

<http://dx.doi.org/10.7236/JIWIT.2012.12.4.81>

JIWIT 2012-4-11

프록시 모바일 IPv6 네트워크에서 포인터 포워딩에 기반한 비용효과적인 이동성관리 기법

CEM-PF: Cost-Effective Mobility Management Scheme Based on Pointer Forwarding in Proxy Mobile IPv6 Networks

박승윤*, 정종필**

Seungyoon Park, Jongpil Jeong

요약 이동성관리 및 패킷전달에 의해 발생하는 전체 네트워크의 트래픽을 줄이기 위한 목적으로 PMIPv6(Proxy Mobile IPv6)에서 포인터전송을 기반으로 효율적인 이동성관리 기법을 제안한다. 제안기법은 개별적이며 동적인 모바일 사용자 기반이다. 전체 네트워크의 트래픽을 최소화하기 위한 포워딩체인 길이의 최적 임계값과 사용자의 특정 이동성과 서비스 패턴을 기준으로 결정된다. 포워딩체인 길이의 최적 임계값이 존재하는 것을 주어진 특정 이동성과 모바일 사용자의 서비스 패턴을 특징화한 매개변수로 입증한다. 또한 제안기법이 모든 모바일 사용자에게 정적 임계값을 적용하는 방식보다 상당히 더 좋은 성능을 내는 것을 보여준다. 수학적 분석법은 포인터 포워딩 기법이 PMIPv6에서의 라우팅기반 이동성관리 프로토콜에 비해 뛰어난 성능을 보여준다.

Abstract We propose efficient mobility management schemes based on pointer forwarding for Proxy Mobile IPv6 Networks(PMIPv6) with the objective to reduce the overall network traffic incurred by mobility management and packet delivery. The proposed schemes are per-user-based, i.e., the optimal threshold of the forwarding chain length that minimizes the overall network traffic is dynamically determined for each individual mobile user, based on the user's specific mobility and service patterns. We demonstrate that there exists an optimal threshold of the forwarding chain length, given a set of parameters characterizing the specific mobility and service patterns of a mobile user. We also demonstrate that our schemes yield significantly better performance than schemes that apply a static threshold to all mobile users. A comparative analysis shows that our pointer forwarding schemes outperform routing-based mobility management protocols for PMIPv6.

Key Words : Mobility Management, Pointer Forwarding, PMIPv6 Networks, Dynamic Anchor

1. 서론

최근 통신기술 발전 및 스마트폰의 보급으로, MN (Mobile Node) 사용자는 정보검색 및 음성 및 SNS 통신

과 같은 실시간 데이터의 수신, 발신을 언제 어디서나 자유롭게 네트워크에 접속할 수 있는 정보통신 환경을 구축해 나가고 있다. 차세대 무선통신 환경에서 이동 통신

*준회원, 성균관대학교 컴퓨터공학과

**정회원, 성균관대학교 정보통신공학부 (교신저자)

접수일자 : 2012년 6월 1일, 수정완료 : 2012년 7월 9일

게재확정일자 : 2012년 8월 10일

Received: 1 June 2012 / Revised: 9 July 2012 /

Accepted: 10 August 2012

**Corresponding Author: jpjeong@skku.edu

Dept. of Computer Engineering, Sungkyunkwan University, Korea

망은 기존의 IP망과 연계되고 통합될 것이며, All-IP 기반의 유무선이 통합된 형태의 네트워크 환경으로 예상된다. IP 이동성관리 기술은 All-IP 기반의 차세대 유무선 통합망 구축을 위한 주요기술이며, IETF(Internet Engineering Task Force)는 단말 기반의 IP 이동성 기술인 MIPv6(Mobile IPv6)^[1]에 대한 표준화 작업을 완료했다. MIPv6기술은 IP계층 상위의 프로토콜에서 확실하게 동작하며, TCP 연결과 UDP 포트 바인딩의 끊임없이 IPv6를 지원하는 MN의 이동성관리 기술이다. 이동통신의 양대 표준 기구인 3GPP와 3GPP2의 표준에서는 이동인터넷 환경의 표준으로 MIPv6를 채택하였다. 이는 MIPv6기술이 갖는 특징들 즉, 이동통신의 최대 약점이라고 할 수 있는 정보보호 기능의 안정적인 제공, 충분한 주소공간의 확보로 인한 각종 전자제품의 효율적인 네트워크화, 플러그 앤 플레이 방식의 자동 네트워킹 방식 지원 그리고 최적화된 라우팅 패스 설정을 통한 효율적인 네트워킹 제공 등의 장점 때문이라 볼 수 있다.

MIPv6에서 MN가 이동할 때마다 새로운 터널을 생성해야 하며, 이로 인해 패킷 지연, 패킷손실, 그리고 과도한 위치등록과 같은 문제가 발생한다. 또한, MIPv6는 MN의 프로토콜 스택을 수정해야 하기 때문에 실제 네트워크에의 적용 및 확산을 어렵게 하는 요인이 된다. MIPv6 기능이 구현되어 있지 않은 단말이 다른 망으로 이동을 할 때마다 기존의 연결을 종료하고 새로 연결해야 하는 문제가 발생한다.



그림 1. PMIPv6의 네트워크 구조
Fig. 1. PMIPv6 network architecture

따라서 IETF NetLMM(Network-based Localized Mobility Management) 워킹그룹에서는 MIPv6의 문제점을 해결하기 위해 PMIPv6 네트워크 구조가 제안되었다^[2]. PMIPv6에서는 MN에 전송되는 모든 데이터는 LMA(Local Mobility Anchor)와 MAG(Mobile Access Gateway)를 통해 전달된다. MN이 이동할 때마다 MAG는 원거리에 위치한 LMA에 위치등록을 수행해야 하며, 이러한 위치등록 절차는 LMA에 부하를 증가시킬 뿐 아니라, 네트워크로 전달되는 전체 트래픽이 증가하게 된다. 또한, 그림 1과 같이 LMA와 MAG의 거리가 멀수록 위치등록절차에 따른 지연은 더 길어지게 된다. 따라서 본 논문에서는 MN이 이동할 때 마다, 일반적으로 원거리에 위치한 LMA에 등록하지 않고, 포인터 포워딩^[3]을 이용하여 이웃한 MAG에 등록함으로써 위치등록 비용을 감소할 수 있는 이동성관리 기법을 제안하고자 한다.

따라서 본 논문에서는 PMIPv6 네트워크에서 포인터 포워딩^[3]을 이용한 이동성관리기법을 제안하고자 한다. 포인터 포워딩 기법은 일반적으로 이동성관리에서 많이 활용되는 기법으로, 이동성에 비해 통신이 적은 MN에 대해 효과적으로 적용될 수 있다. 하지만, 이러한 포인터 포워딩 기법을 MIPv6에 적용하려면 MN의 프로토콜 스택 수정을 필요로 하며, MN의 특성상 전력소모의 문제를 고려해야 한다. 따라서 MN이 이동성관리와 관련된 동작에 관여하지 않는 PMIPv6 환경과, 실제 통신하는 시간이 많지 않은 이동 사용자들의 통신 패턴^[7], 마지막으로 이동이 빈번한 MM(Micro-Mobility) 기반의 PMIPv6 특성^[5]을 감안할 때, PMIPv6 환경에서 포인터 포워딩 기법의 적용은 매우 중요하고 필수적이다. 제안기법에서 MN이 최초 PMIPv6 도메인에 진입하였을 경우 기존의 PMIPv6와 동일하게 LMA에 위치등록 과정을 수행한다. 하지만, 이후 MN이 이동할 때마다 MAG는 원거리에 위치한 LMA에 등록하지 않고, 포인터 포워딩을 이용하여 근거리에 위치한 MAG에 등록함으로써 위치등록 비용을 감소할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 PMIPv6에 대한 관련 연구를 기술한다. 3장은 제안 기법에 대하여 설명하고, 4장에서는 제안 기법의 성능을 평가하기 위한 수학적 모델을 제시하고 이 모델에 따른 비용을 산출한 후, 제안 기법의 성능을 PMIPv6의 성능과 함께 비교분석한다. 마지막으로 5장에서는 본 논문에 대한 결론에 대해 논의한다.

