

전술망을 위한 분산 이동성 관리 기법

김 용 신*, 선 경 재*, 김 영 한^o

Distributed Mobility Management Scheme for the Tactical Network

Yongsin Kim*, Kyoungjae Sun*, Younghan Kim^o

요 약

기존의 중앙 집중식 이동성 관리 방식은 홈 네트워크에 위치한 이동성 앵커에 모든 데이터 및 제어가 집중되므로 단일 오류 문제, 병목 구간 발생 등의 문제가 있다. 최근 단말의 이동성을 분산된 이동성 앵커들에 의해 제공하기 위한 방안으로 분산 이동성 관리 방식들이 연구 중이다. 현재 제안된 분산 이동성 관리 방식들은 이동성 앵커의 장애가 발생하는 경우에 대해서는 고려하지 않고 있으나 전술망에서는 이동성 앵커의 이동, 정비, 장애 등으로 서비스가 중단되는 상황이 발생할 수 있다. 본 논문에서는 앵커 장애 발생 시에도 핸드오버가 가능한 새로운 전술 분산 이동성 관리 기법을 제안하였다. 시그널링 비용 및 핸드오버 지연시간의 수학적 분석을 통해 제안한 기법의 성능을 검증하였다.

Key Words : distributed mobility management, tactical network, mobility anchor failure, binding update, handover

ABSTRACT

In the conventional centralized mobility management schemes, it can lead to single points of failure, occurrence of a bottleneck, since all data and control are concentrated on the mobility anchor which is located in home network. In the current research of distributed mobility management, it is doing research into distributed mobility management which is supported by distributed mobility anchors. Such schemes do not consider a failure of the mobility anchor. However, it could be an issue under tactical environment since it occur non-service problem due to anchor movement, maintenance, failure, etc. In this paper, we proposed new DMM scheme named T-DMM(Tactical-Distributed Mobility Management) which can support handover even if mobility anchor breaks down. From the numerical analysis, we evaluate signaling cost and handover latency.

I. 서 론

단말의 이동성을 지원하기 위해 표준으로 제시된 MIP(Mobile IP)^[1], PMIP(Proxy Mobile IP)^[2]은 중앙

집중형 이동성 관리 기법으로써 HA(Home Agent)/LMA(Local Mobility Anchor)와 같은 중앙 집중형 장비에 의존하므로 다음과 같은 문제가 있다. 패킷들이 먼저 HA/LMA로 전달된 후 터널링을 통해 현재

※ 본 연구는 숭실대학교 지원으로 수행되었음.

♦ First Author : Agency for Defense Development, dragon@add.re.kr, 정희원

o Corresponding Author : Soongsil University Department of Electronic Engineering, younghak@ssu.ac.kr, 종신희원

* Soongsil University Department of Electronic Engineering, gomjae@ssu.ac.kr, 학생희원

논문번호 : KICS2014-03-311, Received August 19, 2014; Revised November 3, 2014; Accepted November 3, 2014

접속 위치로 보내지므로 병목 현상이 발생할 수 있고, 트래픽 집중화로 최적 경로 선택이 불가능하여 전송 지연이 증가할 수 있으며, HA/LMA 고장 발생 시 관리되는 모든 단말들의 통신이 불가능하다^{13,41}. 따라서 최근 DMM (Distributed Mobility Management) WG(Working Group)에서는 이동성 관리를 분산형으로 할 수 있는 다양한 DMM 기법들이 논의되고 있으며 표준화가 완료되면 전술 환경에도 적용될 것으로 기대된다. 그러나 현재까지 제안된 기법들은 상용 환경에 초점을 맞추었으므로 이동성 앵커의 장애로 인한 핸드오버를 고려하지 않고 있기 때문에 전술망과 같이 앵커들의 상태 변화가 존재하는 환경에서는 성능 저하가 발생할 수 있다.

그림 1은 전술망에서의 이동성 예를 보여준다. 노드는 무선 링크를 제공하는 무선 전송 장비와 패킷 라우팅을 제공하는 라우터, 지휘관을 위한 이동기지국 등으로 구성되며 이동단말은 이동기지국을 통해 접속된다⁵¹. 정상적인 이동으로 이동단말이 노드1에서 노드2로 이동하는 경우 기존에 제안된 DMM 기법들을 이용하여 핸드오버가 가능하다. 그러나 노드1의 장애로 인해 핸드오버가 발생되면 이동단말의 이전 주소로 전달 중이던 패킷들은 전달될 수 없으며 새롭게 할당받은 IP 주소를 통한 서비스만 가능하다. 즉, 노드1에 이동단말이 노드2로 이동했음을 알리고 터널링을 통해 서비스 중이던 패킷들이 전달되어야 하나 노드1이 정상 동작하지 않으므로 해당 subnet에 속한 단말들로 향하는 트래픽들은 모두 폐기될 것이다. 이들 트래픽을 성공적으로 전달하기 위해서는 전달 경로상의 가용 노드인 노드3에서 노드2로 터널링을 통해 패킷들을 전달해줄 수 있는 방법이 필요하다.

