 때문에, LMA에서의 검색 복잡도는 LMA가 관리하는 MAG 개수(δ)의 로그(logarithm)에 비례한다. 본 논문은 ω 개수의 이동 노드가 MAG에 접속되어 있는 것으로 가정하였으며, ω 는 $\rho(l/4)^2$ 로 평가될 수 있다. MAG에 관리하는 이동 노드의 총 개수는 $\omega\delta$ 이다. 따라서 본 논문은 LMA에서의 처리 비용을 수식 (4)와 같이 정의하였다.

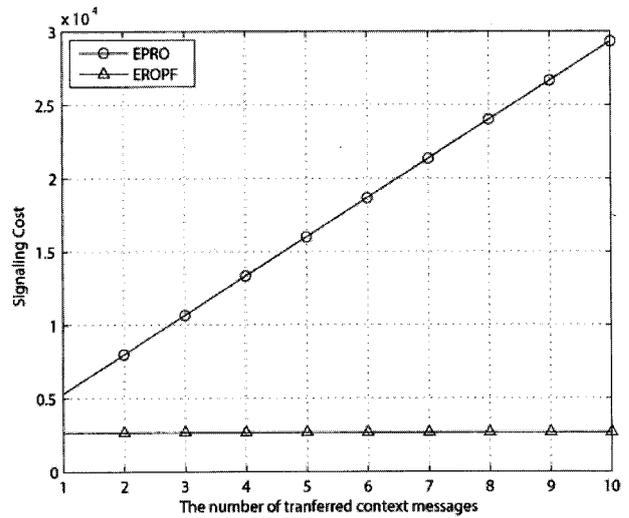


그림 5. 컨텍스트 메시지 개수에 따른 시그널링 비용
Fig. 5. Effect of the number of context messages.

$$P_{LMA} = \zeta\delta\lambda(\beta\omega\delta + \gamma\log(\delta)) \quad (4)$$

수식 (4)에서 λ 는 각 이동 노드의 평균 패킷 도착 비율이며, β 는 바인딩 리스트의 가중치이며, γ 는 라우팅 테이블 검색 가중치이다. ζ 는 상수이며 LMA에서 점유하는 대역폭 할당 비용이다. ζ 가 증가할수록 네트워크 대역폭 부족도 증가하며, 이는 이동 노드에 부정적인 영향을 끼친다. MAG에서의 처리 비용은 다음과 같다.

$$P_{MAG} = \eta\lambda \quad (5)$$

수식 (5)에서 η 는 상수이며 MAG에서의 패킷 전달에 따른 처리 비용이다^[9].

4.2 성능 평가 결과

참고 문헌^[4, 10]에서 사용된 값을 참고하여 표 2와 같은 파라미터 값을 적용하여 성능 평가 결과를 분석한다. 본 논문은 셀의 개수(n)를 100으로 가정하였으며, LMA가 관리하는 MAG 개수(δ)를 4로 가정하였다. EPRO에서 이동 노드의 LMA가 MAG로 전송하는 컨텍스트 메시지 개수는 3으로 가정하였다^[4].

그림 4는 LMA가 관리하는 MAG 개수에 따른 영향을 보여준다. LMA가 관리하는 MAG 개수가 증가할수록 EPRO의 시그널링 비용은 지수적으로 증가한다. 또한, 그림 4는 LMA가 관리하는 MAG 개수가 증가할수록 EPRO의 시그널링 비용은 EROPF의 시그널링 비용보다 더 크게 증가한다. 이러한 결과는 EPRO에서 LMA가 직접 컨텍스트 메시지를 전송하기 때문에

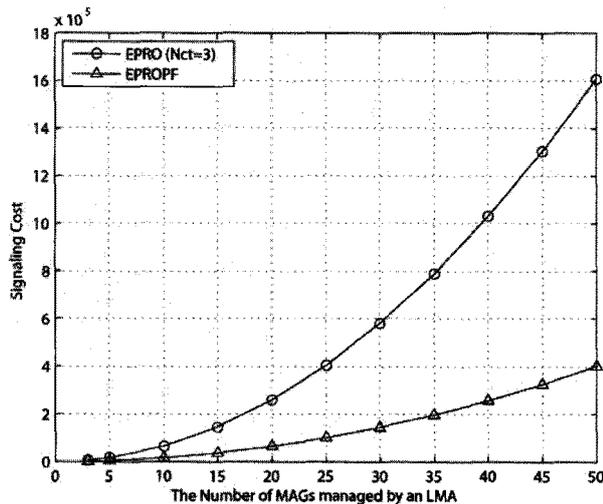


그림 4. MAG 개수에 따른 시그널링 비용
Fig. 4. Effect of the number of MAGs.

