

# MAP를 적용한 무선 메쉬 네트워크에서의 이동성 관리방법<sup>☆</sup>

## Mobility Management Scheme for the Wireless Mesh Network using Mobility Anchor Point

장 성 환\*                      조 규 섭\*\*  
Sung-Hwan Jang              Kyu-Seob Cho

### 요 약

무선 메쉬 네트워크(WMN)는 기존의 무선 네트워크에 비해 저렴한 비용으로 빠르게 구축할 수 있는 장점 때문에 차세대 네트워크 기술로 부각되고 있으며 동일 네트워크는 물론 이종 네트워크간의 통합을 가능하게 한다. 현재 몇몇의 WMN 연구에서는 WMN과 애드 혹 네트워크의 유사한 특징 때문에 AODV, DSR과 같은 애드 혹 라우팅 프로토콜을 사용하여 이동성을 지원하고 있다. 그러나 WMN는 다중 인터페이스와 인터넷과 연결 등의 기능이 추가되어 기존 애드 혹 네트워크와는 작동 과정이 다르기 때문에 효율적인 이동성 관리를 지원하기 위한 방안으로는 적합하지 않다. 본 논문에서는 WMN의 이동성 관리를 지원하기 위한 방안으로 HMIPv6의 MAP 기능을 WMN에 적용하는 방안을 제안하고 시뮬레이션을 통해 동작 검증 및 성능 평가를 하였다. 평가된 결과를 통해서 제안한 이동성 관리가 AODV를 이용한 이동성 관리에 비해 짧은 핸드오버 지연과 패킷 손실이 감소하며 이를 통하여 네트워크 전체의 처리율 또한 향상됨을 확인할 수 있었다.

### ABSTRACT

WMN is highlighted as a next generation network technology due to relatively reasonable cost to be built, compared with the pre-existing wireless network. It also enables same kind of network or even other kind of network to be integrated. Some WMN researches support mobility using router protocol such as AODV and DSR because WMN has the similar features with Ad-hoc network in terms of operation. However, WMN has got different operations with additional functions of multi-interface and internet connect, it can't be a good method to manage efficient mobility any more. This study suggests method to apply MAP function of HMIPv6 to WMN as a way to manage WMN mobility. Through simulation, operation was verified and function was appreciated. Through the results of evaluation, the suggest mobility management had shorter handover delay and packet loss reduced, which improved whole network throughput rate, compared with mobility management using AODV.

☞ keyword : 무선 메쉬 네트워크(Wireless Mesh Network), 이동성 앵커 포인트(Mobility Anchor Point), 이동성 관리 기법(Mobility Management Scheme), 모바일 아이피(Mobile IP)

## 1. 서 론

무선 메쉬 네트워크(WMN: Wireless Mesh Network) [1]는 기존의 유선 인프라스트럭처와 비교하여,

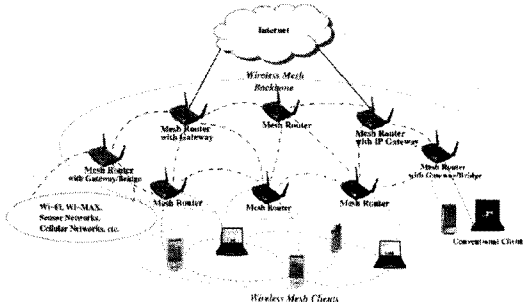
무선 통신 기술을 이용해 저렴한 비용으로 빠르게 구축할 수 있다는 장점이 있다. WMN은 (그림 1)[1]에서 보이는 바와 같이 메쉬 라우터(MR: Mesh Router)와 메쉬 클라이언트(MC: Mesh Client)로 구성된다. MR은 일반적으로 최소한의 이동성을 가지고 무선 백본을 형성하며, 이종 간의 네트워크를 연결시켜주는 브리지 기능과 게이트웨이 기능을 제공한다. MC는 정지해있거나 이동성을 가지며 MR에 연결하여 서비스를 받는다. WMN의 네트워크 구조는 인프라스트럭처/백본 WMN과 클라이언트 WMN, 하이브리드 WMN

\* 준 회 원 : 성균관대학교 전자전기컴퓨터학과 석사  
shjinfo@skku.edu

\*\* 정 회 원 : 성균관대학교 전자전기컴퓨터학과 교수  
kscho@skku.edu

☆ 이 논문은 한국전자통신연구원의 지원으로 진행되었습니다(단일 3010-2010-0077).

[2011/03/11 투고 - 2011/03/13 심사 - 2011/04/01 심사완료]



(그림 1) WMN 구조

으로 구성되어 있다. 인프라스트럭처/백본 WMN은 게이트웨이 기능과 브리지 기능을 하는 MR들로 구성되어있고, 클라이언트 WMN은 애드 혹 네트워크 같은 MC들로 구성되어있다. 하이브리드 WMN은 인프라스트럭처/백본 WMN과 클라이언트 WMN의 조합이다.

WMN은 클라이언트 WMN에서 다중 홉 통신을 한다는 점에서 애드 혹 네트워크[2,3]와 유사하다. 그러나 클라이언트 WMN이 백본 WMN, 나아가 인터넷과 연결된다는 점에서 애드 혹 네트워크에서 이동성 지원을 위해 사용하던 Ad-hoc On-demand Distance Vector(AODV)[4]나 Dynamic Source Routing(DSR)[5]과 같은 라우팅 프로토콜을 WMN에서의 이동성 관리 방법으로 사용하는 것은 적절하지 못하며, 이에 따라 WMN에 적합한 이동성 관리 알고리즘이 필요하다.