II. 관련연구

1. PMIPv6

PMIPv6^[2]는 MN가 핸드오버^[16] 및 위치등록과 관련된 시그널링절차를 수행하지 않고 네트워크 기반으로 이동성을 관리할 수 있도록 설계된 프로토콜이다. 따라서 MN의 부하를 줄이고, 이동성관리 지연 시간을 줄일 수 있는 장점을 가진다. PMIPv6에서는 새로운 구성요소로써 LMA^[14]와 MAG를 채택하고 있다. LMA는 PMIPv6 도메인에서 이루어지는 모든 이동성 절차를 관리하며, MN에 대한 일종의 HA(Home Agent)역할을 수행한다. MAG는 LMA와 MN사이에 위치하며, MN을 대신하여 이동성 관련 시그널링절차를 수행한다. 또한, MAG는 MN의 네트워크에 대한 연결 기능과 라우팅 기능을 담당한다. PMIPv6의 동작절차는 그림 2와 같다.

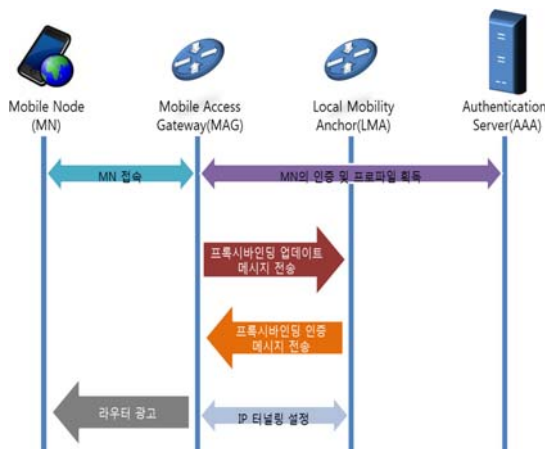


그림 2. PMIPv6의 동작절차
Fig. 2. PMIPv6 operation procedure

MN이 네트워크에 접속하게 되면, 접속인증을 수행하게 되며, 이 과정에서 MN의 식별자를 MAG에 전달한다. MAG는 MN의 인식할 수 있는 식별자를 이용하여 AAA(Authentication, Authorization, Accounting) 서버와 인증과정을 수행한 후 해당 MN의 프로파일을 얻게 된다. 이후, MAG는 LMA에게 PBU(Proxy Binding Update) 메시지를 전송하여 MN의 위치 등록 과정을 수행한다. LMA는 BCE(Binding Cache Entry)에 MN의 식별자에 해당되는 정보가 있는지 검사하게 된 후, 해당 MN에 대한 정보가 없다면 BCE에 새로 추가한다. 이후

LMA는 MAG에게 PBA(Proxy Binding Ack.) 메시지를 전송하고, LMA와 MAG간의 양방향 터널을 생성한다. PBA 메시지를 수신받은 MAG는 LMA가 할당해준 HNP(Home Network Prefix)와 IP 주소 정보가 포함된 RA(Router Advertisement) 메시지를 MN에게 전송한다. 기본적으로 PMIPv6에서의 모든 메시지는 LMA를 통해 전달된다. 따라서 MN가 이동할 때 마다 MAG는 원거리에 위치한 LMA에 위치등록을 수행해야 하며, 이러한 위치등록 절차는 LMA에 부하를 증가시킬 뿐 아니라, 네트워크로 전달되는 전체 트래픽이 증가하게 된다. 또한, LMA와 MAG의 거리가 멀수록 위치등록 절차에 따른 지연은 더 길어지게 된다.

2. PCS 네트워크에서 포인터 포워딩 기법

많은 연구가 이동성관리 시그널링 트래픽을 최소화하기 위해 수행^[13]되었다. 로컬앵커 기법^[4]은 VLR(Visitor Location Register)에 가까운 사용자가 이용중인 모바일 터미널의 로컬앵커로 선택된다. 사용자가 다른 RA(Registration Area)로 이동할 때, MN은 로컬 앵커에 업데이트를 수행한다. MN의 현재의 앵커는 MN의 도착 메시지를 호출하기 전까지 변경되지 않는다. 새로운 메시지가 도착할 때마다 사용자에게 제공되는 VLR은 새로운 로컬 앵커가 되어 HLR(Home Location Register)로 업데이트를 실행한다. 로컬앵커 기법은 HLR로의 업데이트를 방지하고 지역 시그널링 트래픽의 비용을 증가한다. 이 기법의 단점은 사용자가 어떤 메시지를 받지 않고 지속적으로 이동할 때, 로컬 앵커로의 업데이트가 HLR과 같이 병목현상이 있을 수 있고 높은 비용이 발생할 수 있다는 점이다. 또한, 사용자의 예상 위치 등록 및 메시지 전달 비용을 기반으로 로컬앵커를 선택하여 로컬앵커 기법을 동적 로컬앵커 기법^[4]으로 보완했다. 사용자당 포인터 포워딩 기법^[10]도 제안됐는데, MN이 RA에서 다른 RA로 이동할 때, 포인터가 이전 VLR에서 현재 VLR로 설정되고, 사용자에게 메시지 전달 절차를 수행하는 동안 포인터체인을 통해 추적할 수 있다. 포인터 셋업 비용은 보통 HLR에 업데이트하는 비용보다 작으므로, 이 기법은 높은 이동성을 가진 사용자에게 적합하다. 그러나 이 기법의 단점은 사용자를 찾는 시간이 길 수 있다는 것이다. 포인터체인이 점점 길어지면 시그널링 트래픽이 점점 줄어든다. 따라서 사용자를 찾기 위한 지연시간이 길어지게 된다. 그러므로 긴 지연으로 인한 문제를 방지