플로우 기반 핸드오버 기법은 이동 단말이 새로운 앵커에 접속할 때 HA와 바인딩 정보 갱신 시간동안 빠른 핸드오버를 지원하기 위해 제안된 기법이다. 일

시적인 터널링 기능을 제공하는 FFHMIPv6 (Flow-based Fast Handover Mobile IPv6)⁶¹, 경로 최적화 기능이 추가된 NFFHMIPv6(New FFHMIPv6)⁷¹, QoS(Quality of Service)별 핸드오버 방식을 달리하는 MFAN(Mobile Flow-Aware Network)⁸¹ 등이 제안되었다. 이들 기법들은 MN이 HA로 보내는 바인딩 업데이트 메시지를 이전 경로와 새로운 경로와 중첩되는 라우터인 CR(Crossover Router)이 이용하여 새로운 앵커와 터널링을 통해 바인딩 업데이트 완료 전에 핸드오버를 가능하도록 지원한다. 분산 이동성 관리 환경에서는 단말이 커진후 최초 접속되는 앵커가 HA가 되므로 경로 최적화 문제나, 핸드오버 시간문제가 발생되지 않지만 CR이 일시적으로 터널링을 제공할 수 있는 플로우 기반 핸드오버 기법을 응용하면 이전 앵커 장애 발생 시 경로를 우회할 수 있을 것이다. 단, 신규 앵커와 터널링을 제공해줄 라우터를 선택하기 위해 MN이 HA로 보내는 바인딩 업데이트 메시지가 사용될 수 없으므로 별도의 메시지와 판정 알고리즘이 필요할 것이다.

본 논문에서는 제안중인 분산 이동성 관리 방안들을 전술망에 적용 시 성능 제한 요인을 살펴보고, 앵커 장애 발생 시에도 핸드오버가 가능한 전술 분산 이동성 관리 기법을 적용할 것을 제안하였다.

논문의 구성은 다음과 같다. 2 절에서는 분산 이동성 관리를 위한 기존의 연구들을 서술하고, 3 절에서는 제안된 전술환경을 위한 분산 이동성 관리 기법을 설명한다. 4 절에서는 분석을 통해 제안된 기법에 대한 성능 평가를 수행하고, 5 절에서 결론을 맺는다.

II. 관련 연구

현재 DMM WG에서 논의 중인 PMIP 기반 분산 이동성 관리 방안들은 다음과 같다. C. J. Bernardos⁹¹는 앵커들간 바인딩 업데이트를 수행하는 분산 이동성 관리 방안을 제안하였다. 그림 2에서 D-GW(Distributed GateWay)는 MAG(Mobile Access Gateway)와 LMA (Local Mobility Anchor) 기능을 모두 수행하는 이동성 관리 장비이다. 단말이 최초 접속할 때 D-GW1로부터 HoA(Home Address)를 할당받아서 CN (Correspondent Node)과 flow1 세션으로 통신하다가 MN(Mobile Node)이 이동하여 D-GW2에 접속하면 D-GW2로부터 새로운 HoA를 할당받는다. 이때 D-GW2가 MN이 접속되어있던 D-GW1에게 PBU (Proxy Binding Update) 메시지를 보내어 기존에 진행 중이던 flow1의 패킷이 전달될 수 있도록 한다. 새

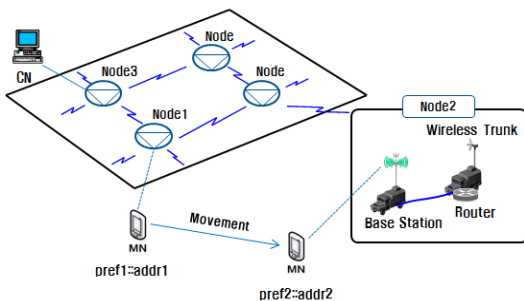


그림 1. 전술망에서의 이동성 제공
Fig. 1. Mobility support for tactical network

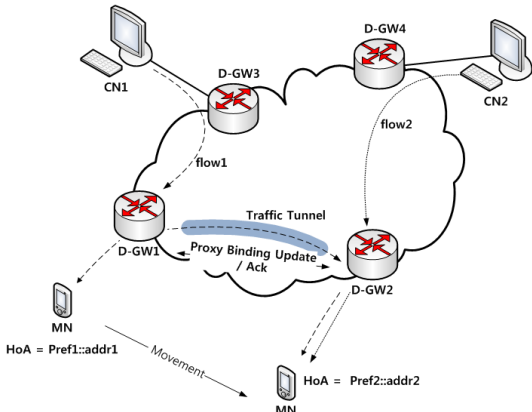


그림 2. 앵커들간 바인딩 업데이트를 통한 분산 이동성 관리
Fig. 2. DMM using binding updates between Anchors.

로 할당받은 HoA는 flow2와 같이 새로운 세션을 위해서 사용한다. D-GW2가 MN이 전에 접속되어 있던 D-GW1에 대한 정보를 얻는 방법에 대해서는 중앙 집중형 저장소를 사용하거나 MN이 핸드오버 수행 시 D-GW2에게 알려주는 방법이 가능하다고 언급되어 있으나 구체적인 방법은 제시하지 않았다.

F. Giust^[10]는 DMA(Distributed Mobility Anchoring)^[11]의 중앙 이동성 관리 절차를 구체화한 부분 분산 이동성 관리 기법을 제안하였다. 그림 3에서 MAAR(Mobility Anchor and Access Router)은 CMD(Central Mobility Database)를 활용하여 MAAR간 바인딩 정보를 관리한다. MN이 MAAR에 접속할 때마다 CMD에 등록된다. 따라서, MN이 MAAR2로 이동하면 CMD는 해당 MN이 이전에 접속되었던 MAAR1에 대한 정보를 알고 있으므로 MAAR1과 MAAR2간 터널링 설정이 가능하다.