본 논문에서는 WMN에 핸드오버를 제공하기 위해 Hierarchical Mobile IPv6(HMIPv6)[6]의 Mobility Anchor Points(MAP) 기능을 기초로 하는 WMN에서의 이동성 관리 방안을 제안한다. 여기서 클라이언트 WMN을 서브넷으로 구분하여 MR이 서브넷의 정보를 관리하여 MC가 이동시 발생하는 핸드오버 지연과 패킷 손실을 줄일 수 있다.

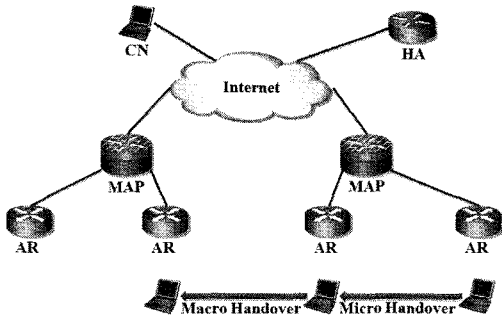
본 논문은 서론에 이어 제 2장에서는 관련 연구로써, HMIPv6와 현재 WMN에서의 이동성 관리 기법들에 대하여 살펴본다. 제 3장에서는 제안한 알고리즘을 설명하고, 제 4장에서는 기존의

방식과 제안한 방식에 대한 성능평가 결과를 비교 분석한다. 마지막으로 제 5장에서는 결론을 맺는다.

## 2. 관련 연구

본 연구의 기초가 되는 HMIPv6는 이동 노드가 이동하면서 발생하는 핸드오버 지연을 줄이기 위해 이동 노드의 이동을 지역적으로 관리함으로써 핸드오버 시 발생하는 등록 시간과 시그널링을 줄여주는 프로토콜이다. HMIPv6는 새로운 기능을 가진 노드인 MAP를 정의하고 네트워크의 구조를 계층 구조로 만들어 지역적인 이동성을 제공하기위해 도메인 레벨의 Care-of Address(CoA)와 링크 레벨의 CoA를 정의하였다. 도메인 레벨의 CoA는 이동 노드가 MAP 도메인의 프리픽스를 기반으로 생성한 CoA로써 Regional CoA(RCoA)라고 하며 MAP의 서브넷 위치를 나타내는 임시 주소로써 MAP 옵션을 받게 되는 이동 노드에 의해서 자동으로 구성된다. 링크 레벨의 CoA는 Access Router(AR)의 프리픽스를 기반으로 생성한 CoA로써 On-Link CoA(LCoA)라고 하며 기존 MIPv6[7]에서 사용하는 CoA와 같은 의미로 사용되는 임시 주소로써 AR의 물리적 위치에 기반을 둔다. HMIPv6에서 MN의 이동을 마이크로 핸드오버와 매크로 핸드오버로 두 가지로 분류한다. 마이크로 핸드오버는 MN이 한 MAP 도메인 내에서 AR 간에 이동을 했을 경우를 말하고, 매크로 핸드오버는 MN이 한 MAP 도메인에서 다른 MAP 도메인으로 이동을 했을 경우를 말한다. HMIPv6는 MC가 마이크로 핸드오버를 수행하는 경우에 중점을 두고 있다.

일반적인 이동성 관리 기법들 외에 WMN을 위한 별도의 기법들이 연구되고 있으며 크게 Tunnel-based, Routing-based, Multicast-based로 분류된다. Tunnel-based는 Ant[8]와 Mesh Mobility Management(M<sup>3</sup>)[9]가 있으며, Routing-based는 iMesh[10]와 Mobile Party[11], Multicast-based는



(그림 2) HMIPv6 핸드오버

SMesh[12]가 있다.

Ant는 intra-domain에서 빠른 핸드오버를 지원한다. MC가 핸드오버를 수행하면 예전 AR은 버퍼에 MC에게 전송되는 패킷을 저장한다. 핸드오버 완료 후 새로운 AR은 예전 AR에게 MC의 핸드오버를 알리고 위치 서버에게 MC의 위치를 등록한다. 예전 AR은 새로운 AR과 임시 터널을 설립하고 버퍼에 저장된 패킷을 포워딩한다. 그리고 임시 터널을 설립하는 데 발생하는 지연을 줄이기 위해 주변 AR들 간에 터널을 통신 이전에 설립한다. 주요 오버헤드는 핸드오버 완료 후 수행되는 위치 등록과 미리 설립되는 모든 양방향 터널 설립으로 인해 발생한다.

M<sup>3</sup>는 계층적 구조를 가지며 크게 게이트웨이, Superior Routers(SR), AR들로써 구성된다. SR들은 MC의 위치 정보를 모으기 위해 사용되는 라우터이다. MC가 핸드오버를 수행하면 새로운 AR은 예전 AR에게 MC의 핸드오버를 알린다. 그 다음 예전 AR은 MC의 정보를 새로운 AR에게 전송하고 새로운 AR에게 패킷을 포워딩한다. MC의 위치 정보는 SR들에게 업데이트되고, SR은 게이트웨이에 위치정보를 업데이트한다. 주요 오버헤드는 계층적 구조로 인해 발생한다.

iMesh는 계층 교차적 이동성 관리 방법이며 OLSR 라우팅 프로토콜[13]을 사용한다. MC가 핸드오버를 수행하면 MC는 링크 계층에서 가장 좋은 링크 품질을 가진 AR을 선택한다. 그 다음 네트워크 계층에서 라우팅 테이블을 업데이트한

다. 주요 오버헤드는 핸드오버 이후 라우팅 테이블 업데이트와 OLSR의 Control 메시지 때문이며 MC들의 수가 증가함에 따라 증가한다.

