

802.16e BWA 시스템의 성능 향상을 위한 Fast 핸드오버 방식

김태훈⁰ 김윤태 모정훈

한국정보통신대학교 무선 인터넷 및 네트워크 연구실

{hoony78⁰, concerto1221, jhmo}@icu.ac.kr

An Enhanced Fast Handover scheme over IEEE 802.16e BWA system

Taehoon Kim⁰, Yoontae Kim, Jeonghoon Mo

School of Engineering, Information and Communications University(ICU)

요 약

Fast 핸드오버는 단말이 기지국 간의 연결을 바꾸는 동안에 발생 하는 서비스 중단 시간을 줄이기 위해서 소개 되었다. 그러나, 새로운 Care of Address (CoA) 의 검증으로 인한 핸드오버 지연이나, 경로 최적화의 지연은 문제가 될 수 있다. 본 연구는 이러한 문제를 해결하기 위하여 향상된 Fast 핸드오버 방식을 소개 한다. 본 방식에서 단말은 이전 기지국과 연결 되어 있는 동안에 경로 최적화를 수행 하며, 새로운 CoA 의 검증을 필요로 하지 않는다.

1. 서 론

IEEE 802.16 Wireless MAN air interface 명세는 고정된 단말을 위한 Broadband Wireless Access (BWA) 시스템을 지원 하기 위해 제안되었다. 이후 단말이 차량 이동 속도에도 기지국과 통신을 수행 할 수 있도록 하는 이동성 제공은 802.16e 에 추가가 되었다[1][2].

802.16e 명세는 소프트 핸드오버와 Fast BS Switching (FBSS) 그리고 하드 핸드오버를 지원 하고 있다. 소프트 핸드오버에서 단말은 두 개 이상의 기지국과 동시에 연결을 유지하는데, 이는 다른 기지국으로 연결을 바꾸는 것을 원활하게 하기 위함이다. FBSS 에서 단말은 인접 기지국에 관한 정보를 Channel Quality Indicator (CQI)를 통해서 보내게 된다. 연결을 끊고서 다른 기지국과 연결을 시도 하는 방식인 하드 핸드오버는 기지국과의 재 연결을 시도 하는 동안 서비스 중단 시간을 야기 한다. OFDMA 기반의 시스템은 하드 핸드오버에 기반 하고 있으므로, 본 연구의 범위는 하드 핸드오버로 제한한다.

서비스 중단 시간을 줄이는 문제는 네트워크가 다양한 실시간 응용 프로그램을 지원 하면서 중요한 문제가 되고 있다. 이러한 중단 시간을 줄이기 위해, 몇 가지 Fast 핸드오버가 네트워크 2 계층뿐만 아니라 3 계층에 관하여 제안 되고 있다. 네트워크 2 계층 핸드오버 지연을 줄이기 위한 연구로서, [3]에서는 단말이 새로운 기지국과 하향 링크 정보를 교환한 직후에 패킷을 받을 수 있도록 하는 새로운 방식을 제안하였고, [4]에서는 네트워크 2

계층 핸드오버 과정에서 불필요하거나 중복된 부분을 제거하여 새로운 핸드오버 과정을 제안하였다. 네트워크 3 계층에 관한 Fast 핸드오버 방식으로서, 패킷 지연이나 손실을 줄이기 위하여 [5]와 같은 방식이 제안되고 있다. 그러나 [5]에서 제안된 방식은 새로운 Care of Address (CoA) 를 생성 및 검증 시간이 오래 걸리는 경우 성능 저하를 야기할 수 있다.

본 연구에서는 단말을 위한 CoA 를 New Access Router (NAR) 의 IP 주소를 이용하여 주소 검증 시간을 줄이고, 최적화된 경로를 빠른 시점에 만드는 향상된 Fast 핸드오버 방식을 제안한다. 이를 위하여 2 장에서는 Mobile IP를 위한 Fast 핸드오버 방식이 소개 되고 있으며, 3 장은 기존의 Fast 핸드오버 방식의 문제점 및 제안된 방식을 소개 하고 있고, 4 장은 제안된 방식에 관한 분석을 수행 하고 있으며, 5 장은 본 연구의 결론을 나타내고 있다.

2. 802.16 시스템의 기본 핸드오버와 Mobile IP를 위한 Fast 핸드오버 방식

802.16e 는 Mobile IP 를 위한 Fast 핸드오버 방식에 기반 하고 있다 [8][9]. Fast 핸드오버 방식에서는 단말을 위한 CoA 를 이른 시점에 생성 함으로서, 핸드오버로 인한 지연 현상을 줄이고 있다. 자세한 설명은 그림 1 과 같다.