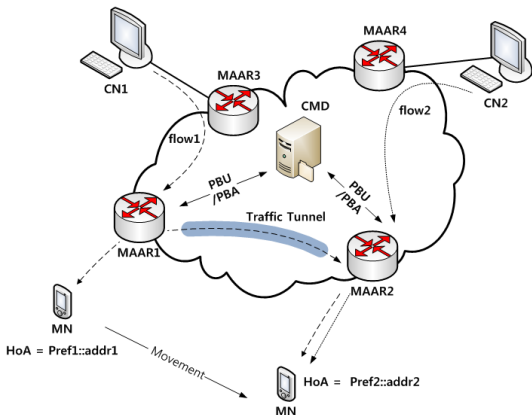


그림 3. CMD를 사용하는 부분 분산 이동성 관리
Fig. 3. Partially DMM using CMD

Jaehwoon^[9]은 MN이 이동하더라도 IP 주소가 바뀌지 않는 완전 분산 이동성 관리 기법을 제안하였다. 그림 4에서 MN은 최초 접속시 DHCP를 통해 HoA를 설정한다. MAG2로 이동할 때 subnet은 다르지만 광고되는 Prefix가 동일하므로 기존 HoA를 그대로 사용한다. MAG2는 서브넷이 다른 MN을 감지하고 DPBU(Distributed Proxy Binding Update) 메시지를 MN을 목적지하여 전송하면 MAG1이 이를 수신하게 되고, MAG1은 해당 정보를 이용하여 터널링을 구성한다. flow1 뿐만 아니라 신규로 발생하는 세션들의 패킷들도 MAG1을 경유하여 전달된다. 한편, Won-Kyeong^[13]과 Jin Sook^[14]은 이동성 앵커들간 BCE(Binding Cache Entry) 정보를 동기화하거나 핸드오버 메시지 교환을 통한 완전 분산 이동성 관리 방식을 제안하였다.

현재 제안된 방법들은 이전 앵커가 이동 단말의 홈 에이전트 역할을 수행하기 때문에 핸드오버 발생 시 이전 앵커에게 현재 바인딩 정보를 알려줘야 진행 중인 세션에 대한 전달이 가능함을 알 수 있다. 전술 환경에서는 앵커들이 이동, 정비, 장애등의 이유로 서비스를 중단하는 경우가 발생할 수 있다. 따라서, 앵커의 장애 시에도 핸드오버가 가능한 전술 환경을 위한 분산 이동성 관리 기법을 제안하였다.

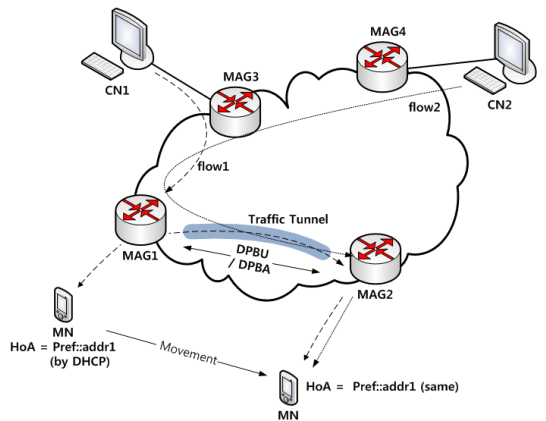


그림 4. 동일 홈 주소를 사용하는 완전 분산 이동성 관리
Fig. 4. Fully DMM using same HoA

III. 전술 환경을 위한 분산 이동성 관리

제안하는 T-DMM(Tactical-Distributed Mobility Management)은 전술망에서 이동단말이 접속 중인 이동성 앵커가 서비스를 중단하여 신규 앵커에 접속하는 경우에도 핸드오버를 제공할 수 있는 방안이다. 그

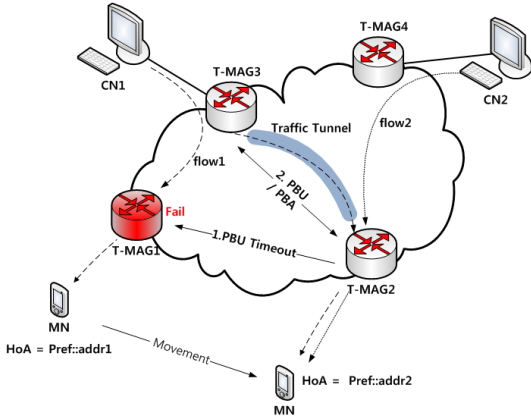


그림 5. T-DMM 개념도
Fig. 5. The concept of T-DMM

림 5는 T-DMM 방식의 개념을 보여준다. 기존에 제안된 분산 이동성 관리 방안들에서는 MN이 최초 할당받은 HoA에 대해서 T-MAG1이 HA 역할을 수행하므로 T-MAG1에서 장애가 발생하면 서비스 중인 flow1에 대한 핸드오버가 불가능하므로 전송 중인 패킷들이 T-MAG3에서 경로를 찾을 수 없으므로 폐기된다. T-DMM에서는 MN이 T-MAG1의 장애로 인해 T-MAG2로 이동할 때 T-MAG2는 해당 MN이 서비스 중인 flow1에 대한 핸드오버를 수행해줄 T-MAG3를 찾아서 PBU를 전송한다. 이때 PBU를 수신한 T-MAG3는 T-MAG2와 터널링을 통하여 flow1

에 대한 패킷들을 전달해준다.

그림 6은 정상적인 상황에서 T-DMM의 핸드오버 절차를 보여준다. 핸드오버가 정상적으로 진행된다면 기존에 제안된 DMA^[10]와 동일하게 동작한다. MN이 이동하여 새로운 앵커인 T-MAG2에 접속하면 새로운 HoA를 받는다. T-MAG2는 MN의 이전 앵커인 T-MAG1에게 바인딩 갱신 메시지를 교환하고 이후 기존 절차대로 터널링을 통해 핸드오버를 수행한다.