Mobile Party는 특별한 라우팅 프로토콜과 통합된 새로운 이동성 관리 방법이다. 모든 MC는 Unique ID를 가지며 이동에 따라 부모 노드에게 동적으로 임시 주소를 할당받는다. 각 MC는 노드의 Unique ID와 임시 주소의 맵핑 정보를 저장하는 하나 이상의 Rendezvous 노드를 가지고 있다. 주요 오버헤드는 맵핑 정보의 업데이트 때문이며 네트워크의 크기에 따라 오버헤드도 크게 증가한다.

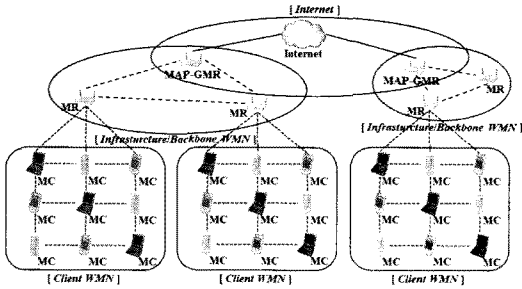
SMesh는 빠른 핸드오버를 지원하는 심리스 802.11 WMN이며 MC 간의 통신을 Spines Messaging System[14,15]을 사용하여 지원한다. 네트워크는 두 개의 Multicast Group으로 구성된다. Client Control Group은 MC가 연결되는 AR들로 구성되고, Client Data Group은 좋은 링크 품질을 가진 MR들로 구성된다. 핸드오버 시에 SMesh가 MC의 새로운 AR을 결정한다. 주요 오버헤드는 Multicast Group 관리 때문이다.

본 논문에서는 WMN에 HMIPv6의 MAP 기능을 적용하는 이동성 관리 방법을 제안한다. 그 이유는 WMN이 계층적 구조를 가지고 있다는 점에서 HMIPv6와 유사한 특징을 가지기 때문이다. 네트워크 최상단에서 외부 네트워크와 연결되고 통신을 지원하는 GMR과 하부 네트워크에게 통신을 지원하는 MR은 각각 MAP와 AR과 유사한 특징을 지닌다. 그러나 클라이언트 WMN이 애드혹 네트워크와 같은 다중 홉 네트워크를 구성한다는 점에서 HMIPv6를 그대로 적용하기에 문제점이 있다.

### 3. WMN에서의 이동성 관리 방법

#### 3.1 WMN의 논리적 구조

(그림 3)은 제안 방식의 설명을 위해 가정한 WMN의 논리적 구조를 보이고 있다. Internet은



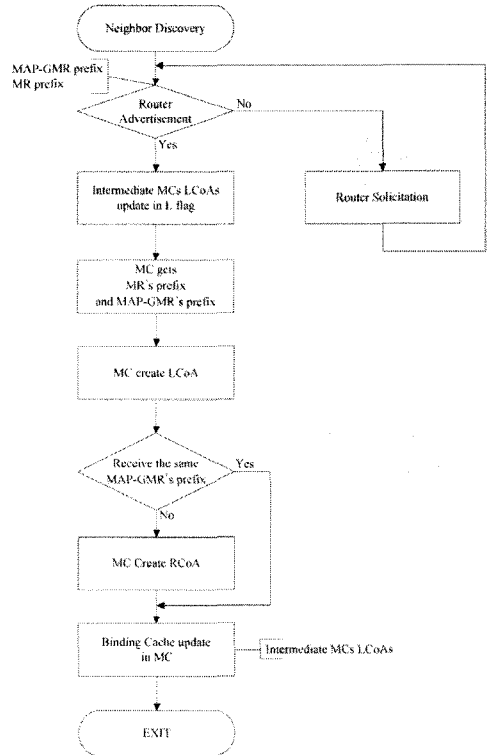
(그림 3) 제안한 WMN의 논리적 구조

MAP 기능이 적용된 Gateway Mesh Router (MAP-GMR)를 통해 연결되고, 인프라스트럭처/백본 WMN은 네트워크를 담당하는 MAP-GMR과 클라이언트 WMN을 담당하는 MR들로 구성되어 있다. 클라이언트 WMN은 MC들로 구성되며 MR에 연결되어 통신을 지원받는다. 클라이언트 WMN을 하나의 MR이 담당하여 MC가 클라이언트 WMN 내에서 이동을 할 경우 MR에게만 경로를 업데이트하고, MC가 클라이언트 WMN 간에 이동을 할 경우 마이크로 핸드오버를 지원한다. 그리고 MC가 인프라스트럭처/백본 WMN 간에 이동을 할 경우 매크로 핸드오버를 지원한다.