하려면 포인터체인 길이의 한계값을 설정해야 한다. 사용자가 포인터체인 임계값에 도달할 때마다 HLR로 등록이 필요하다. 앞에서 언급한 두 기법을 결합함으로써, 2-레벨 포인터 포워딩^[5] 기법이 제안됐다. 이 기법에서는 포인터의 두 종류를 사용하는데, 일부 VLR은 RA에 비교하여 보다 큰 영역에서 위치관리를 담당하며 지리적으로 분산할 수 있는 MA(Mobility Agent)로 선택된다. MA 사이에 포인터는 1 레벨 포인터이며, MA와 같게 된 도메인 내의 VLR 사이는 2 레벨 포인터이다. 사용자가 RA의 경계를 교차하면 2 레벨 포인터가 설정된다. 2 레벨 포인터체인 임계값에 도달하면 현재 RA가 사용자에 대한 MA로 선택되어 1 레벨 포인터는 이전 MA부터 새로운 MA까지 설정된다. 사용자의 메시지는 HLR로 먼저 쿼리되고, 현재 MA에 1 레벨 포인터체인을 따른 다음 2 레벨 포인터체인을 추적하여 사용자의 현재 VLR에 도달한다. 1 레벨 포인터체인 임계값에 도달할 때까지 사용자는 HLR를 업데이트할 필요가 없다. 결과적으로, 2-레벨 포인터 포워딩 기법에서의 포인터체인 임계값이 포인터 포워딩 기법에서보다 훨씬 더 길며, 1 레벨 포인터체인으로 인해 더 짧은 메시지 설정 지연시간을 가진다. 그리고, POFLA(POinter Forwarding based Local Anchoring)^[6] 라는 위치관리 기법이 제안되었다. 일부 VLR이 MA로 선택되는 점과 두 종류의 포인터가 두 기법에 적용되었다는 점이 2-레벨 포인터 포워딩 기법과 유사하다. 하지만, 차이점은 여러 개의 MA가 2-레벨 포인터 기법에서 항상 동시에 존재할 수 있지만, 포인터체인에서의 POFLA 기법은 한 개의 MA가 존재한다는 점이다. POFLA에서는 다른 VLR 안에서 사용자가 RA 경계를 교차하고 새로운 RA로 들어가면, 포인터 MA를 업데이트하지 않고 이전 VLR에서 새 MA를 설정한다. 여기서 이러한 포인터를 로우-레벨 포인터(또는 L-포인터)라 정의한다. 이 기법은 2-레벨 포인터 또는 사용자당 포워딩 기법과 비슷하다. L-포인터체인 임계값에 도달하게 되면 다른 높은 레벨의 포인터는 MA를 현재 VLR로 설정이 가능하며, 포인터의 하이-레벨 포인터(또는 H-포인터)를 호출한다. 이 기법으로 POFLA는 로컬앵커 기법으로 운영되며 차이점은 사용자가 멀어지게 되면 H-포인터 대신에 L-포인터가 다시 설정된다는 점이다.

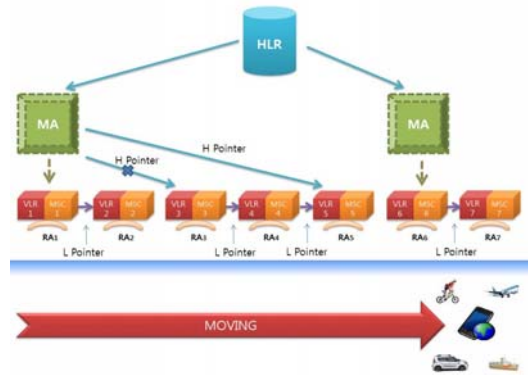


그림 3. POFLA 기법 절차
Fig. 3. POFLA strategy procedure

III. 포인터 포워딩에 기반한 비용효과적인 이동성관리 기법

1. 네트워크 아키텍처

PMIPv6는 LMA와 MN으로 구성된다. LMA는 일반적으로 고정적이며 PMIPv6 백본을 형성한다. 하나 혹은 그 이상의 LMA가 인터넷에 연결되어 PMIPv6에서의 인터넷 트래픽을 처리하고 네트워크의 트래픽의 주된 원인이 된다. 그리고 LMA는 일반적으로 MAG와 관련이 된다. 제안된 이동성관리 기법에서 중앙 위치 데이터베이스는 LMA에 있다. 각 MN는 PMIPv6 안에서 돌아다니며, 진입점(Entry)은 MN의 위치 정보를 저장하기 위한 위치 데이터베이스에 존재한다. 즉, 자신의 AMAG(Anchor MAG)의 주소이고 MN의 MAG은 MN의 포워딩체인의 시작점이 된다. MN의 MAG 주소로 MN는 포워딩체인을 따라 이동할 수 있다. MN로 보낸 데이터 패킷이 현재 MAG로 먼저 전송되고, 포워딩체인에 따라 MN에 데이터 패킷을 전송한다. 제안된 기법의 패킷 전송은 단순히 사용되는 라우팅 프로토콜을 전제하고 있다. 포인터 포워딩의 개념은 셀룰러 네트워크에서 제안된 이동성관리 기법에서 비롯된다. 포인터 포워딩 개념을 적용하는 이유^[10]는 높은 비용의 위치 업데이트 이벤트의 수를 줄여 이동성관리 기법에 의해 발생한 전체 네트워크 시그널링전달 비용을 최소화하는 것이다. 위치 업데이트 이벤트는 LMA로 위치 데이터베이스를 업데이트하기 위해 이벤트를 알리는 위치 업데이트 메시지를 보내는 것을 의미한다. 포인터 포워딩을 통한 핸드

오픈하는 위치를 업데이트 이벤트를 실행하지 않고, 단순히 이웃하는 MAG 사이의 포워딩 포인터를 설정하는 것이다.

MN의 포워딩체인의 길이는 크게 이동성관리 및 MN에 관련된 패킷 전달에 의해 발생한 네트워크 트래픽 비용에 영향을 미친다. 따라서 상대적으로 포워딩체인이 길어지면, 낮은 비율의 위치 갱신 이벤트가 일어나 시그널링 전달 오버헤드가 작아지게 된다. 하지만, 긴 포워딩체인은 전달비용을 증가시킨다. 왜냐하면, 목적지에 도착하기 위해 긴거리를 이동하기 때문이다. 따라서 패킷 전달에 의해 발생한 서비스비용과 이동성관리에 의해 발생한 시그널링 전달 비용 사이의 균형이 존재하게 된다. 따라서 각각의 MN에 대한 포워딩체인 길이의 최적 임계값이 존재하는데, 제안된 기법에서 K 로 표시되는 최적의 임계값은 MN의 특징인 이동성과 서비스 패턴을 기준으로 결정된다. 본 논문에서는 MN의 이동성과 서비스 패턴을 설명하기 위해 각 MN의 SMR (Service Mobility Ratio)에 서비스로 지정된 매개변수를 사용한다. 하나의 MN당 평균패킷 도착률은 λ_p 와 이동성비율 σ 는 $SMR = \lambda_p / \sigma$ 로 정의 한다.

MAG와 LMA 사이의 인터넷 트래픽은 직접적인 트래픽이 지배적이다^[7]. 왜냐하면 PMIPv6가 최근의 광대역 인터넷 액세스를 제공하는 경제적인 솔루션이 될 것으로 예상되기 때문이다. 따라서, 본 논문에서는 인터넷세션 도착률이 인트라넷세션 도착률 보다 높고 인터넷세션의 평균 지속기간은 인트라넷세션보다 긴 것을 가정한다. 본 논문에서는 성능분석을 위한 매개변수로 첫 번째 가정을 의미하는 γ 와 두 번째 가정을 의미하는 δ 를 사용한다. 특별히, γ 는 인터넷세션 도착률의 비율/인트라넷세션 도착률로 δ 는 인터넷세션 평균지속기간의 비율/ 인트라넷세션의 평균지속시간으로 나타낸다.

2. 핸드오프 절차

두 개의 이웃하는 MAG의 영역을 다루는 경계에 걸쳐 MN는 이동하며, 이전에 전달된 MAG에서 분리되고 새로운 MAG와 재결합되는 핸드오프가 발생한다. MAG는 현재 제공된 MAG와 새롭게 결합한다. 각각의 MN마다 현재 포워딩체인의 길이가 특정 임계값 K 미만인 경우, 새로운 포워딩 포인터가 이전 MAG와 새로운 MAG 사이에 설정된다. 반면에, MN의 현재 포워딩체인의 길이가 이미 특정 임계값 K 에 도달하면 핸드오프는 위치를

업데이트하게 된다. 위치를 업데이트하는 동안 LMA는 위치업데이트 메시지로 위치데이터베이스에 MN의 위치 정보를 업데이트하도록 명령한다. 위치업데이트 메시지는 MN의 모든 활성화된 인트라넷 대응노드로 전송된다. 위치업데이트를 하면 포워딩체인은 다시 설정되고 새 MAG는 MN의 AMAG가 된다. 그림 4는 제안된 기법의 핸드오프의 방법을 보여준다.