만약 MN의 이전 앵커인 T-MAG1로 보낸 PBU 메시지에 대한 응답이 오지 않으면 신규 앵커 T-MAG2는 이전 앵커에 장애가 발생한 것으로 간주하여 가능한 앵커를 찾아 바인딩 절차를 수행한다. 신규 앵커 T-MAG2는 MN이 이전 HoA 주소를 사용해서 보내는 패킷에서 목적지 주소(CN1의 IP 주소)를 추출한 후 해당 IP 주소를 목적지 주소로 PBU 메시지를 전송한다. 수신된 PBU 메시지는 앵커들에 의해 그림 7과 같은 절차로 처리된다. CN이 동일 영역에 존재하는 경우 직접 접속되어 있는 앵커로 해당 PBU 메시지가 전달되며 CN이 다른 영역에 존재하는 경우 PBU 메시지는 ABR(Area Border Router) 등 경계 라우터 역할을 하는 앵커에게 전달된다. 이를 수신한 앵커는 수신된 정보에 의해 BCE를 생성하고 PBA 메시지를 신규 앵커에게 전달하여 터널링을 설정한다. 만약, 전송 환경에 의해 일시적으로 링크가 불안정하여 이전 앵커인 T-MAG1가 정상 동작중이나 PBU 메시

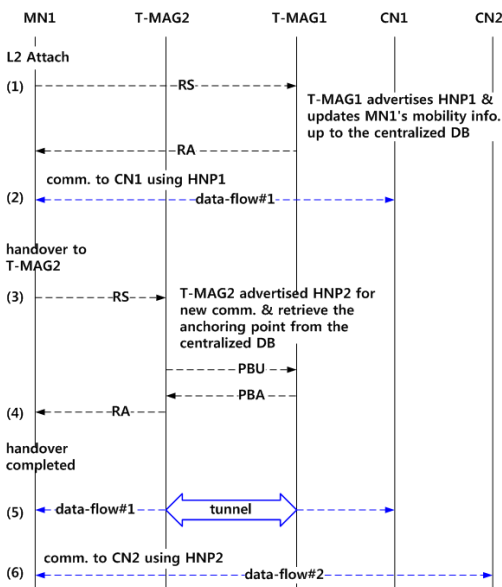


그림 6. 정상적인 핸드오버 상황에서의 T-DMM 동작 절차
Fig. 6. T-DMM procedure for normal handover

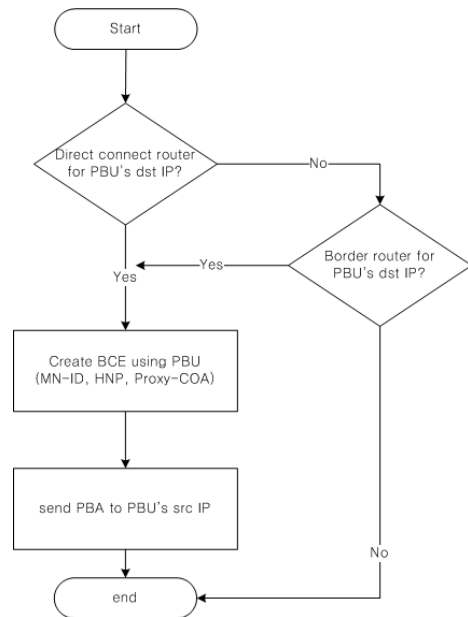


그림 7. T-DMM에서 PBU 메시지 처리 절차
Fig. 7. PBU message handling procedure in T-DMM

지가 도달하지 못한 경우에도 T-DMM은 안정적으로 동작된다. 가용 앵커를 찾기 위해 CN을 목적지로 PBU 메시지를 전송하기 때문에 CN과 직접 접속되어 있거나 가장 가까운 이동성 앵커가 가용 앵커로 선정된다. 가용 앵커에서 신규 앵커로 터널링을 수행하므로 T-MAG1의 동작 여부와 무관하게 핸드오버가 수행된다. 단, 가용 앵커 선택 단계에서 이전 앵커인 T-MAG1가 정상이고 CN과 가장 가까운 이동성 앵커 라면 T-MAG1이 가용 앵커로 선정된다. 핸드오버 절차가 완료된 후 T-MAG1이 장애로부터 복구되면 T-MAG1은 CDB를 통해 MN이 T-MAG2로 이동한 사실을 인지하게 된다.

IV. 분석

제안하는 T-DMM의 성능을 비교하기 위한 일반적인 절차에서의 확장 모델으로써 모든 이동성 앵커들과 바인딩 메시지들을 교환하는 방식을 정의하였으며, 이를 통해 이동성 지원을 위한 준비 과정에 대한 시그널링 처리 비용 및 핸드오버 과정에서의 지연시간을 비교 분석한다. 전체 메시지 교환 방식은 신규 앵커 T-MAG2가 동일 그룹 내의 모든 T-MAG들에게 PBU 메시지를 전송한다. 이때 모든 T-MAG들은 동일한 멀티캐스트 그룹에 가입되어 있다고 가정한다. PBU 메시지를 수신한 T-MAG들은 모두 BCE를 생성하고 PBA 메시지를 신규 앵커에게 전달하여 터널링을 설정한다. 그림 8에서 T-DMM과 전체 메시지 교환 방식의 핸드오버 절차를 비교하여 보여준다.