MC가 다른 클라이언트 WMN으로 이동할 경우, MC가 새로운 MR(nMR)과 연결되면 nMR에서 MAP-GMR에게 MC의 이동 정보를 전송한다. 그리고 MC가 새로운 MAP-GMR(nMAP-GMR)에 연결된 nMR에 연결되면 nMAP-GMR은 예전 MAP-GMR(pMAP-GMR)에게 이동 정보를 전송하게 된다. 이러한 기능을 통하여 핸드오버가 지원된다.

### 3.2 동작 절차

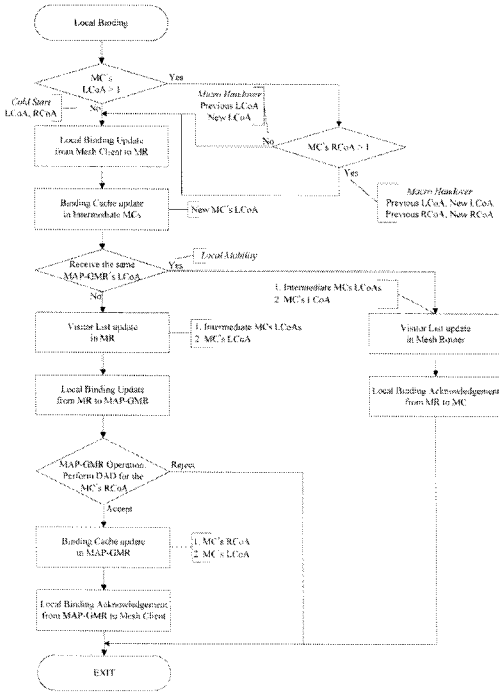
본 절에서는 WMN에서 이동성 관리에 대한 동작 과정을 설명한다. (그림 4)는 MC가 네트워크에 처음 진입하였을 때 수행하는 Neighbor Discovery 과정을 보여준다. MR와 MC 간에 다중 홉으로 통신하기 위하여 HMIPv6의 Router Advertisement 메시지에 L field를 추가하였으며, MC까지의 경로에



(그림 4) Router Discovery 과정

대한 중계 MC들의 LCoA들이 저장된다.

MR은 MAP-GMR의 프리픽스와 자신의 프리픽스를 포함한 Router Advertisement 메시지를 주기적으로 브로드캐스트한다. 이 메시지를 수신한 중계 MC들은 자신의 LCoA를 Router Advertisement 메시지의 L field에 저장하고 플루딩한다. 네트워크에 진입한 MC가 이 메시지를 수신하면 MR의 프리픽스를 이용하여 LCoA를 생성하고, 수신한 MAP-GMR의 프리픽스를 자신이 가지고 있는 프리픽스와 비교하여 만약 MAP-GMR의 프리픽스를 가지고 있지 않거나 틀릴 경우 RCoA를 새로 생성하게 된다. 만약 수신한 MAP-GMR의 프리픽스가 자신이 가지고 있는 프리픽스와 같다면 같은 네트워크 내에서 이동했다고 판단하고 RCoA를 새로 생성하지 않는다. 이 과정이 끝난 후 MC는 Router Advertisement 메시지의 L field에 저장된 MR까지의 경로에 대한 중계 MC들의

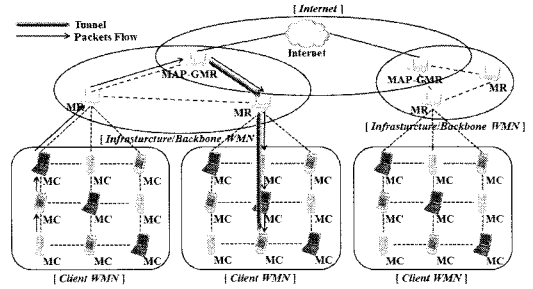


(그림 5) Local Binding 과정

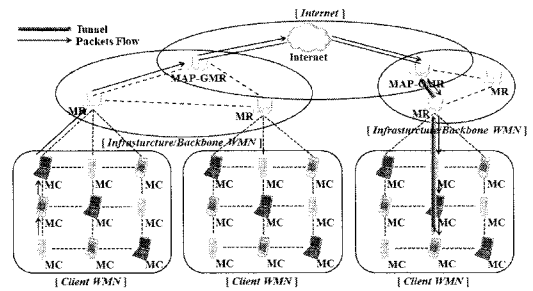
LCoA들을 자신의 Binding Cache에 저장한다. 만약 MC가 오랜 시간 Router Advertisement 메시지를 수신하지 못하거나 빠른 연결을 원할 경우 Router Solicitation 메시지를 MR에게 전송하여 Router Advertisement를 요청한다.

(그림 5)는 MC가 RCoA와 LCoA를 생성한 후 MR과 MAP-GMR에 등록하는 Local Binding 과정을 보여준다. MC가 다중 홉으로 연결된 MR에 대한 경로로 통신을 하기 위하여 HMIPv6의 Local Binding Update 메시지에 I field를 추가하였으며, MR까지의 경로에 대한 중계 MC들의 LCoA들이 저장된다.