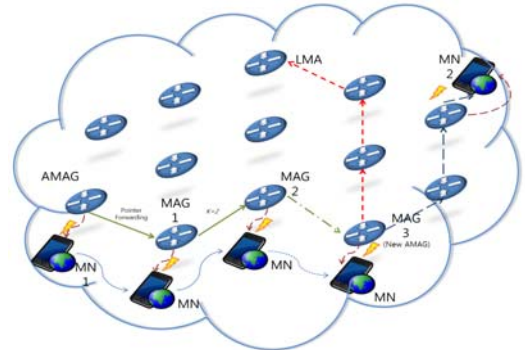


그림 4. 포인터 포워딩 기법의 핸드오프
Fig. 4. Handoff in Pointer Forwarding Scheme

3 정적앵커 기법의 서비스 전달 절차

정적앵커 기법에서는, 포워딩체인의 길이가 임계값 K 를 초과하지 않는 한 MN의 AMAG은 변경되지 않은 상태로 남겨진다. MAG를 향한 인터넷세션은 LMA를 통해 시작된다. 즉, 인터넷세션은 실제로 PMIPv6안에 들어오기 전에 LMA로 항상 첫 번째로 전달된다. 왜냐하면 위치데이터베이스가 LMA에 속해 있어서 LMA는 항상 위치데이터베이스안의 쿼리로 수행되는 MN의 위치 정보를 알기 때문이다. 따라서 MAG를 향해 인터넷세션을 전달하는 것은 간단하다. MN의 위치정보가 한번만 알려진다면(즉, MN의 AMAG의 주소가 쿼리화 된다면), LMA는 데이터패킷을 AMAG에 전달하고, 그 후 패킷을 포워딩체인 따르는 MN에게 전달한다. 항상 위치데이터베이스가 있는 LMA를 통해 위치가 찾아지는 인터넷세션과 달리, PMIPv6 이내에서 MAG를 향해 이동되는 인트라넷세션은 먼저 위치 검색 절차를 통해 목적지 MAG 위치정보를 결정해야 한다. MAG에서 새 세션 요청을 접수하는 즉시, MAG1이 다른 클라이언트 MAG2를 향해 이동한다 가정한다. MAG1을 받은 MAG는 위치 데이터베이스와 MAG2의 위치 정보와 회신에서 쿼리를 수행하는 LMA를 통해 MAG2의 위치정보를 지역 쿼리로 소환(즉,

MAG2의 AMAG의 주소의 위치 정보)한다. 위치 검색 절차 후, MAG1에서 MAG2로 보내진 데이터 패킷은 MAG2의 AMAG에 직접 연결 할 수 있고, 패킷을 포워딩 체인을 따라 MAG2에 전달한다.

4. 동적앵커 기법의 서비스 전달 절차

동적앵커 기법에서 하나의 MN의 현재 포워딩체인은 새로운 인터넷 또는 인트라넷세션의 도착에 의해 재설정 된다. 이 기법을 제안하게 된 이유는 이동성 비율이 높은 서비스상황에서 현재 MN를 받은 MAG로 주변 지역의 AMAG를 유지하여 패킷전달 비용을 절감하기 때문이다. 따라서 정적앵커 기법의 삼각 라우팅(LMA-AMAG-MN)의 문제를 새로운 세션 도착시 포워딩체인의 재설정의 추가비용과 함께 덜 수 있다.

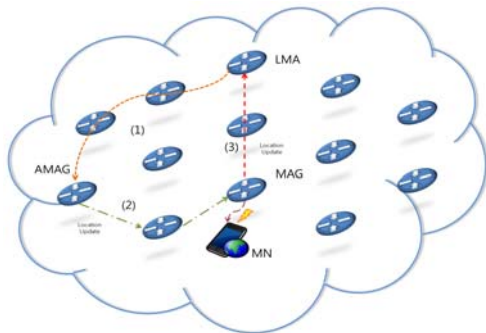


그림 5. 동적앵커 기법의 새로 도착된 인터넷세션의 지역검색 절차

Fig. 5. Location Search Procedure for Newly Arrived Internet Sessions in Dynamic Anchor Scheme

그림과 같이 동적앵커 기법에 핸드오프는 그림 5에서 보여지는바와 같이 정적앵커 기법과 동일하다. 그러나 동적앵커 기법의 서비스 제공의 메커니즘은 정적앵커 기법의 메커니즘과는 상당히 다르다.

동적앵커 기법에서 MN쪽으로 새로운 인터넷세션이 LMA에 도착했을 때, LMA는 즉시 MN의 AMAG로 세션이 전달되지 않는다. 대신, 위치 검색 절차는 MN를 받은 현재 MAG와 다를 수 있다.(MAG의 AMAG가 다를 수 있기 때문이다.) 그림 5는 새로 도착한 인터넷세션의 위치 검색 절차를 보여준다. 특히 LMA는 지역 요청 메시지를 위치 요청을 현재 받는 MAG로 전달하는 MN의 AMAG로 보낸다. 위치 요청 메시지를 접수하는 즉시

MN의 현재 등록된 MAG는 MN의 새로운 AMAG임을 알리고 LMA에 위치 업데이트 메시지를 보낸다. LMA 위치 업데이트 메시지를 받으면 MN의 현재 MAG는 자신의 새로운 AMAG가 된다고 표시하고, 위치 데이터베이스에서 MN의 위치 정보를 업데이트한다. 위치 검색 절차 후 포워딩체인 재설정 이후 데이터 패킷이 MN의 새로운 AMAG로 라우팅 된다. 즉, 입력 시그널링의 수에 따라서 패킷전달 비용을 줄이고, 라우팅 경로가 단축된다는 점이다. 새로운 인트라넷세션이 MN에서 시작되면, 하나 이상의 비슷한 위치 검색 절차를 통해 대상 MN를 현재 받는 MAG를 찾아 실행된다. 그림 6는 새로 도착한 인트라넷세션 위치 검색 절차를 보여준다. MN1과 MN2는 각각 소스 MN과 목적지 MN를 나타낸다 하자. MN1으로 MN2 향해 시작한 새로운 인트라넷세션 MN1(MAG1)의 현재 받는 MAG에 도착하면, MAG1은 MN2의 AMAG에 위치 요청 메시지를 MAG2(MN2의 현재 MAG로 전달 위치 요청 메시지에 쿼리화된 위치 데이터베이스를 LMA에 위치 요청 메시지를 보낸다. 지역 데이터베이스 안의 MN2의 지역정보는 새로운 AMAG임을 알리며 위치 업데이트 메시지와 함께 LMA로 MAG 답장을 받을 때 위치 요청 메시지를 보낸다. 메시지 회신을 받은 후에는 위치를 데이터베이스에 MN2의 위치 정보 LMA에 의해 업데이트된다. MN2의 업데이트 위치 정보는 위치 요청 및 위치 검색 절차가 완료에 대한 응답으로 MAG2로 전송된다. 위치 검색 절차 후, 후속 데이터 패킷 직접 MN2의 새로운 AMAG로 라우팅 된다.