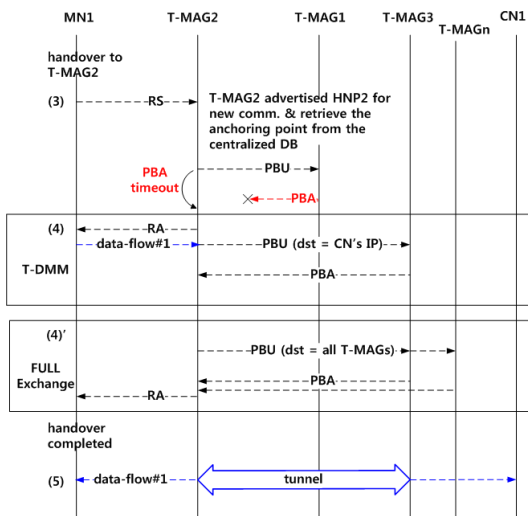


그림 8. T-DMM과 전체 메시지 교환 방식과의 절차 비교
Fig. 8. T-DMM and Full exchange scheme

4.1 시그널링 비용 분석

그림 9는 본 논문에서 제안하는 T-DMM의 성능을 분석하기 위한 모델으로써, MN 및 CN은 T-DMM 도메인 내에 위치하고 있으며, 도메인 내 이동성 앵커들은 일정한 거리를 두고 분산되어 있다고 가정한다. 본 논문에서의 정량적인 분석은 단말의 이동 시 핸드오버 절차에 대한 시그널링 메시지 교환에 따른 비용을 계산하였으며, Jaehwoon^[12]이 수행한 분석 방법을 인용하였다. PMIP기반의 분산형 네트워크 구조를 분석하였고 이에 따라 네트워크 요소 간 차등적인 기능을 가정하고 있으나, T-DMM의 성능 분석을 위해 이동성 앵커간의 거리 및 프로세싱 비용은 동일한 것으로 간주하였다. 분석을 위한 네트워크 모델에서의 각 변수들의 정의는 표 1과 같다.

전체 메시지 교환 방식에서, 핸드오버 시 기존 MAG의 장애로 인해 일정시간동안 응답이 오지 않을 경우에 새로 접속한 MAG는 네트워크 내 모든 MAG

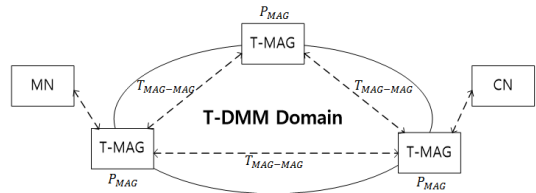


그림 9. 분석을 위한 네트워크 모델
Fig. 9. Network model for analysis

표 1. 비용 분석을 위한 변수 정의
Table 1. Parameters used for cost analysis

variable	definition
T_{a-b}	Transmission cost of a packet between nodes a and b
T_{setup}	Setup time of DMM connection between MN and MAG
T_{wait}	Waiting time for timeout of PBU message
P_c	Processing cost of node c for binding update or lookup
N_{HOST}	Number of active hosts per MAG
N_{MAG}	Number of MAGs in the domain
H_{a-b}	Hop count between nodes a and b in the network
$S_{control}$	Size of a control packet (in byte)
α	Unit cost of binding update at MAG
β	Unit cost of lookup for MN at MAG
τ	Unit transmission cost of a packet per wired link

에게 PBU 메시지를 전송한다. 이를 수신한 네트워크 내 모든 MAG는 MN의 정보에 대한 테이블 검색 수행 및 바인딩 업데이트 과정을 함께 수행하게 된다. 이에 따른 시그널링 처리 비용(SSC : Signaling Control Cost)을 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 SCC_{Full} &= T_{setup} + T_{unit} + S_{control} \cdot T_{MAG-MAG} \cdot 2N_{MAG} \\
 &\quad + N_{MAG} \cdot P_{MAG} \\
 &= T_{setup} + T_{unit} + S_{control} \cdot \tau H_{MAG-MAG} \cdot 2N_{MAG} \\
 &\quad + N_{MAG} \cdot (\alpha + \beta) \log(N_{Host})
 \end{aligned}$$

제안하는 T-DMM 방식에서, 핸드오버 중 기존 MAG의 장애로 인한 응답이 오지 않을 경우 새로 접속한 MAG는 CN의 주소를 추출하여 해당 주소로 패킷을 전송한다. 이 때 CN이 접속한 MAG에서만 바인딩 업데이트 절차를 수행하게 되므로, 이에 따른 시그널링 처리 비용을 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 SSC_{T-DMM} &= T_{setup} + T_{unit} + S_{control} \times 3T_{MAG-MAG} + 3P_{MAG} \\
 &= T_{setup} + T_{unit} + S_{control} \times 3\tau H_{MAG-MAG} \\
 &\quad + 3(\alpha + \beta) \log(N_{HOST})
 \end{aligned}$$

4.2 핸드오버 지연시간 분석

핸드오버 지연은 단말이 이동하여 새로운 MAR에 접속할 때부터 CN으로부터 처음 데이터 패킷을 수신할 때까지로 가정한다^[16,17]. 그림 10은 일반적인 DMM, 본 논문에서 제안하는 T-DMM 방식 및 성능 비교를 위한 전체 메시지 교환 방식에 대한 단계별 지연 시간을 다이어그램으로 나타낸 것이고, 표 2에서는 다이어그램 상에 표현된 변수들의 정의를 나타내었다. 장애가 없는 일반적인 DMM 환경에서의 핸드오버 지연시간 $L_{HO}^{(DMM)}$ 은 다음과 같다.