Fast 핸드오버 방식은 인접 기지국 정보 수집 (1) 과 함께 시작 된다. 각각의 단말은 인접 기지국 정보 수집에 따라, 후보 기지국을 선택 하게 되고, 이 정보를 HO_REQ, HO_RSP 를 통하여 기지국과 교환 하게 된다 (2). 만일 이전 기지국과 단말 사이의 링크의 신호 세기가 약해져서

* 본 연구는 삼성전자-ICU 공동연구센터의 지원을 통해 수행된 결과임.

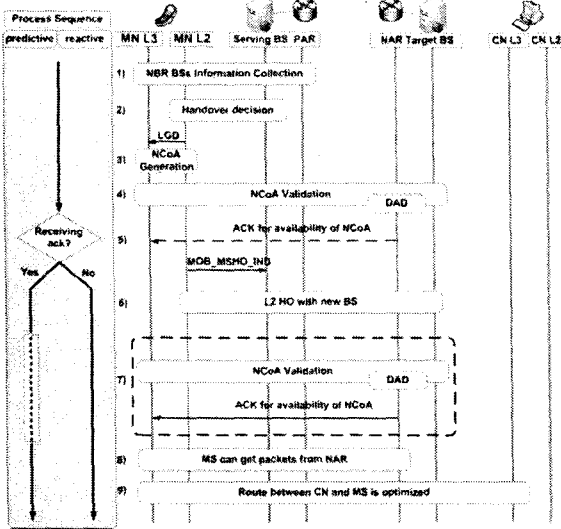


그림 1. Fast 핸드오버 과정

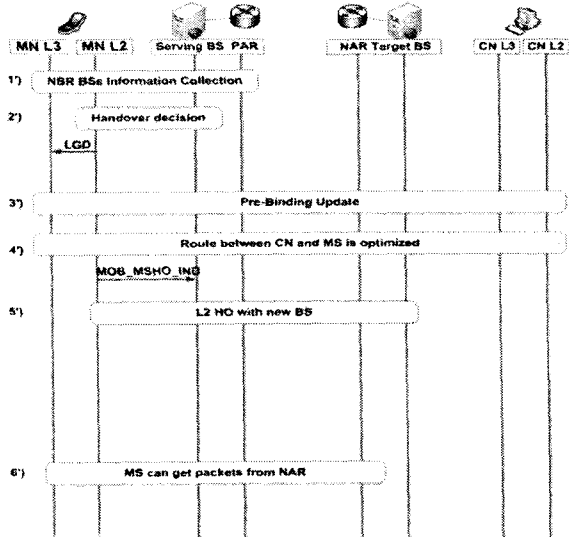


그림 2. Fast 핸드오버를 위한 Pre-Binding Update

통신 할 수 없는 상태 이면, 단말은 HO_IND 메시지를 이전 기지국에게 보내게 됨으로써 연결을 중단 하게 된다. 단말의 2 계층 에서 3 계층으로 Link Going Down (LGD) 메시지를 보내게 되면, 단말은 인접 기지국이 보낸 prefix index 정보를 사용하여 CoA를 생성 하게 된다 (3). 단말은 PAR 을 통하여 NAR 에게 CoA사용 가능 여부 에 관한 확인을 요청하게 되고 (4), 해당 주소가 사용이 가능한 주소이면, NAR 은 PAR 을 통해 단말에게 주소 사용 가능 확인에 관한 응답 메시지를 보내게 된다 (5). 이와 같은 과정을 수행 하면서 PAR 과 NAR 사이에는 패킷을 전달하기 위한 터널이 형성된다. 만일, 단말이 HO_IND 메시지를 보내기 전에 응답 메시지를 받게 되면, 단말은 Predictive 모드를 수행 하게 되고, 그렇지 않은 경우, Reactive 모드를 수행 하게 된다. Reactive 모드를 수행한 경우, 단말은 2 계층 핸드오버가 끝난 다음에 주소 사용 가능 여부에 대한 확인을 요청하는 과정을 다시 수행 해야 한다. 이와 같은 Reactive 모드는 단말이 매우 빠르게 이동 할 경우 발생 할 가능성이 높아지게 된다. Predictive 모드에서는, 단말은 2 계층 핸드오버 과정을 수행 하게 되고 (6), 이 과정이 다 끝나면, 단말은 NAR로부터 패킷을 받을 수 있게 된다 (8). 이후 단말과 Correspondent Node(CN) 사이에 Binding Update 가 수행이 되고 (9), 단말은 Home agent 에 단말의 새로운 CoA 를 등록하게 된다.