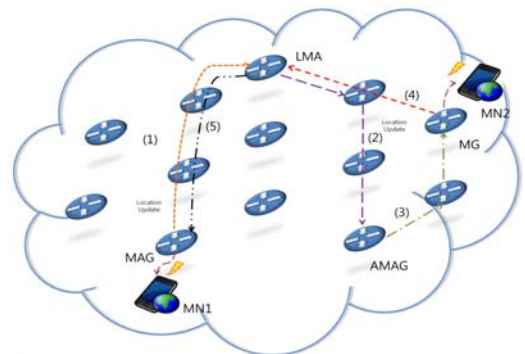


그림 6. 동적앵커 기법의 새로 도착된 인트라넷세션의 지역검색 절차

Fig. 6. Location Search Procedure for Newly Arrived Intranet Sessions in Dynamic Anchor Scheme

IV. 성능평가

1. 비용분석 모델링

이 절에서는 제안된 기법의 성능평가에 대한 비용분석 모델을 정의한다. 분석 모델은 SPN(Stochastic Petri nets)^[8] 모델을 사용하며, 마코프 체인의 단순화된 확률로 표현이 가능하기 때문에 성능 모델링을 위한 도구로 선택했다. 또한, 제안된 모델은 MN의 행동에 따른 시스템 이벤트에 응답하는 시간을 수치화하였기 때문에 결과의 추론이 가능했다. 표 1은 다음 절에서 사용되는 매개변수와 표기법을 요약한 것이다.

표 1. 성능 모델링 및 분석에 사용된 매개변수 및 표기법
Table 1. The Parameters and Notations Used in Performance Modeling and Analysis

매개변수	설명
σ	이동률
λ_I / μ_I	인터넷세션 도착 / 출발률
λ_L / μ_L	인트라넷세션 도착 / 출발률
λ_{pu}	인터넷세션의 평균 업링크(나가는) 패킷 도착률
λ_{pd}	인터넷세션의 평균 다운링크 패킷 도착률
λ_{pL}	인트라넷세션의 평균 패킷 도착률
N_{pI}	인터넷세션 당 다운링크(들어오는) 패킷 평균 개수
N_{pL}	인트라넷세션 당 들어오는 패킷의 평균 개수
N_I	MN 당 활성 인터넷 대응노드의 순간 평균 개수
N_L	MN 당 활성 인트라넷 대응노드의 순간 평균 개수
N	PMIPv6안의 MAG의 개수
α	LMA와 임의의 MAG 사이의 평균 거리(홉의 수)
β	임의의 MAG들 사이의 평균 거리(홉의 수)
γ	인터넷세션 도착률/인트라넷세션 도착률
δ	인터넷세션의 평균 지속기간 /인트라넷세션의 평균 지속기간
ζ	인터넷세션의 다운 링크 패킷 도착률/업링크 패킷 도착률의 비율
τ	두 인접 MAG 사이의 홉의 통신 지연 시간

P_f	MN이 전진하는 확률
P_b	MN이 뒤으로 이동하는 확률
MinInt	PMIPv6에서 메시지 수신후 지연요청을 보내는 최소 비용
MaxInt	PMIPv6에서 메시지 수신후 지연요청을 보내는 최대 비용

2. 비용분석

*AddPointer*는 두 MAG 간의 포워딩 포인터를 설정하는 이벤트를 모델링하며, 두 MAG 간의 왕복 통신을 포함한다. 즉, 통신비용은 2이고, *AddPointer*의 통신지연은 상호적이다. $\mu_{AddPointer}$ 는 즉, 아래와 같다.

$$\mu_{AddPointer} = \frac{1}{2\tau} \tag{1}$$

*ResetLU*는 위치 데이터베이스에서 MN의 위치 정보를 업데이트하고, MN의 모든 인트라넷내 CN(Correspondent Node)들에 위치 업데이트 메시지를 보내 관련된 위치를 업데이트하는 동안 MN의 포워딩체인을 재설정하는 이벤트를 모델링한다. 시그널링 전달 비용은 두 부분으로 구성되어 있으며, 첫 번째 부분은 위치 데이터베이스, 즉, MN의 위치 정보를 업데이트하려면 LMA에 알리는 새로운 MAG이다. 두 번째 부분은 MN, 즉, CN들의 모든 인트라넷을 새로운 MAG에 알리기 위한 부분 즉, $N_I\beta\tau$ 이다. 그러므로 $\mu_{ResetLU}$ 는 아래와 같다.

$$\mu_{ResetLU} = \frac{1}{(\alpha + N_I\beta) \times \tau} \tag{2}$$

*ResetIS*은 새로운 인터넷세션의 도착으로 인해 MN의 포워딩체인을 재설정하는 이벤트의 모델링이다. 이 경우의 요청 메시지는 LMA에서 MN의 현재 검색된 MAG로 전송되고, 위치 업데이트 메시지가 위치 요청에 응답하여 LMA로 답장한다. 위치 업데이트 메시지는 MN의 모든 인트라넷내 CN들로 전송된다. 이 경우의 통신비용은 이와 같은 $(2\alpha + N_I\beta + i) \times \tau$ 이다. i 는 포워딩체인의 현재 길이이다. 그러므로 $\mu_{ResetIS}$ 는 아래와 같다.

$$\mu_{ResetLS} = \frac{1}{(2\alpha + N_L\beta + i) \times \tau} \quad (3)$$

*ResetLS*은 새로운 인트라넷세션의 도착으로 인해 MN의 포워딩체인을 재설정하는 이벤트를 모델링한다. MN1과 MN2는 소스와 목적지의 MN을 나타낸다. 이 경우에 위치 요청 메시지는 LMA로부터 전달되어 MN1의 현재 전송받는 MAG(MAG1)에서 MN2의 현재 전송받는 MAG(MAG2)로 전송된다. 위치 요청 회신에 의해 위치 업데이트 메시지는 LMA를 통한 MAG2로 회신되고, 다음으로 MN2의 업데이트된 위치 정보는 MAG1로 전달된다. 위치 업데이트 메시지는 MN2의 모든 인트라넷내 CN들로 전송된다. 이 경우의 통신비용은 $(4\alpha + N_L\beta + i) \times \tau$ 이다. i 는 포워딩체인의 현재 길이이다. 그러므로 $\mu_{ResetLS}$ 는 아래와 같다.

$$\mu_{ResetLS} = \frac{1}{(4\alpha + N_L\beta + i) \times \tau} \quad (4)$$

전후로 이동할 확률은 각각 P_f 와 P_b 로 정의한다. 이러한 확률은 네트워크 범위 모델과 이동 모델에 따른다. 본 논문에서는 PMIPv6 내에서 6방향의 네트워크 모델과 랜덤워크모델^[9]을 가정한다. 육각형 6방향 네트워크 모델에 대해서는 모든 MAG들이 여섯 개의 방향으로 직접적으로 인근 MAG들의 범위에 같은 무선 범위로 위치하고 있다고 가정한다. 또한 각 MAG의 여섯 개의 직접적으로 이웃된 구조의 PMIPv6 네트워크라 가정한다. 이러한 모델에서는 하나의 MN이 현재 MAG에서 이웃하는 MAG의 하나로 이동할 확률을 갖고 랜덤하게 이동할 수 있다. 즉, 그림 7에서처럼, P_f 와 P_b 는 아래와 같이 설명된다.