LMA의 처리 능력에 크게 의존하며, 이것은 시그널링 비용에 심각한 영향을 주기 때문이다. 이에 반해 EPROPF는 PFMIIPv6에 사용된 예측 알고리즘을 활용하여 기존의 MAG가 경로 최적화 절차에 관련된 시그널링 메시지를 새로운 MAG로 전송한다. 그렇기 때문에 LMA의 처리 능력에 의존하지 않는 EPROPF는 EPRO보다 낮은 시그널링 비용을 달성할 수 있다.

경로 최적화를 위해 후보 MAG로 전송되는 컨텍스트 메시지의 개수가 시그널링 비용에 어떤 영향을 주는 지 알아보기 위해 전송되는 컨텍스트 메시지 개수를 변화시켜서 그림 5와 같은 결과를 얻었다. 전송되는 컨텍스트 메시지의 개수가 증가할수록 EPRO의 시그널링 비용은 선형적으로 증가하는 반면, EPROPF는 전송되는 컨텍스트 메시지의 개수에 전혀 영향을 받지 않는다. EPRO는 이동 노드가 접속할 가능성이 있는 모든 후보 MAG로 컨텍스트 메시지를 전송해야 한다. 하지만 EPROPF는 예측 알고리즘을 활용하여 어떤 MAG로 이동할지 알고 있기 때문에 단 하나의 컨텍스트 메시지를 MAG로 전송하기 때문에 EPRO보다 시그널링 비용이 낮다. 또한, 그림 5를 보면 단 하나의 컨텍스트 메시지를 전송할 때에도 EPROPF가 EPRO보다 시그널링 비용이 낮는데, 이는 컨텍스트 메시지가 HI 메시지나 HAcK 메시지에 포함되어 전송되기 때문이다.

V. 결 론

기존의 연구는 경로 최적화 절차를 최적화하기 위해

EPRO와 같은 PMIPv6 경로 최적화 기법을 제안하였다. 그러나 EPRO는 이동 노드가 이동할 가능성이 있는 MAG 개수가 증가할수록 최적화된 경로를 결정하기 위해 전송하는 추가적인 시그널링 메시지가 증가하게 되며 이는 높은 시그널링 비용을 요구한다. 본 논문은 PFMIIPv6에 적용된 예측 알고리즘을 활용한 EPROPF를 제안하였다. EPROPF는 이동 노드가 어떤 MAG로 접속할 수 있는지 예측할 수 있기 때문에 그 MAG로 경로 최적화에 관련된 컨텍스트 메시지를 전송할 수 있다. 컨텍스트 메시지를 전송받은 MAG는 컨텍스트 메시지의 정보를 기반으로 상대 노드의 MAG와 최적화된 경로를 설정한다. 미리 설정된 최적화된 경로는 추가적인 경로 최적화 절차의 수행 필요성을 제거한다. 본 논문에서 성능 평가를 통해 EPROPF와 EPRO의 시그널링 비용을 비교 분석하였다. 성능 평가 결과는 PFMIIPv6의 예측 알고리즘을 활용한 EPROPF의 시그널링 비용이 EPRO의 시그널링 비용보다 낮음을 보여주었다. 제안된 기법은 모바일 클라우드 컴퓨팅 환경에서 사용자가 이동 노드를 통해 끊임없는 서비스를 제공받고 상대 노드로의 최적 경로를 통해 빠르게 서비스를 받을 수 있도록 하는데 중요한 역할을 할 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] D. Johnson, C. Perkins and J. Arkko, "Mobility Support in IPv6," IETF RFC 3775, June 2004.
- [2] S. Gundaveli, K. Leung, V. Devarapalli, K. Chowdhury and B. Patil, "Proxy mobile IPv6," IETF RFC 5213, Aug. 2008.
- [3] J. Abeillé, M. Liebsch and T. Melia, "Mobility anchor controlled route optimization for network based mobility management", Proc. IEEE Global Telecommunications Conference, 2007, pp. 1802-1807, 2007.
- [4] S. Jeon, N. Kang, Y. Kim and W. Yoon, "Enhanced PMIPv6 route optimization handover", IEICE Trans. Commun., Vol. E91-B, no. 11, pp. 3715-3718, Nov. 2008.
- [5] H. Yokota, K. Chowdhury, R. Koodli, B. Patil and F. Xia, "Fast handovers for proxy mobile IPv6", IETF RFC 5949, September 2010.
- [6] X. Zhang, J. G. Castellanos and A. T. Campbell, "P-MIP: Paging extensions for mobile IP", ACM Mobile Networks and Applications, Vol. 7, No. 2, pp. 127-141, March 2002.