네트워크에 진입한 MC는 Local Binding Update 메시지의 I field에 자신의 Binding Cache에 저장된 MR까지의 중계 MC들의 LCoA들과 자신의 LCoA를 저장하여 MR에게 전송한다. 이 메시지를 수신한 중계 MC들은 자신의 Binding Cache에 새로 연결된 MC의 LCoA를 업데이트하고 MR에게 전송한다. MR은 자신의 Visitor List에 MC의



(a) 발신 MC가 수신 MC와 같은 인프라스트럭처/백본 WMN에 있을 경우



(b) 발신 MC가 수신 MC와 다른 인프라스트럭처/백본 WMN에 있을 경우

(그림 6) MC 간 초기 루트의 설정

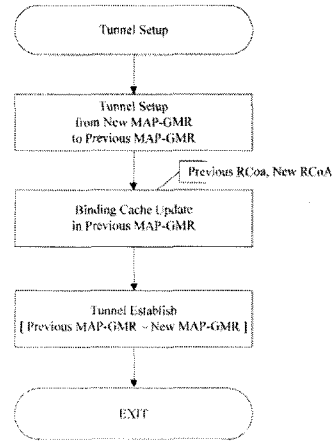
LCoA와 중계 노드들의 LCoA들을 업데이트하고 MAP-GMR에게 Local Binding Update 메시지를 전송한다. 이 메시지를 수신한 MAP-GMR는 RCoA에 대하여 Duplicate Address Detection(DAD) 과정을 수행하고 적합할 경우 자신의 Binding Cache에 MC의 RCoA와 LCoA를 업데이트한다. 그 후 MAP-GMR은 MC에게 Local Binding Acknowledgement 메시지를 전송한다.

MC에 대한 Local Binding 과정이 완료되고 MC 간에 통신하는 과정은 (그림 6)과 같다. (그림 6(a)에서 보이는 바와 같이 발신 MC가 수신 MC와 같은 인프라스트럭처/백본 WMN에 있을 경우 발신 MC는 수신 MC의 RCoA로 패킷을 전송한다. 전송된 패킷은 MAP-GMR에게 전송되고, 터널링을 통해 수신 MC의 LCoA로 전송된다. 만약 (그림 6(b)에서 보이는 바와 같이 발신 MC가 다른 인프라스트럭처/백본 WMN에 있을 경우 수

신 MC에게 전송하는 패킷은 유선망에서 사용 중인 네트워크 기반 라우팅을 통하여 수신 MC가 있는 MAP-GMR에게 전송되고, 터널링을 통해 목적 MC의 LCoA로 전송된다.

다음으로 초기 루트 설정 후 MC가 클라이언트 WMN 내에서 이동을 하였을 경우의 로컬 이동성을 관리하기 위한 과정은 다음과 같다. MC가 클라이언트 WMN 내에서 이동을 하였을 경우 MR이 주기적으로 브로드캐스트하는 Router Advertisement 메시지를 수신하게 된다. 수신한 메시지의 L field에 저장된 중계 MC들의 LCoA들이 자신의 Binding Cache에 저장된 정보와 동일한 경로를 수신하지 못할 경우, MC는 Local Binding Update 메시지의 I field에 중계 MC들의 LCoA들과 자신의 LCoA를 저장하여 MR에게 전송한다. 이 경로에 속한 중계 MC들은 자신의 Binding Cache에 새로운 MC의 LCoA를 업데이트 하고 전송한다. 이 메시지를 수신한 MR은 메시지에 포함된 LCoA를 확인하고 자신의 Visitor List에 동일한 MC의 LCoA가 있을 경우 새로운 경로를 업데이트 한다. 그 후 MR는 MC에게 Local Binding Acknowledgement 메시지를 전송한다. MC가 이동하기 전 경로에 있는 예전 중계 MC들은 Binding Life Time이 만료되면 이동한 MC에 대한 LCoA를 Binding Cache에서 삭제한다. 이 과정을 통하여 로컬 이동성이 지원된다.

MC가 다른 클라이언트 WMN으로 마이크로 핸드오버를 수행하였을 경우 nMR이 주기적으로 브로드캐스트하는 Router Advertisement 메시지를 수신하게 된다. MC는 nMR의 프리픽스로 새로운 LCoA를 생성하고, RCoA는 MAP-GMR의 프리픽스가 자신이 가지고 있는 MAP-GMR의 프리픽스와 동일하므로 새로 생성하지 않는다. 그 후 nMR에게 Local Binding Update 메시지를 전송한다. 메시지를 수신한 nMR은 자신의 Visitor List를 업데이트하고 MAP-GMR에게 Local Binding Update 메시지를 전송한다. 그 후 MAP-GMR은 자신의 Binding Cache에 새로운 MC의 LCoA를 업데이트 하고 MC에게 Local Binding Acknowledgement

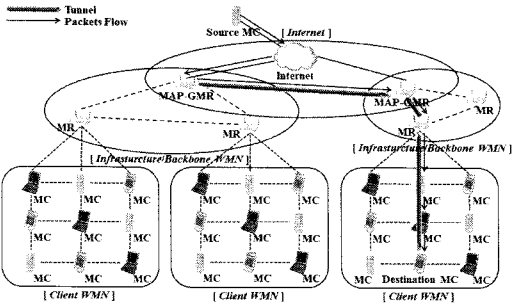


(그림 7) Tunnel Setup 과정

메시지를 전송한다. MC가 이동하기 전의 pMR과 중계 MC들의 Visitor List와 Binding Cache에 저장된 경로들은 Binding Life Time이 만료되면 삭제된다.