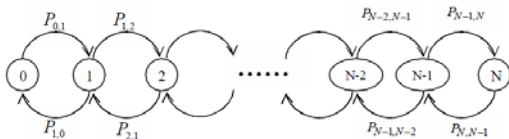


그림 7. 랜덤-워크모델에서의 상태 다이어그램
Fig. 7. State Diagram for the Random-walk Model

$$P_f = P_{r,r+1} = \begin{cases} 1-q & \text{if } r=0 \\ (1-q) \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{6r} \right) & \text{if } 1 \leq r \leq n \end{cases}$$

$$P_b = P_{r,r-1} = (1-q) \left(\frac{1}{3} - \frac{1}{6r} \right) \quad (5)$$

패킷도착률(λ_{pu} , λ_{pd} , λ_{pL})은 지속적인 시간의 비율이다. 패킷들은 지속적 세션이고, 이 비율은 세션도착률(λ_r , λ_L)과 세션 당 패킷의 평균 수(N_{pb} , N_{pL})에 의해 결정된다. 본 논문에서는 하나의 MN으로 향하는 세션 도착의 과정을 모델링하기 위해 $M/M/\infty$ 큐를 사용한다. MN의 지속적 세션의 평균 개수는 큐잉이론을 사용하여 계산할 수 있다. 특히, 하나의 $N_f(N_L)$ 으로 표시되는 MN의 지속적 인터넷(인트라넷)의 평균 수는 아래와 같이 계산된다.

$$N_f = \frac{\lambda_f}{\mu_f}$$

$$N_L = \frac{\lambda_L}{\mu_L}, \text{ with } \lambda_L = \frac{\lambda_f}{\gamma} \text{ and } \mu_L = \delta \times \mu_f \quad (6)$$

식(6)을 보면, 본 논문에서는 $\mu = \delta \times \mu_f$ 로 나타났다. 이는 큐잉 이론에 따르기 때문이며, 인터넷세션의 평균 지속시간/인트라넷의 평균 지속시간의 비율로 표시되는 δ 는 $\delta = \frac{1/\mu_f}{1/\mu_L} = \frac{\mu_L}{\mu_f}$ 로 정의된다. 인터넷세션의 실질적인 들어오고(Incoming), 나가는(Outgoing) 패킷의 도착률과 실질적 인트라넷세션의 패킷 도착률은 아래와 같이 계산된다.

$$\lambda_{pd} = N_{pI} \times N_f \times \lambda_f$$

$$\lambda_{pu} = \frac{\lambda_{pd}}{\zeta}$$

$$\lambda_{pL} = N_{pL} \times N_L \times \lambda_L \quad (7)$$

본 논문에서는 성능평가 및 분석을 위하여 시간 단위 당 발생한 전체 통신비용을 계산한다. 전체 통신비용은 핸드오프 및 업데이트 작업의 시그널링 전달 비용, 위치 검색 작업의 시그널링 전달 비용, 패킷전달 비용을 포함한다. 새로운 인트라넷세션이 MN으로 시작되면 정적앵커 기법의 경우, 위치 검색 작업의 시그널링 전달 비용이 발생된다. 동적앵커 기법의 경우, 위치 검색 작업의 시그널링 전달 비용은 MN가 현재 제공받는 MAG를 추적하

고 새로운 세션이 MN으로 시작되면 포워딩체인의 재설정을 위한 비용이 생긴다. 다음에서 본 논문에서는 각각 정적앵커 기법 및 동적앵커 기법을 계산하여 시간 단위마다 발생한 전체 통신비용을 대표하는 C_{static} 및 $C_{dynamic}$ 을 사용한다. $C_{location}$, C_{search} 및 $C_{transfer}$ 는 각각 핸드오프 동작 시그널링 전달 비용, 위치 검색 작동 시그널링 전달비용, 패킷을 전달하는 비용을 나타낸다. 아래 첨자인 " I "와 " L "은 인터넷과 인트라넷세션을 나타내고, " s "와 " d "는 각각 정적앵커 기법 및 동적앵커 기법을 나타낸다.

정적앵커 기법의 경우, 시간 단위 당 발생한 전체 통신비용은 아래와 같이 계산된다.

$$C_{static} = C_{location} \times \sigma + C_{search,L} \times \lambda_L + C_{transfer,I} \times \lambda_{pd} + C_{transfer,L} \times \lambda_{pL} \quad (8)$$

동적앵커 기법의 경우, 시간 단위 당 발생한 전체 통신비용은 아래와 같이 계산된다.

$$C_{dynamic} = C_{location} \times \sigma + C_{search,I} \times \lambda_I + C_{search,L} \times \lambda_L + C_{transfer,I} \times \lambda_{pd} + C_{transfer,L} \times \lambda_{pL} \quad (9)$$

PIMv6환경 안에서의 포인터 포워딩 기법은 C_{search} 값이 발생하지 않는다. 그렇지만, 이동감지의 지연이 발생한다. 이동성지원 프로토콜^[12]에서 요청받지 않은 RA를 더 자주 보낼 수 있도록 이동성을 지원하는 MAG는 더 작은 MinInt(Min-Rtr-Adv)값과 MaxInt(Max-Rtr-Adv)값으로 설정해야 한다고 제시하고 있다. 또한 좀 더 단순화하기 위해 MIPv6에서 이동감지 지연의 값을 요청하지 않은 RA 메시지의 평균값^[11]을 C_{find} 라고 가정한다면, 아래와 같이 계산할 수 있다.

$$C_{CEM-PF} = C_{location} \times \sigma + C_{transfer,I} \times \lambda_{pd} + C_{transfer,L} \times \lambda_{pL} + C_{find} \quad (10)$$

P_i 는 기본 마코프 체인이 현재 포워딩체인 길이 i 에서 발견되는 확률이라 정의한다. S 는 기본 마코프 체인의 상태 집합을 정의한다. 그렇다면 $C_{location}$ 은 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$C_{location} = \sum_S P_i C_{i,location} \quad (11)$$

여기서 $C_{i,location}$ 은 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$C_{i,location} = \begin{cases} 2\tau, & \text{if } 1 \leq i < K, \\ (\alpha + N_I\beta) \times \tau, & \text{if } i = K \end{cases} \quad (12)$$

지역 검색비용 C_{search} 은 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$C_{search} = \sum_S P_i C_{i,search} \quad (13)$$

여기서 $C_{i,search}$ 는 각각 $C_{i,search,s,L}$ 와 $C_{i,search,d,I}$ 혹은 $C_{i,search,d,L}$ 이다. $C_{i,search,s,L}$, $C_{i,search,d,I}$ 와 $C_{i,search,d,L}$ 를 계산하는 수식은 아래와 같이 나타낸다.

$$\begin{aligned} C_{i,search,s,L} &= 2\alpha\tau, \\ C_{i,search,d,I} &= (2\alpha + N_I\beta + i) \times \tau, \\ C_{i,search,d,L} &= (4\alpha + N_I\beta + i) \times \tau, \end{aligned} \quad (14)$$

패킷전달 비용 $C_{transfer}$ 은 아래와 같이 비슷한 방법으로 계산된다.

$$C_{transfer} = \sum_S P_i C_{i,transfer} \quad (15)$$

여기서 $C_{i,transfer}$ 는 각각 $C_{i,transfer,I}$ 혹은 $C_{i,transfer,L}$ 이다. $C_{i,transfer,I}$ 와 $C_{i,transfer,L}$ 는 아래와 같이 계산될 수 있다.

$$\begin{aligned} C_{i,transfer,I} &= (\alpha + i) \times \tau, \\ C_{i,transfer,L} &= (\beta + i) \times \tau, \end{aligned} \quad (16)$$

3. 수치분석 결과

이 절에서는 시간 단위 당 발생한 전체 통신비용의 측면에서 제안된 기법의 성능을 분석한다. 또한, 본 논문에서는 두 가지 기본적인 구조와 제안된 기법을 비교한다. 첫째 기법에서 포인터 포워딩은 사용되지 않는 경우는 MN의 모든 이동이 위치 업데이트 이벤트를 하는 것을 의미한다. 즉, 제안된 기법에서는 기본적으로 $K=0$ 값을 가지는 것과 같다. 두 번째 기법에서 포인터 포워딩은

이용하지만, 포워딩체인의 길이의 동일한 임계값(예, $K=4$)은 모든 MN에게 미리 설정된다. 표 4는 성능평가에 사용되는 매개변수와 그 기본 값을 나열한다. 사용 시간 단위는 초이며, 아래에 제시된 모든 비용은 $\tau=1$ 로 정규화된다.