$$L_{HO}^{(DMM)} = T_{L2} + T_{AU} + T_{WRS} + T_{MD} + T_{DAD} + T_{PBU} + T_P^{(DMM)}$$

T_{MD} 는 단말의 이동을 감지하는 과정으로, RS/RA

표 2. 핸드오버 지연 분석을 위한 추가적인 변수 정의
Table 2. Additional parameters used for analyzing handover latency

variable	definition
S_{PBU}, S_{PBA}	The size of the PBU/PBA message
S_{RS}, S_{RA}	The size of the RS/RA message
S_T	The size of the tunneling header for an address bound to the MN
S_D	The size of the data packet
p_f	The wireless link failure probability
T_{L2}, T_{AU}	The link-layer handover/authentication latency
T_{WRS}	The random delay for sending an initial RS message by the MN
T_{MD}	The delay required for the movement detection process
T_{DAD}	The delay required for performing DAD process
T_P	The arrival delay of the first packet from the previous/correspondant MAG

교환 과정을 포함하기 때문에, 다음 식으로 표현이 가능하다.

$$T_{MD} = T_{RS} + T_{RA}$$

RS 및 RA 메시지에 대한 지연 시간은 단말과 MAG 사이의 거리와 무선 링크 실패 확률 및 RS/RA 메시지의 크기에 영향을 받으며, 다음 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$T_{RS} = H_{MN-MAG}(S_{RS}) + p_f H_{MN-MAG}(S_{RS}) / (1 - p_f)$$

$$T_{RA} = H_{MN-MAG}(S_{RA}) + p_f H_{MN-MAG}(S_{RA}) / (1 - p_f)$$

단말의 인증 후, 기존의 MAG으로 바인딩 업데이트를 보내고, 이를 수신한 MAG에서는 PBA 메시지를 보낼과 동시에 단말에게 데이터 패킷을 보내는 것으로 간주한다. 따라서, 네트워크 내 MAG간의 메시

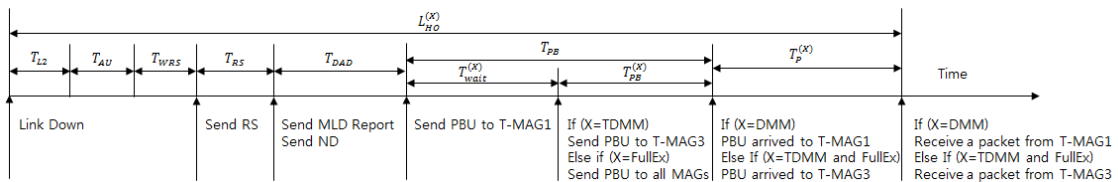


Fig. 10. Handover timing Diagram
그림 10. 핸드오버 처리시간 다이어그램

지 교환을 통한 단말 이동성 지원에 소요되는 지연시간은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$T_{PBU} + T_P^{(DMM)} = T_{PBU} + \max(T_{PBA}, T_P^{(DMM)})$$

바인딩 업데이트를 위한 지연시간 T_{PBU} 는 다음과 같이 정의된다.

$$T_{PBU} = H_{MAG-MAG}(S_{PBU})$$

PBA 메시지 및 데이터 패킷 전달에 소요되는 지연시간 $T_P^{(DMM)}$ 은 데이터 전달에 소요되는 지연시간이 더 크므로, MAG간의 거리 및 터널헤더와 데이터패킷의 크기에 따라 다음과 같이 정의된다.

$$T_P^{(DMM)} = H_{MAG-MAG}(S_T + S_D)$$

다음으로 제안한 기법인 T-DMM상에서의 핸드오버 지연시간은 다음과 같다. 제안하는 기법에서는, 기존의 방식에 비해 T_{PBU} 이후에 앵커의 장애로 인한 대기 지연시간 $T_{wait}^{(TDMM)}$ 이 추가적으로 발생하며, 이를 제외한 과정에서의 모든 값은 일반적인 DMM의 값과 동일하다.

$$L_{HO}^{(TDMM)} = T_{L2} + T_{AU} + T_{WRS} + T_{MD} + T_{DAD} + T_{PBU}^{(TDMM)} + T_{wait}^{(TDMM)} + T_{PBU}^{(TDMM)} + T_P^{(TDMM)}$$

마지막으로, 성능 비교를 위한 전체 메시지 교환 방식의 핸드오버 지연시간은 다음과 같다. 전체 메시지 교환 방식에 있어서, 장애 발생 시 새로 접속한 MAG에서는 도메인 내 모든 MAG에게 동시에 PBU 메시지를 전송하기 때문에 지연시간은 제안한 TDMM과 동일하다.

$$L_{HO}^{(FullEx)} = T_{L2} + T_{AU} + T_{WRS} + T_{MD} + T_{DAD} + T_{PBU}^{(FullEx)} + T_{wait}^{(FullEx)} + T_{PBU}^{(FullEx)} + T_P^{(FullEx)}$$

4.3 분석 결과

앞서 도출한 시그널링 처리 비용 및 핸드오버 지연시간 수식을 바탕으로, 제안하는 방식의 성능을 정량적으로 분석하였다. 각 변수에 대한 기본 값은 표 2와 같이 설정하였다. 바인딩 업데이트 메시지에 대한 대기시간 T_{wait} 은 일반적인 ARP 응답 대기시간을 고려하여 1초로 설정하였다.