매크로 핸드오버를 수행하였을 경우 MC가 이동한 인프라스트럭처/백본 WMN의 nMAP-GMR과 예전 인프라스트럭처/백본 WMN의 pMAP-GMR 간에 터널을 설립하기 위한 Tunnel Setup 메시지를 제안하였다. Tunnel Setup 메시지는 T flag와 R field를 가지고 있으며 의미는 다음과 같다. T flag는 pMAP-GMR과 nMAP-GMR 간에 터널 설립을 위해 사용되고, R field는 MC의 예전 RCoA가 저장된다.

MC는 nMR에게 수신한 Router Advertisement 메시지의 nMR의 프리픽스와 nMAP-GMR의 프리픽스를 통하여 새로운 LCoA와 RCoA를 생성하고 자신이 이동한 인프라스트럭처/백본 WMN의 nMR에게 Local Binding Update 메시지를 전송한다. 메시지를 수신한 nMR은 자신의 Visitor List를 업데이트하고 MAP-GMR에게 Local Binding Update 메시지를 전송한다. 그 후 nMAP-GMR은 RCoA에 대하여 DAD 과정을 수행하고 자신의 Binding Cache에 MC의 RCoA와 LCoA를 업데이트한다. (그림 7)에서 보이는 바와 같이 예전 인프라스트럭처/백본 WMN의 pMAP-GMR에게 T



(그림 8) 매크로 핸드오버 시 MAP-GMR 간 설립된 터널

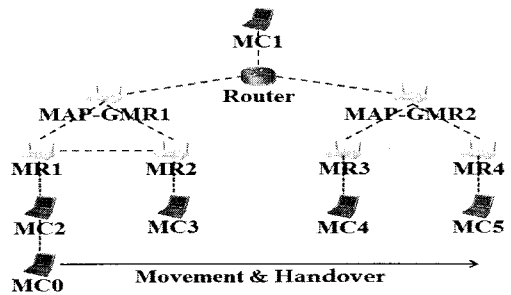
flag를 1로 설정하고 R field에 MC의 새로운 RCoA를 저장한 Tunnel Setup 메시지를 전송한다. 이 메시지를 수신한 pMAP-GMR은 자신의 Binding Cache에 예전 RCoA와 새로운 RCoA를 업데이트한다. 이 과정을 통하여 pMAP-GMR과 nMAP-GMR 간 터널이 설립되며 발신 MC가 전송하는 패킷은 pMAP-GMR을 통하여 MAP-GMR 간에 설립된 터널로 전송된다. 수신 MC가 핸드오버를 했을 경우 발신 MC에게는 수신 MC의 새로운 RCoA를 등록하지 않으며, 수신 MC에게 전송되는 패킷은 pMAP-GMR을 통하여 전송된다. 마이크로 핸드오버와 마찬가지로 MC가 이동하기 전의 pMR과 중계 MC들의 Visitor List와 Binding Cache에 저장된 경로들은 Binding Life Time이 만료되면 삭제된다. (그림 8)은 수신 MC가 매크로 핸드오버 시에 MAP-GMR 간에 설립된 터널을 보여준다.

#### 4. 성능 분석

제안한 WMN에 MAP 기능을 적용한 이동성 관리방법의 성능을 평가하기 위해 ns-2[16]를 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 기존 802.11 기반의 네트워크에 다중 인터페이스와 다중 채널 할당 기능을 구현하여 WMN을 구현하였고 라우팅 프로토콜은 AODV-UU[17]를 기반으로 AODV를 사용하였다. 그리고 MIPv6나 HMIPv6 같은 IPv6에서 이동성을 제공하기 위해 ns-2를 확장한

(표 1) 시뮬레이션 파라미터

Parameter	Value
Number of nodes	13
Traffic Type	CBR
CBR sending interval	20 ms
Packet Size	200 byte
Routing Protocol(AODV-WMN)	AODV
Wireless MAC	IEEE 802.11

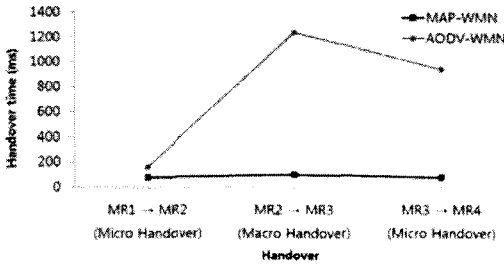


(그림 9) 시뮬레이션 구조

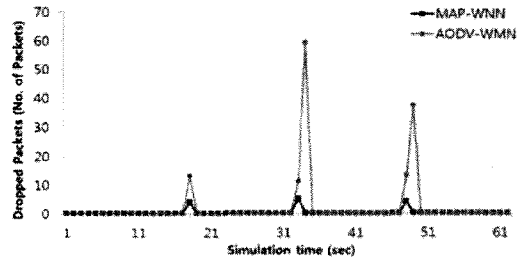
mobilwan[18]을 기반으로 HMIPv6의 MAP 기능을 구현하였고, WMN에 MAP 기능을 적용하여 제안한 WMN을 구현하였다. 본 논문에서는 AODV를 이용한 이동성 관리 방법과 제안한 이동성 관리 방법을 비교하였다.