표 4. 매개변수 값
Table 4. Parameter values

Parameter	Value	Parameter	Value	Parameter	Value
γ	10	δ	5	λ_I	$\frac{1}{600}$
μ_I	$\frac{1}{600}$	N_I	200	N_L	100
α	30	β	30	N	1000
τ	1	MinInt	7	MaxInt	30

그림 8은 다른 4개의 SMR 과 서로 다른 두 기법(동적, 정적)의 K 함수로 전체 통신비용을 보여준다. 그림에 나타난 바와 같이 두 기법은 전체 최소 통신비용의 결과인 최적 임계값 K 가 존재한다. 예를 들어, $SMR=1$ 일 때, K 는 정적앵커 기법에서 10일 때, 동적앵커 기법에서는 11일 때 최적값을 갖는다. 또 다른 분석에서는 SMR 이 증가함에 따라 두 기법의 전체 통신비용은 감소한다는 것이다. SMR 의 증가에 따라 이동성 비율이 감소한다. 위치 관리뿐만 아니라 전체 통신비용 감소에 의해 시그널링 전달 비용이 발생하기 때문이다.

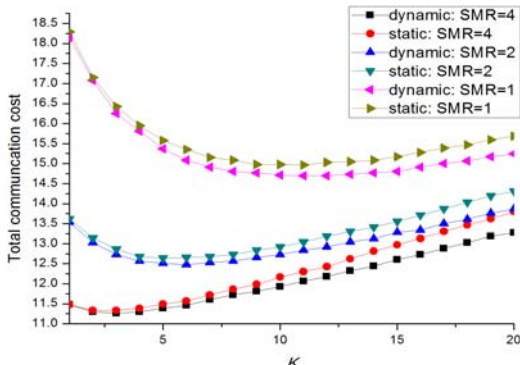


그림 8 K에 대한 전체 통신비용
Fig. 8. Total communication cost versus K

그림 8에 보여주는 것과 같이, 주어진 SMR 값에서 동적앵커 기법은 정적앵커 기법보다 항상 좋은 성능을 보여준다. 그러나 동적앵커 기법은 세션이 도착할 때 MN의 포워딩체인을 재설정해야 하는 추가적인 오버헤드가

발생할 것이며, 이는 세션 도착률이 상당히 높을 경우에는 추가 오버헤드가 이 장점을 상쇄할 것으로 예상된다. 이것은 $\lambda_I=1/30$ 과 $\lambda_L=1/30$ 인 SMR 의 동적과 정적앵커 기법 간의 비용 차이를 그림 9에서 보여준다.

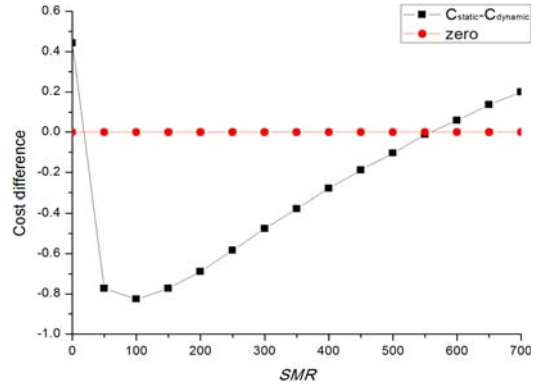


그림 9. SMR 에 대한 $C_{static} - C_{dynamic}$
Fig. 9. $C_{static} - C_{dynamic}$ versus SMR

그림 9에서 초기의 SMR 이 작은 경우, 동적앵커 기법은 정적앵커 기법보다 효율적으로 수행된다. 그러나 SMR 이 증가할수록, 정적앵커 기법이 동적앵커 기법보다 효율적으로 수행되는 교차점이 존재한다. SMR 이 상당히 큰 경우, 동적앵커 기법에서 새로운 세션도착으로 인해 포워딩체인을 다시 설정하는 이유로 MN의 AMAG는 MN이 현재 대부분을 연결된 MAG와 같게 설정된다. 따라서 패킷전송 비용은 크게 절감된다. 전체 통신비용은 시간 단위 측정을 분모로 취하므로, 심지어 작은 비용 차이의 측정 효과가 있기 때문에 지적할 만한 중요한 가치가 있다.

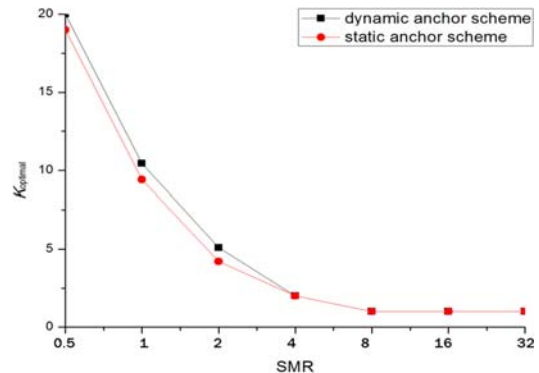


그림 10. SMR 에 대한 최적값 K
Fig. 10. Optimal K versus SMR

그림 10은 두 기법의 SMR함수에서 최적 임계값 K 를 보여준다. 두 기법에 대해 SMR 증가할 때 최적값 K 가 감소한다는 것을 볼 수 있다. SMR 증가한다는 것은 세션 도착률이 고정되어 있기 때문에 이동성 비율도 감소한다는 것이다. 따라서 짧은 포워딩체인은 서비스제공 비용을 줄이기 위해 유리한 것이다. 또한 동적앵커 기법에서 새로운 세션 도착 즉시 MN의 포워딩체인의 재설정으로 인해, 정적앵커 기법의 최적값 K 는 항상 동적앵커 기법의 최적값 K 보다 항상 작거나 같다는 것이다.

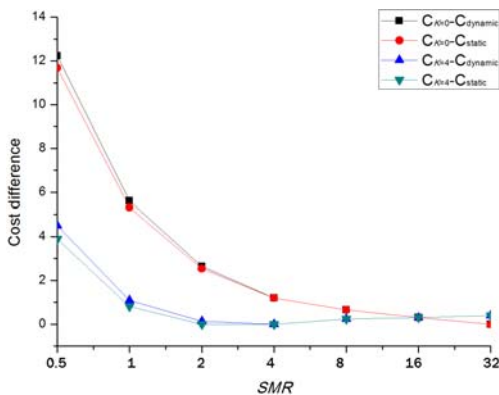


그림 11. SMR에 대한 비용차이
Fig. 11. Cost difference versus SMR

그림 11는 SMR의 함수로 전체 통신비용의 차이를 보여준다. 그림에서 $C_{K=4} - C_{dynamic}$ 은 동적앵커 기법과 모든 MN에 임계값 $K=4$ 가 적용된 전체 통신비용의 차이를 나타낸다. 최적 임계값 K 이하의 최저 전체 통신비용은 제안된 기법에 사용된다. 그림 11에서도 특징적으로 나타나듯이 SMR이 작을 때, 특히 제안된 기법은 훨씬 더 효율적으로 수행되는 것을 볼 수 있다. 비용차이가 감소할수록 SMR이 증가한다. 주어진 고정된 세션 도착률, 이동성 비율에 대하여 SMR이 증가할수록 위치 관리 비용의 감소하기 때문이다. 제안된 기법의 성능은 항상 우수하고, 비교분석한 결과는 사용자별 기준에 따른 포워딩체인 길이의 최적 임계값을 찾는 장점을 보여준다.