표 3. 분석을 위한 변수들의 기본 값
Table 3. Parameter values used for analysis

Parameter	Default Value
T_{setup}	10
T_{wait}	1000
$S_{control}$	50
$H_{MAG-MAG}$	5
N_{MAG}	20
α	3
β	1
τ	1
T_{L2}	45.32
T_{AU}	550
T_{WRS}	[0, 1000]
H_{MN-MAG}	1
S_{RA}, S_{RS}	80, 50
S_{PBU}, S_{PBA}	76
S_T, S_D	40, 1000
p_f	[0.1, 0.7]

그림 11은 이동성 수행 시 이동성 앵커간의 거리인 $H_{MAG-MAG}$ 및 도메인 내 이동성 앵커의 수 N_{MAG} 의 변화에 따른 시그널링 처리 비용에 대한 결과를 나타낸다. 제안한 T-DMM과 함께 전체 메시지 교환 방식(FULL Exchange)과 그림 6의 장애를 고려하지 않은 일반적인 DMM 절차(DMM)의 시그널링 처리 비용을 함께 나타내어 성능을 비교하였다. (a)와 (b) 모두에서 기존의 앵커의 장애 시에 모든 MAG로부터 바인딩 업데이트 과정을 진행하는 전체 메시지 교환방식은 이동성 앵커의 수 및 앵커간의 거리가 증가함에 따라 지속적으로 시그널 처리 비용이 증가하는 것에 비해, 제안하는 T-DMM 방식은 CN의 주소를 통해 특정 앵커와 바인딩 메시지를 교환하기 때문에 일정한 비용이 발생하는 것을 확인할 수 있다. 또한, 장애를 고려하지 않은 일반적인 DMM 방식과 제안한 방식을 비교하였을 때 제안하는 방식에이 장애 앵커에 대한 메시지 대기 시간 및 이에 따른 프로세싱 비용이 추가적으로 발생하였으나, 그 차이가 미미한 것으로 나타났다.

그림 12는 앵커 장애로 인한 지연시간 및 MAG간의 거리의 증가에 따른 총 핸드오버 지연시간을 그래프로 비교한 것이다. MAG간의 흡수에 따른 지연시간의 차이는 앵커 장애가 없는 환경에서와 크게 차이가 나지는 않았으나, 앵커 장애 시 이를 감지하고 PBU를

V. 결론

본 논문에서는 전술 망에 적합한 분산 이동성 관리 기법을 제안하였다. 제안하는 방식은 이동성 수행 시 앵커의 장애로 인해 바인딩 업데이트 과정을 수행하지 못할 경우 신규 접속 앵커에서 이동 단말의 패킷을 통해 상대 노드의 주소를 추출하여 직접 업데이트를 진행함으로써 이동성을 지원할 수 있도록 하였다.

수학적 분석을 통해, 도메인 내에 이동성 앵커의 수가 증가하거나 앵커간의 거리가 증가함에 따른 핸드오버 시에 단말의 이동성 지원을 위한 시그널링 처리 비용을 나타내었고, 장애 발생 시 대기시간 및 앵커간의 거리에 따른 핸드오버 지연시간을 분석하였다. 그 결과 기존의 연구들을 바탕으로 한 전체 메시지 교환방식에 비해, 본 논문에서 제안하는 T-DMM 절차에서의 시그널링 처리 비용이 낮게 나타났으며, 지연시간에 있어서는 장애 시 PBU를 재전송하기까지의 대기시간에 비례하여 기존 방식보다 핸드오버가 느려짐을 보였다. 이는 비교한 방식에 비해 시그널링 수 및 형성하는 터널의 수의 차이로 인한 것으로, 제안하는 방식이 네트워크 내 부하를 줄이는데 더 효율적이라는 것을 확인하였다. 지연시간의 분석을 통하여서는 앵커의 장애가 발생하는 상황에서 부득이하게 발생하는 부분들이 있으며, 이를 최적화하기 위해서 적절한 대기시간의 선택 또는 앵커의 장애를 보다 신속하게 네트워크 내에 알릴 수 있는 방안을 연구해야 할 것이다.

References

- [1] C. Perkins, D. Johnson, and J. Arkko, *Mobility support in IPv6*, IETF, RFC 6275, July 2011. from <http://www.ietf.org>
- [2] S. Gundavelli, K. Leung, V. Devarapalli, K. Chowdhury, and B. Patil, *Proxy mobile IPv6*, IETF, RFC 5213, Aug. 2008. from <http://www.ietf.org>
- [3] A. Chan, H. Yokota, J. Xie, P. Seite, and D. Liu, "Distributed and dynamic mobility management in mobile internet: Current approaches and issues," *J. Commun.*, vol. 6, no. 1, pp. 4-15, Feb. 2011.
- [4] Y. Kim, Y. Han, M. Kim, S. Y. Park, S. J. Moon, H. H. Lee, and D. K. Choi, "Distributed mobility management scheme in LET/SAE networks," *J. KICS*, vol. 38B, no.

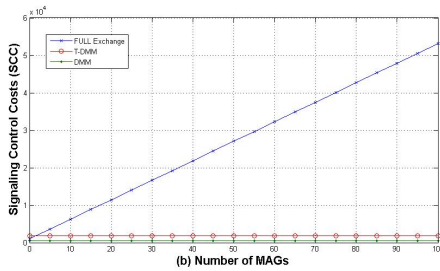
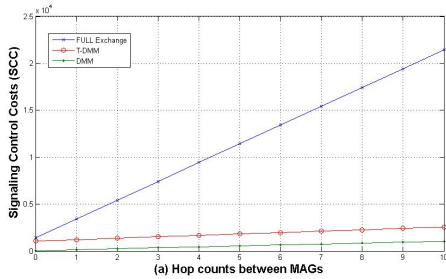


그림 11. (a) MAG 간의 홉 수 및 (b) MAG의 수에 따른 시그널링 처리 비용
Fig. 11. Impact of (a) the hop counts between MAGs and (b) the number of MAGs on signal control costs