#### 4.1 시뮬레이션 환경

시뮬레이션을 위한 주요 변수는 (표 1)과 같다. 그리고 시뮬레이션 구조는 (그림 9)과 같이 구성하였다. MAP-GMR1 도메인에 있는 MR1과 MR2는 커버리지를 근접하게 하여 MR 간에 통신이 가능하도록 설정하였고, MAP-GMR2 도메인에 있는 MR3와 MR4는 커버리지를 떨어지게 하여 서로 간의 직접 통신이 불가능하도록 설정하였다. 시뮬레이션에서 MC1이 발신 MC, MC0가 수신 MC이다. 시뮬레이션 시작 후에 MC0는 1초에 MR1에 연결된다. MC0는 16초가 지나면 MR1에



(그림 10) 핸드오버 수행 시 지연



(그림 11) 핸드오버에서 발생하는 패킷 손실

서 MR2로 마이크로 핸드오버를 수행하며, 31초에 MR2에서 MR3로 매크로 핸드오버를 수행한다. 마지막으로 46초에 MR3에서 MR4로 마이크로 핸드오버를 수행한다.

#### 4.2 결과 및 성능분석

(그림 10)은 기존 WMN과 제안한 이동성 관리가 적용된 WMN의 핸드오버 수행 시에 지연을 비교한 그래프이다.

AODV를 사용한 기존 WMN의 경우 MC0가 같은 도메인에서 이동할 경우 MC0에 대한 경로 재설정에 대한 지연은 각각 약 165.28ms와 941.87ms가 발생하였고, 다른 도메인으로 이동할 경우 경로 재설정에 대한 지연은 약 1237.29ms가 발생하였다. MC0가 같은 도메인에서 이동할 경우 MR1과 MR2와는 다르게 MR3에서 MR4로 이동할 때 지연이 높게 발생하는 이유는 MR들 간에 커버리지가 떨어져있어 MR간에 연결이 불가능하기 때문에 MR간에 연결이 가능할 경우보다 경로 재설정 시간이 증가하기 때문이다. 다른 도메인으로 이동할 경우에 같은 도메인 내에서 이동할 경우보다 지연이 높게 발생하는 이유는 MC0가 같은 도메인 내에서 이동할 경우에는 MR들 간의 커버리지가 근접해있기 때문에 MC0가 이동한 경로에 대한 경로 재설정의 시간이 빠른 시간에 수행되기 때문이다. 그러나 MC0가 다른 도메인으로 이동을 할 경우 AODV가 새로운 경로를 탐색하기 위하여 전체 네트워크에 대한 경로 재탐색을 수행해야 하기 때문에 MC0에 대한 새로운

경로 재설정으로 인한 시간 손실이 증가하기 때문이다.

제안한 MAP 기능을 적용한 WMN의 경우 MC0가 마이크로 핸드오버를 수행한 경우에 패킷 수신까지 지연은 각각 약 80.47ms와 80.48ms가 발생하였고, 매크로 핸드오버를 수행한 경우에는 지연이 약 100.65ms가 발생하였다. 매크로 핸드오버를 수행하는 경우에 지연이 마이크로 핸드오버보다 좀 더 발생하는 이유는 nMAP-GMR과 pMAP-GMR 간에 터널을 설립하는 시간이 추가적으로 소요되었기 때문이다.

(그림 11)은 MC0가 핸드오버를 수행하는 과정에서 발생하는 패킷 손실에 대한 그래프이다.

AODV를 사용한 기존 WMN의 경우 같은 도메인에 위치한 MR3에서 MR4로 이동할 경우에 MR1에서 MR2로 이동할 때보다 많은 패킷 손실이 발생하고, 다른 도메인으로 이동을 하는 경우에 많은 패킷 손실이 발생한다. 이런 결과가 발생하는 이유는 앞의 핸드오버 수행 시의 지연과 같은 이유이다. MR 간에 거리가 근접해있으면 경로 재탐색의 시간이 빠른 시간에 수행되지만 MR 간의 거리가 멀리 떨어져있으면 전체 네트워크에 대한 경로를 재탐색하는 과정으로 인하여 경로 설정에 대한 시간이 증가되기 때문에 그만큼 패킷 손실이 증가한다.

제안한 이동성 관리 기법이 적용된 WMN의 경우 AODV를 사용한 WMN보다 패킷 손실이 적게 발생한다. 그리고 매크로 핸드오버를 수행할 경우에 nMAP-GMR가 소스 MC에게 목적 MC의 이동을 등록하지 않고 pMAP-GMR에게만 등록함



으로써 경로를 재설정하는 시간이 감소되기 때문에 그만큼 패킷 손실이 적게 발생한다.

## 5. 결 론

본 논문에서는 기존 WMN에서 이동성을 관리하기 위한 MAP 기능을 적용하는 방안을 제안하고 기존 WMN에서의 이동성 관리와 제안한 이동성 관리를 적용한 WMN에서의 핸드오버에 대한 성능을 ns-2 시뮬레이션을 통하여 분석하였다. 기존 애드 혹 라우팅 프로토콜을 사용한 WMN의 경우에는 MR 간의 거리가 멀어질수록 핸드오버 지연과 패킷 손실율이 증가하는 반면에 제안한 MAP 기능을 적용한 핸드오버 알고리즘은 MC가 핸드오버를 수행할 경우 마이크로 핸드오버와 매크로 핸드오버에 대한 핸드오버 지연의 차이가 크지 않으며, 패킷 손실율 또한 기존 애드 혹 라우팅 프로토콜을 사용하는 WMN보다 우수한 성능을 보여주었다. AODV의 경우 시뮬레이션에서는 전체 네트워크에서 동작하도록 적용을 시켰지만, 실제 네트워크에서는 애드 혹 라우팅 특징으로 인하여 작은 네트워크에서만 유리하며 WMN 전체에 적용하여 경로를 탐색할 경우 라우팅 트래픽이 급격히 증가할 것으로 예상되는 것도 AODV 적용의 또 다른 문제인 것이다. 또한 AODV가 인터넷 내부 노드까지 포함하여 라우팅 영역의 중복이 발생한다. 본 논문에서 제안한 이동성 관리 기법은 마이크로 핸드오버와 매크로 핸드오버에 대한 핸드오버 지연은 각각 약 80.48ms와 100.65ms가 발생하며 이 결과는 실시간 서비스를 제공하기 위한 최대 지연 150ms[19]에 만족하는 결과를 보여준다.