[7] S. Pack, X. Shen, J. W. Mark and J. Pan, "Adaptive Route Optimization in Hierarchical Mobile IPv6 Networks", IEEE Trans. Mobile Computing, Vol.6, No.8, pp. 903-914, Aug. 2007.

[8] B. Lampson, V. Srinivasan and G. Varghese, "IP lookups using multiway and multicolumn search", IEEE/ACM Trans. Netw, Vol. 7, No. 3, pp. 324-334, June 1999.

[9] J. Xie and I. F. Akyildiz, "An optimal location management scheme for minimizing signaling cost in mobile IP", Proc. IEEE International Conference on Communications (ICC 2002), Vol. 5, pp. 3313-3317, April. 2002.

[10] S. Park, N. Kang and Y. Kim, "Localized proxy-MIPv6 with route optimization in IP-based networks", IEICE Trans. Commun., Vol. E90-B, No. 12, pp. 3682-3686, Dec. 2007.1.

저 자 소 개



나 재 균(학생회원)
 2009년 숭실대학교 컴퓨터학부
 학사 졸업.
 2009년~현재 숭실대학교
 컴퓨터학과 석사과정.

<주관심분야 : Mobility Management, Network
 Mobility (NEMO), Mobile IPv6, Proxy Mobile
 IPv6 >



서 대 희(정회원)
 2003년 순천향대학교 전산학과
 석사 졸업.
 2006년 순천향대학교 전산학과
 박사 졸업.
 2007년 Howard University
 Post-Doc.

2008년~2009년 이화여자대학교 컴퓨터공학과
 연구교수.
 2009년~현재 한국전자통신연구원 선임 연구원
 재직중.

<주관심분야 : 정보보호, 네트워크 보안, 소형 디
 바이스 보안, 공격자 추적, 오버레이 네트워크>



나 재 훈(평생회원)
 1985년 중앙대학교 컴퓨터공학과
 학사 졸업.
 1987년 중앙대학교 컴퓨터공학과
 석사 졸업.
 2005년 한국외국어대학교
 전자정보공학과 박사
 졸업.

1987년~현재 한국전자통신연구원 책임연구원.
 2005년~2008년 ITU-T X.1162 Editor.
 2008년~현재 ITU-T X.iptvsec-2 Editor.
 2006년~현재 ITU-T SG17 국내분과위원회
 위원.

<주관심분야 : 네트워크 보안, IPv6/MIPv6 보안,
 P2P 보안, IPTV 보안>



문 영 성(평생회원)-교신저자
 1983년 연세대학교 전자공학과
 학사 졸업.
 1986년 University of Alberta
 전자공학과 석사 졸업.
 1993년 University of Texas
 (Arlington) 컴퓨터학과
 박사 졸업.

1994년~현재 숭실대학교 컴퓨터학부 교수
 <주관심분야 : 클라우드 컴퓨팅, Security and
 authentication with Mobile IP, Mobile IPv4,
 Mobile IPv6>