Reactive 모드에서, (4) 가 완전히 끝나지 않은 경우, 같은 과정이 2 계층 핸드오버 (6) 이후에 실행되게 된다. 따라서, (7) 과 같은 주소 사용 가능 여부에 관한 확인 요청 및 응답이 수행 된다. 그러므로, Reactive 모드에서는 Predictive 모드에 비해 단말이 다시 패킷을 주고 받기까지 오랜 시간이 걸리게 된다.

3. Fast 핸드오버를 위한 NAR 의 IP 주소를 이용하는 Pre-Binding Update

제안하는 방식의 주요한 특징은 1) NAR 의 IP 주소를 단말을 위한 새로운 CoA 로 사용 한다는 것과, 2) 핸드오버 이전에 Binding Update 가 수행 한다는 점이다. 첫 번째 방법을 통하여 새로운 CoA 에 관한 주소 검증 시간을 생략할 수 있으며, 두 번째 방법을 이용하여 Binding Update 가 이른 시점에 수행 됨으로써, 우회 경로로 인한 패킷 지연 현상을 줄일 수 있다.

3.1 NAR IP 를 단말을 위한 CoA 로 사용하는 기법

Fast 핸드오버 방식에서 새로운 주소 검증으로 인하여 상당한 시간을 소모하는데, 그 이유는 NAR 이 일정 시간 (1 초) 동안 다른 단말들로부터 주소의 이용 가능 여부에 관한 응답을 기다려야 하기 때문이다 [11]. 만일 주소 검증이 HO_IND 이전까지 끝나지 않는다면, Reactive 모드가 수행이 되고, 새로운 주소 검증 과정은 2 계층 핸드오버 (그림 1 의 6 단계) 이후에 수행 된다. 이 경우, Predictive 모드로 동작된 경우에 비해 핸드오버 이후 패킷을 받을 수 있기 까지 상당한 시간지연이 발생된다. 이와 같은 시간 지연은 VoIP 와 실시간 서비스의 QoS 를 저하시키는 요인이 될 수 있다. 이에, 주소 검증 시간을 줄이는 문제는 중요한 문제가 될 수 있다. 본 연구에서는 이와 같은 주소 생성 시간을 줄이기 위해서, 그림 2 의 1' 단계를 수행 할 때 얻게 되는 NAR 의 IP 주소를 단말의 CoA 로 이용 하게 된다.

3.2 Pre-binding Update 기법

Pre-Binding Update (PBU) 메시지는 MS로부터 PAR 을 통하여 CN 에게 보내지게 된다. 메시지 안에는 단말이 사용할 새로운 CoA 정보가 있어, CN 은 이를 참조할 수 있게 된다. 이 메시지를 받은 PAR 은 NAR 사이에 터널을 만들게 된다. 이 과정에서 PAR 은 핸드오프 하는 단말의 Home address를 NAR 에 있는 라우팅 테이블에 등록 하게 되고, 등록된 Home address는 핸드오버 이후 NAR 이

단말에게 패킷을 전달하고자 할 때 해당 단말을 식별하기 위한 인자로서 활용된다. Binding Update 이후, CN 과 단말 사이에 직접 통신 하는 것이 가능하도록 경로 최적화가 이루어진다. 본 방식에서 경로 최적화는 단말이 2 계층 핸드오버를 진행 하기 전이나, 이를 진행 하면서 수행이 된다. 따라서, 핸드오버의 마지막 단계에 경로 최적화가 수행되는 기존의 방식에 비해 패킷 전송 지연에 있어서 보다 나은 성능을 보인다.

CN 이 경로최적화를 지원하는 경우, CN 은 HA를 거치지 않고 NAR 에게 직접 패킷을 보내게 된다. CN 은 Binding Cache 에 있는 단말의 Home address 와 CoA 정보를 이용하여 패킷을 캡슐화 하여 NAR 에게 보내게 된다. 패킷을 받은 NAR 은 캡슐화 된 패킷에서 Home address 정보를 추출하고, Home address 를 이용하여 패킷이 어느 단말에게 전달이 되어야 할 지 결정하게 된다. 2 계층 핸드오버 이후 NAR 에 있는 라우팅 테이블에 기존에 기록된 Home address 정보에 맞춰 단말의 2 계층 주소가 저장된다. 이 정보는 NAR이 Home address를 이용하여 패킷을 단말에게 전달하고자 할 때 이용된다.