## 참 고 문 헌

[1] I. F. Akyildiz, X. Wang and W. Wang, "Wireless mesh networks: a survey," *Computer Networks*, Mar. 2005, pp. 445-487.

[2] E. M. Royer, S. Barbara and C. K. Toh, "A Review of Current Routing Protocols for Ad Hoc Mobile Wireless Networks," *IEEE Personal Communications*, Apr. 1999, pp. 46-55.

[3] X. Hong, K. Xu, and M. Gerla, "Scalable Routing Protocols for Mobile Ad Hoc Networks," *IEEE Network*, Aug. 2002, pp. 11-21.

[4] C. Perkins, E. B. Royer and S. Das, "Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing," *IETF RFC 3561*, July. 2003.

[5] D. Johnson, Y. Hu and D. Maltz, "The Dynamic Source Routing Protocol (DSR) for Mobile Ad Hoc Networks for IPv4," *IETF RFC 4728*, Feb. 2007.

[6] H. Soliman, "Hierarchical Mobile IPv6 mobility management," *Internet Draft*, Aug. 2004.

[7] D. Johnson, C. Perkins and J. Arkko, "Mobility Support in IPv6," *IETF RFC3775*, Jun. 2004.

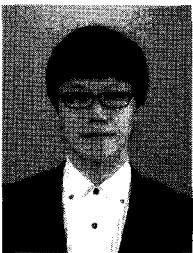
[8] H.Wang, Q. Huang, Y. Xia, Y. Wu, and Y. Yuan, "A network-based local mobility management scheme for wireless mesh networks," *In IEEE Wireless Communications and Networking Conference*, Mar. 2007, pages 3792 - 3797.

[9] R. Huang, C. Zhang, and Y. Fang, "A mobility management scheme for wireless mesh networks," *In IEEE Global Telecommunications Conference*, Nov. 2007, pages 5092 - 5096.

[10] V. Navda, A. Kashyap, and S. R. Das, "Design and evaluation of iMesh: an infrastructure- mode wireless mesh network," *In Sixth IEEE International Symposium on a World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks*, June 2005, pages 164 - 170.

- [11] M. Sabeur, G. A. Sukkar, B. Jouaber, D. Zeghlache, and H. Afifi, "Mobile party: A mobility management solution for wireless mesh network," *In Third IEEE International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications*, Oct. 2007, pp. 45 - 53.
- [12] Y. Amir, C. Danilov, M. Hilsdale, R. Musaloiu-Elefteri, and N. Rivera, "Fast handoff for seamless wireless mesh networks," *In Proceedings of the 4th international conference on Mobile systems, applications and services*, June 2006, pp. 83 - 95.
- [13] T. Clausen and P. Jacquet, "Optimized link state routing protocol (OLSR)," *IETF, RFC3626*, Oct. 2003.
- [14] "The Spines Overlay Network," <http://www.spines.org>.
- [15] Yair Amir and ClaudiuDanilov, "Reliable communication in overlay networks," *in Proceedings of the IEEE DSN 2003*, June 2003, pp. 511-520.
- [16] "Network Simulator version 2," <http://www.isi.edu/nsnam>.
- [17] B. Wiberg, "Porting AODV-UU implementation to ns-2 and Enabling Trace-based Simulation," *UPPSALA University Master's Thesis in Computer Science*, Dec. 2002.
- [18] "MobiWan: NS-2 extensions to study mobility in Wide-Area IPv6 Networks," <http://www.inrialpes.fr/planete/pub/mobiwan>.
- [19] "광대역망에서의 VoIP 서비스통화품질기준," 한국정보통신기술협회, *TTAK.KO-01.0136*, Dec. 2008.

## ◎ 저자 소개 ◎



### 장 성 환

2008년 호원대학교 컴퓨터학부 학사  
 2010년 성균관대학교 전자전기컴퓨터공학과 석사  
 관심분야 : 무선 메쉬 네트워크, Mobile IP, 이동성 관리, etc.  
 E-mail : shjinfo@skku.edu



### 조 규 섭

1974년 성균관대학교 전자공학과 학사  
 1976년 성균관대학교 전자공학과 석사  
 1989년 성균관대학교 통신공학 박사  
 1977년 KIST 부설 전자통신 연구소 연구원  
 1977년~1992년 한국전자통신연구소 연구위원  
 1992년~현재 성균관대학교 정보통신공학부 전자전기공학과 정교수  
 관심분야 : 무선 메쉬 네트워크, 이동성 관리, QoS network, etc.  
 E-mail : kscho@skku.edu