그림 12는 그림 7과 비교해서 볼 때, 제안한 CEM-PF를 동적앵커 기법과 비교분석한 것으로 항상 제안기법의 성능이 우수함을 보여준다. K 의 값이 증가되면서 완만한 곡선을 나타내고 있으며 보다 효율적인 전체 통신비용을 발생시킨다는 것을 알 수 있다.

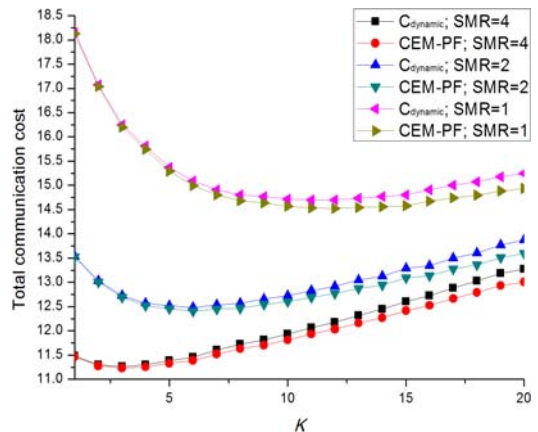


그림 12. K에 대한 전체 통신비용
Fig. 12. Total communication cost versus K

V. 결론

기존의 PMIPv6에서 MN에 전송되는 모든 데이터는 LMA와 MAG를 통해 전달된다. MN가 이동할 때 마다, MAG는 원거리에 위치한 LMA에 위치등록을 수행해야 하며, 이러한 위치등록 절차는 LMA에 부하를 증가시킬 뿐 아니라, 네트워크로 전달되는 전체 트래픽이 증가하게 된다. 또한, LMA와 MAG의 거리가 멀수록 위치등록 절차에 따른 지연은 더 길어지게 된다. 따라서 본 논문에서는 PMIPv6 네트워크에서 포인터 포워딩에 기반을 둔 비용효과적인 이동성관리 기법을 제안한다. 제안기법에서 MN가 최초 PMIPv6 도메인에 진입하였을 경우 기존의 PMIPv6와 동일하게 LMA에 위치등록 과정을 수행한다. 하지만, 이후 MN이 이동할 때마다 MAG는 원거리에 위치한 LMA에 등록하지 않고, 포인터 포워딩을 이용하여 근거리에 위치한 MAG에 등록함으로써 위치등록 비용은 감소할 수 있다. 수학적 비용 분석을 통하여 정적앵커 기법과 동적앵커 기법과의 성능분석을 수행하였고, 전체적인 비용측면에서 제안기법이 우수한 성능을 보여준다.

참고 문헌

[1] D. Johnson, C. E. Perkins, and J. Akko, "Mobility Support in IPv6", IETF RFC 3775, June 2004

- [2] S. Gundavelli, K. Leung, V. Devarapalli, K. Chowdhury, and B. Patil, "Proxy Mobile IPv6", IETF RFC 5213, Aug 2008
- [3] R. Jain, Yi-Bing Lin, C. Lo, and S. Mohan, "A forwarding strategy to reduce network impacts of PCS", Fourteenth Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies, Vol.1, pp.481~489, 1995
- [4] J. Ho and F. Akyildiz, "Local anchor scheme for reducing signaling costs in personal communications networks", IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol.4, pp.709~725, Oct 1996
- [5] W. Ma and Y. Fang, "Two-level pointer forwarding strategy for location management in PCS networks", IEEE Transactions on Mobile Computing, vol.1, pp.32~45, Jan~Mar 2002
- [6] Yuguang Fang, "A pointer forwarding based local anchoring (POFLA) scheme for wireless networks", IEEE, Vol.54, pp.1135~1146, May 2005
- [7] N. Nandiraju, L. Santhanam, B. He, J. Wang, and D. Agrawal, "Wireless Mesh Networks: Current Challenges and Future Directions of Web-in-the-Sky", IEEE Wireless Comm., Vol.14, no.4, pp.79~89, Aug 2007
- [8] C. Hirel, B. Tuffin, and K.S. Trivedi, "SPNP: Stochastic Petri Nets, Version 6.0", TOOLS '00 Proceedings of the 11th International Conference on Computer Performance Evaluation: Modelling Techniques and Tools, pp.354~357, Mar 2000
- [9] Li Jun Zang and Samuel Pierre "Evaluating the Performance of Fast Handover for Hierarchical MIPv6 Cellual networks", Journal of Networks, Vol.3, NO.6, June 2008
- [10] R. Jain and Y. Lin, "An Auxiliary User Location Strategy Employing Forwarding Pointers to Reduce Network Impacts of PCS", Wireless Networks, Vol.1, No.2, pp.197~210, 1995.
- [11] Ki-Sik Kong, Wonjun Lee, Youn-Hee Han, Myung-Ki Shin, and Heung-Ryeol You, "Mobility management for All-IP mobile networks: Mobile IPv6 vs. proxy mobile IPv6", IEEE Wireless Communications, Vol.15(2), pp.36~45, 2008
- [12] C. Perkins, D. Johnson, "Mobility(NEMO) Basic Support Protocol", RFC 3963, 2005
- [13] Jongpil Jeong, Myungsu Kil, Seunghyun Lee, "Performance Analysis of Integrated HIP-PMIPv6 with Multicasting Handoff Scheme in Mobile Vehicular Networks", KIPS, Vol.18, No.6, pp.405~412, Dec, 2011
- [14] Jongpil Jeong, Hyunsuk Chae, "Security Analysis and Implementation of Fast Inter-LMA domain Handover Scheme in Proxy Mobile IPv6 Networks", KIPS, Vol.19, No.2, pp.99~118, April, 2012
- [15] Soonghwan Ro, Jinkyu Choe, "A Study on Inter-Domain Support in Proxy Mobile IPv6", KIIT, Vol. 10, No.2
- [16] Chanhong Park, Hyeonkyeong Seong, "MIP-RA was used to transform the packet in HMIPv6 and MIH environment Efficient Handover", KAIS, Vol. 1, pp.251~254, 2011

※ 이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(2011-0027030) 교신처자 : 정종필

저자 소개

박 승 윤(준회원)



- 2008년 : 광운대학교 수학과(학사)
 - 2011년 ~ 현재 : 성균관대학교 정보통신대학원 재학(석사)
- <주관심분야 : 모바일네트워크>

정 중 필(정회원)



- 2008년 : 성균관대학교 정보통신대학(공학박사)
 - 2009년 : 성균관대학교 컨버전스연구소 연구교수
 - 2010년 ~ 현재 : 성균관대학교 산학협력단 산학협력중점교수
- <주관심분야 : 모바일컴퓨팅, 센서 이동성, 차량 모바일 네트워크, 스마트기기 보안, 네트워크 보안, IT융합, 인터랙션사이언스 등>