CN 이 경로최적화를 지원하지 않는 경우, 패킷은 Home agent 를 거쳐서 NAR 로 전달되게 된다. 이 경우, 먼저 CN 은 패킷을 Home agent 에게 보낸다. Home agent 가 새로운 CoA 를 모르는 경우, 받은 패킷을 PAR로 보내게 되고, 이 패킷을 받은 PAR 은 패킷을 새로운 CoA 로 캡슐화 시켜 NAR 로 보내게 된다. Home agent 가 새로운 CoA를 아는 경우, 받은 패킷을 새로운 CoA 로 캡슐화 시켜서 NAR 에게 보내게 되고, 이를 받은 NAR 은 패킷의 Home address 정보와 라우팅 테이블 정보를 이용하여 패킷을 해당 단말에게 전송 하게 된다.

그림 2 는 본 연구의 제안된 방식을 나타내고 있다. (1') 과 (2') 단계는 그림 1의 기존의 Fast 핸드오버 방식과 같다. 이후, NAR IP 주소를 CoA 로 사용하는 Pre-Binding Update 가 실행 된다 (3'). 이 과정을 통하여 경로최적화가 수행되며 (4'), 새로운 기지국 과의 2 계층 핸드오버가 끝난 다음 (5'), 단말은 CN 으로부터 최적화된 경로를 통하여 패킷을 받을 수 있다. 이후 단말은 새로운 CoA 를 Home agent 에 등록하게 된다.

4. Fast 핸드오버를 위한 NAR 의 IP 주소를 이용한 Pre-Binding Update

본 장에서는 기존의 Fast 핸드오버 방식과 제안된 방식의 핸드오버를 비교 하고자 한다.

4.1 Predictive 모드와 Reactive 모드의 비교

본 절에서는 Fast 핸드오버 방식에서의 Predictive 모드와 Reactive 모드의 발생 비율을 알아보고자 한다. Reactive 모드 상에서 발생하는 서비스 중단시간은 단말의 QoS 에 많은 영향을 주기 때문에, 이의 발생 비율을 알아보는 것은 중요하다고 할 수 있다. Fast 핸드오버 방식에서는 새로운 CoA 검증이 연결이 끊기기 전 (그림 1의 MOB_MSHO_IND) 에 완료되면 Predictive 모드가 수행이 되고, 그렇지 않은 경우 Reactive 모드가 수행 된다.

본 연구에서는 단말의 이동 속도를 0 에서 100 km/h 로 증가시키면서 LGD 와 HO_IND 사이의 시간을 측정 하여 이 시간을 새로운 CoA 검증 시간과 비교 해 보았다. 측정된 시간이 CoA 검증 시간 보다 크면, 단말은 Predictive 모드를 수행하고, 그렇지 않은 경우 Reactive 모드를 수행한다. 이를 위해 본 연구에서는 ns-2 시뮬레이터를 활용하였고, 구체적인 파라미터는 표 1과 같다. LGD 와 HO_IND 는 단말이 측정하는 SINR 값이 표 1의 각 경계점 이하에 나타나면 수행된다.

표 1. 시뮬레이션을 위한 파라미터 값

| | |
|-------------------------|-----------------------------|
| 사용사 속도 | 4, 20, 40, 60, 80, 100 km/h |
| LGD 경계점 | 6.3dB |
| HO_IND 경계점 | 5.7dB |
| 시뮬레이션 시간 | 5000초 |
| 새로운 CoA 검증 및 터널링을 위한 시간 | 1135ms |

그림 3은 속도가 증가 함에 따른 Predictive mode 와 Reactive 모드의 분포를 보여주고 있다. 속도가 60km/h 인 경우 핸드오버의 72 퍼센트가 Reactive 모드로 수행 된다. 본 결과에 따라 속도가 60km/h 를 초과 하는 경우 Reactive 모드로 수행 되는 경우가 더 늘어남을 확인 할 수 있다.