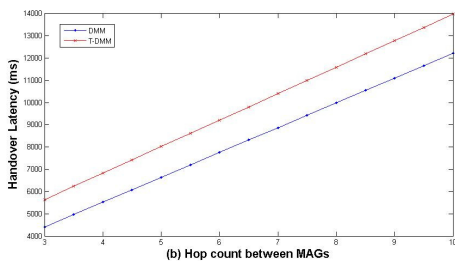
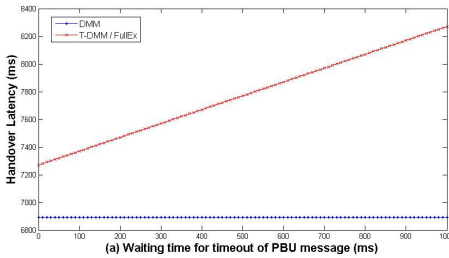


그림 12. (a) 장애로 인한 대기시간 및 (b) MAG간의 거리에 따른 핸드오버 지연시간
Fig. 12. Impact of (a) waiting time for timeout and (b) hop counts between MAGs on handover latency

재전송하기 위한 대기 시간이 제안하는 방식에서의 핸드오버 지연시간에 더욱 영향을 미치는 것으로 나타났다. 결과적으로, 앵커 장애 발생 시에도 기존의 정상 동작과 유사한 성능을 보이기 위해서는 적절한 대기시간의 설정이 필요함을 알 수 있다.

11, pp. 879-894, Nov. 2013.

[5] Y. Kim, S. Lee, J. Jung, S. Lee, and Y. Kim, "Network mobility support for tactical network," *Annu. Conf. KIMST 2011*, pp. 507-510, 2011.

[6] M. Sulander, T. Hamalainen, A. Viinikainen, and J. Puttonen, "Flow-based fast handover method for mobile IPv6 network," in *Proc. 59th IEEE Semi Annu. Veh. Technol. Conf. (VTC 'S04)*, pp. 2447-2451, May 2004.

[7] C. Jin and Z. Xi-Huang, "A new flow-based fast handoff method for mobile IPv6 network with route optimization," *Comput. Commun.*, vol. 30, no. 18, pp. 3870-3880, Oct. 2007.

[8] T Yim, T. M. Nguyen, K. Hong, and J. Park, "Mobile flow-aware networks for mobility and QoS support in the IP-based wireless networks," *J. Wirel. Netw.*, vol. 20, no. 6, pp. 1639-1652, Feb. 2014.

[9] C. J. Bernardos and J. C. Zuniga, *PMIPv6-based distributed anchoring*, IETF Internet-Draft, draft-bernardos-dmm-distributed-anchoring-04, May 2014. from <http://www.ietf.org>

[10] F. Giust, A. De La Oliva, C. J. Bernardos, and R. P. F. Da Costa, "A network-based localized mobility solution for distributed mobility management," *2011 14th Int. Symp. Wirel. Pers. Multimedia Commun.(WPMC)*, pp. 1-5, Oct. 2011.

[11] P. Seite, P. Bertine, and J. H. Lee, *Distributed mobility anchoring*, IETF Internet-Draft, draft-seite-dmm-dma-07, February 2014. from <http://www.ietf.org>

[12] J. Lee and Y. Kim, *PMIPv6-based Distributed Mobility Management*, IETF Internet-Draft, draft-jaehwoon-dmm-pmipv6-02, May 2014. form <http://www.ietf.org>

[13] W. Seo, J. Choi, J.-C. Nam, I.-S. Park, and Y.-Z. Cho, "PMIPv6 based distributed mobility management scheme using multiple LMA," in *Proc. KICS 2011*, pp. 188-189, Nov. 2011.

[14] B. J. Sook, W. J. Hyun, S. K. Ho, and S. Y. Tae, "A study on fully distributed mobility management scheme in FHPMIPv6," in *Proc. KICS 2013*, pp. 707-708, Nov. 2013.

[15] J. I. Kim and S. J. Koh, "Distributed mobility management in proxy mobile IPv6 using hash function," *IEEE 2013 Int. Conf. Inf. Netw. (ICOIN)*, Jan. 2013.

[16] J.-H. Lee, J.-M. Bonnin, I. You, and T.-M. Chung, "Comparative handover performance analysis of IPv6 mobility management protocols," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 60, no. 3, pp. 1077-1088, Mar. 2013.

[17] J.-H. Lee, Z. Yan, and I. You, "Enhancing QoS of mobile devices by a New handover process in PMIPv6 networks," *Wirel. Pers. Commun.*, vol. 61, no. 4, pp. 591-602, Dec. 2011.

김 용 신 (Yongsin Kim)



1997년 : 숭실대학교 정보통신 공학과 학사
 1999년 : 숭실대학교 정보통신 공학과 석사
 2002년 : 숭실대학교 정보통신 공학과 박사과정 수료
 2002년~현재 : 국방과학연구소 선임 연구원

<관심분야> 분산 이동성 관리, 부하 분산 라우팅

선 경 재 (Kyoungjae Sun)



2013년 : 숭실대학교 정보통신 전자공학부 학사
 2013~현재 : 숭실대학교 정보통신공학과 석박과정
 <관심분야> 소프트웨어 정의 네트워크 (SDN), 이동성 관리, 모바일 네트워크

김 영 한 (Younghan Kim)



1984년 : 서울대학교 전자공학과
학사

1986년 : 한국과학기술원 전기 및
전자공학 석사

1990년 : 한국과학기술원 전기 및
전자공학 박사

1994년~현재 : 숭실대학교 정보
통신전자공학부 정교수

2000년~현재 : VoIP 포럼 차세대 기술분과 위원장

2011년~2013년 : 국가정보화전략위원회 전문위원

2013년~현재 : 숭실대학교 산학협력단 연구처장

2014년~현재 : 개방형컴퓨터통신연구회 회장

2014년~현재 : 한국통신학회 상임이사

<관심분야> 이동성 관리, 소프트웨어 정의 네트워
크 (SDN), 사물 인터넷 (IoT)