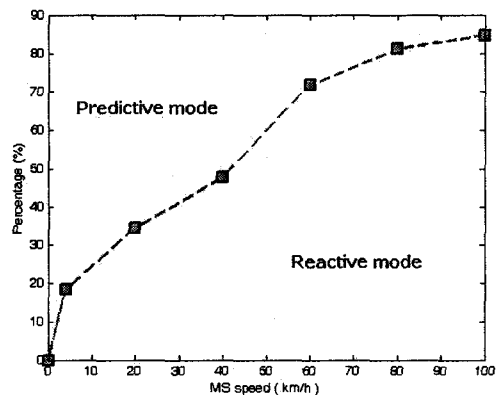


그림 3 Reactive 모드 확률

4.2 제안된 방식과 기존의 Fast 핸드오버 비교

제안된 방식의 효과를 평가 하기 위해, 본 연구에서는 표 2 의 파라미터와 그림 4 의 네트워크 토폴로지를 가정 하였다. 여기서 n 은 Router 와 CN 사이의 링크 수를 의미 한다. 또한 새로운 CoA 검증을 위한 시간이 1 초가 걸린다고 가정 하였다 [11]. 그림 5 는 Fast 핸드오버 방식의 Predictive 모드와 Reactive 모드, 본 제안된 방식의 핸드오버 방식에 필요한 시간과 경로최적화에 필요한 시간을 나타내고 있다. 본 제안된 방식의 서비스 중단 시간은 Predictive 모드로 수행되는 Fast 핸드오버 방식의 서비

표 2. 성능 분석을 위한 파라미터

| 패킷 전달 시간 | |
|---------------|-----------------|
| 단말 에서 기지국 | 6 프레임 (30 ms) |
| 기지국 에서 단말 | 3 프레임 (15 ms) |
| 유선 링크에서 노드 사이 | 3 프레임 (15 ms) |
| 단말 에서 AR | 9 프레임 (45 ms) |
| AR 에서 단말 | 6 프레임 (30 ms) |
| AR 과 AR 사이 | 6 프레임 (30 ms) |
| 라우터에서 CN | 15(1 + n) ms |
| 주소 검증 시간 | 1 초 |
| 2 계층 핸드오버 시간 | 270 ms |

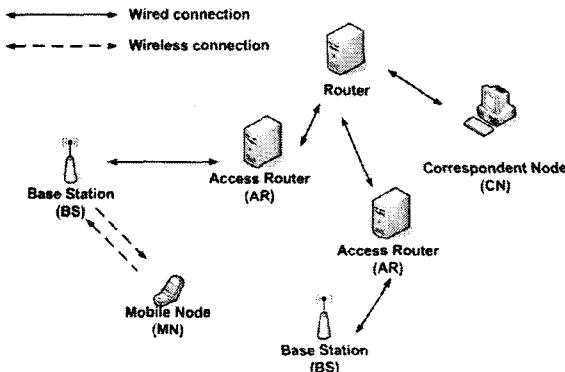


그림 4. 제안된 방식의 평가를 위한 토폴로지

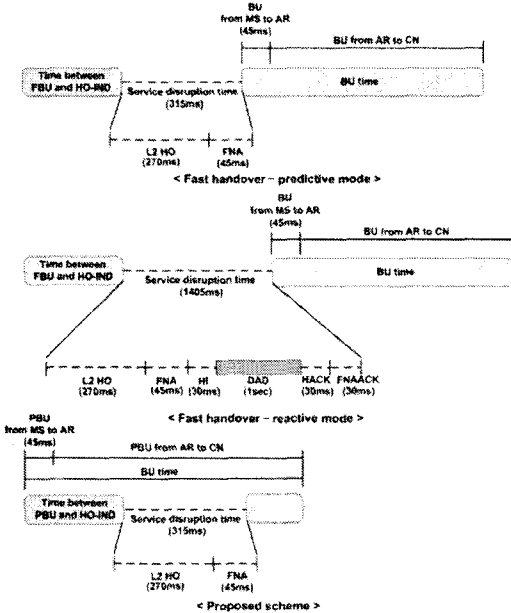


그림 5. 핸드오버에 따른 서비스 중단 시간 및 경로 최적화 비교

스 중단 시간과 같은 315ms 인 반면에, Reactive 모드로 수행 되는 Fast 핸드오버 방식의 경우 1405ms 이다. 이러한 시간 차는 새로운 CoA 의 검증으로 인해 발생 한다. 또한 기존의 Fast 핸드오버 방식에서는 Binding Update 가 핸드오버의 마지막에 수행이 되지만, 본 연구의 제안된 방식은 PAR 과 연결 되어 있는 동안에 Binding Update 가 수행이 됨을 알 수 있다.

그림 6 은 기존의 Fast 핸드오버 방식과 제안된 방식에 대하여 2 계층 핸드오버부터 경로 최적화까지 걸리는 시간을 CN 과 라우터 사이의 링크의 수가 많아짐에 따라 분석하고 있다. 여기서 단말의 이동 속도는 60km/h 로 가정 하였다. X 축은 CN 과 라우터 간의 링크의 수를 의미 하고 Y 축은 시간을 나타낸다. 링크의 수가 늘어 남에 따라 경로 최적화 까지 시간이 늘어나는 기존의 Fast 핸드오버 방식과는 달리, 본 제안된 방식은 링크의 수에 상관 없이 일정한 시간을 보임을 알 수 있다.

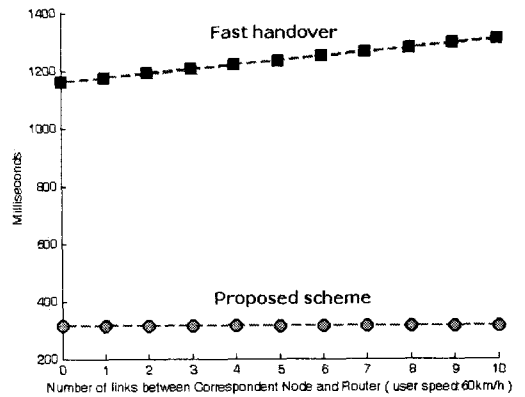


그림 6. 2 계층 핸드오버부터 경로 최적화 까지 시간 비교

5. 결론

본 연구에서는 NAR IP 주소를 단말의 CoA 로 사용 하는 Pre-Binding Update 기반의 핸드오버 방식을 제안하고 있다. 제안된 방식에서는 NAR 의 IP 주소를 단말의 CoA 로 사용 하기 때문에, 주소 검증으로 인한 시간 소비를 없앨 수 있다. 또한 CN 과 단말을 위한 경로 최적화가 이전 기지국과의 연결이 끊어지기 이전에 시작 되기 때문에, 우회 경로로 인한 패킷 지연 현상을 줄일 수 있다. 본 연구에서는 이와 같이 제안된 방식에 관하여 분석 및 시뮬레이션을 수행하였고, 단말의 서비스 중단 시간의 감소 및, 기존의 Fast 핸드오버 방식에 비해 새로운 기지국에 빠르게 적응이 가능 함을 확인 하였다.

6. 참고문헌

- [1] IEEE Standard 802.16-2004, "IEEE Standard for Local and metropolitan area networks Part 16: Air Interface Access for Fixed Broadband Wireless Access Systems," Oct 2004
- [2] IEEE P802.16e/D5, " Draft IEEE Standard for Local and metropolitan area networks Part 16: Amendment for Physical and Medium Access Control Layers for Combined Fixed and Mobile Operation in Licensed Bands," Sep 2004.

- [3] Sik Choi, Gyung-Ho Hwang, Taesoo Kwon, Ae-Ri Lim, Dong Ho Cho, "Fast handover scheme for real-time downlink service in IEEE 802.16e BWA System," *Vehicular Technology Conference, 2005.*, May 2005.
- [4] Doo Hwan Lee, Kyandoghery Kyamakya, Jean Paul Umondi, "Fast handover algorithm for IEEE 802.16e Broadband Wireless Access System," *Wireless Pervasive Computing, 2006.*, Jan 2006.
- [5] Minsik Shim, Hwasung Kim, Sangho Lee, "A Fast Handover Mechanism For IPv6 Based WiBro System," *Advanced Communication Technology, 2006.*, Feb 2006.
- [6] C. Perkins, "IP Mobility Support for IPv4," *RFC 3344*, Dec 2002.
- [7] D. Johnson, C. Perkins, "Mobility Support in IPv6," *RFC 3775*, Dec 2004.
- [8] Heejin Jang, Junghoon Jee, Youn-Hee Han, Soohong Daniel Park, Jaesun Cha, "Mobile IPv6 Fast Handovers over IEEE 802.16e Networks," *IETF internet draft, draft-jiang-mipshop-fh80216e-01*, Dec 2005.
- [9] Rajeev Koodli, Charles E. Perkins, "Adapting Mobile IPv6 Fast Handovers for IPv4," *IETF internet draft, draft-koodli-fmipv4-00*, Oct 2004
- [10] Imran Syed, Mohamed H. Ahmed, Halim Yanikomeroglu, Samy Mahmoud, "Impact of Multiple Frequency Channels Usage on the Performance of TDMA-based Broadband Fixed Cellular Multihop Networks," *Wireless Communications and Networking Conference, 2004*, Mar 2004
- [11] Hesham Soliman, "Mobile IPv6 mobility in a Wireless Internet," Addison-Wesley, 2004