

IEEE802.16j MR-BS내에서 끊김없는 핸드오버 기술

준회원 이 일 신*, 유 재 호*, 정회원 이 윤 주**, 권 동 승**, 종신회원 정 재 학*

Seamless Intra MR-BS Handover Based on IEEE802.16j

Il-Shin Lee*, Jae-Ho Yoo* *Associate Members,*

Yoon-Ju Lee**, Dong-Seung Kwon** *Regular Members,* Jaehak Chung* *Lifelong Member*

요 약

본 논문에서는 IEEE802.16j 기반의 MR-BS 내에서의 끊김없는 핸드오버 방법을 제안한다. 제안한 MR-BS내에서의 끊김없는 핸드오버는 기존의 핸드오버 시 발생하는 지연을 해결하기 위해서 기지국(MR-BS)에서 단말기(MS)의 아웃티지 발생을 예측하고 주변 사용자들 중 최적의 중계가 가능한 MS를 찾아 데이터를 끊김없이 전송하는 방법이다. 전산모의실험결과 제안한 방법의 지연시간은 기존의 MR-BS 내에서의 핸드오버에서 발생하는 지연시간에 비해 약 65% 줄어들음을 보였다. 또한 MS가 셀 전송영역 밖으로 이동할 때 데이터가 끊기지 않고 중계기에 접속하여 기존보다 낮은 PER(Packet Error Rate)로 전송됨을 보였고, 망각인자와 여유 임계값 설정에 의해 아웃티지 확률이 50%, 핸드오버 횟수가 50% 감소함을 보였다.

Key Words : handover, QoS, MRS, latency, IEEE802.16j

ABSTRACT

In this paper, we propose a seamless intra MR-BS handover scheme based on IEEE802.16j transparent. The proposed scheme estimates the outage probability of mobile stations at a base station, finds the optimum relay user, and provides low handover latency for seamless data transmission. The simulation results show that the proposed scheme outperforms the conventional handover schemes in terms of the handover latency by 65% of conventional scheme. Moreover, the proposed scheme exhibits lower packet error rate compared with the conventional handover scheme when a mobile station moves to outside of the cell coverage and reduce both outage probability and the number of handover about 50% from setting forgetting factor and redundant threshold.

I. 서 론

현재 표준화가 진행되고 있는 차세대 이동통신에서 요구되는 것은 높은 데이터 전송속도(throughput)와 다양한 서비스 형태에 따른 서비스품질 (QoS: Quality of Service)를 제공하는 것이다. 이중 이동하는 단말기(MS: Mobile Station)에 대한 양방향 실시간 동영상 서비스를 하기 위해서는 낮은 전송

지연과 끊김없는 데이터 전송이 필요하다. 현재 이와 같은 서비스의 QoS를 만족시키는 전송기법을 제공하기 위한 개발이 진행 중이다^[1]. IEEE 802.16j(MMR: Mobile Multi-hop Relay)는 고정형 중계기(fixed relay)를 기반으로 셀 용량과 셀 영역 확장을 가져오며, 이동하는 MS에게 인터넷 서비스를 제공할 수 있는 시스템으로 IETF에서 2006년 3월부터 표준화 작업이 진행 중인 기술이다^{[1][4]}.

※ 본 연구는 방위사업청/민군겸용기술센터와 정보통신부/정보통신연구진흥원의 민군겸용기술개발사업의 일환으로 수행하였음. [06-DU-LC-01, 네트워크 기반 다목적 견마형 로봇 기술 개발]

* 인하대학교 전자공학과 무선이동통신연구실 연구실(ilshin82, jaebbaki)@inha.net, jchung@inha.ac.kr

** 한국전자통신연구원 (yjlee, dskwon)@etri.re.kr

논문번호 : KICS2009-02-062, 접수일자 : 2009년 2월 13일, 최종논문접수일자 : 2009년 4월 29일

IEEE 802.16j는 이동하는 MS의 QoS를 보장하기 위해 핸드오버(handover)를 지원하고 있다^{[4][7]}.

핸드오버는 셀 외곽에 존재하는 MS에게 현재 셀에서 제공하는 QoS보다 더 좋은 QoS를 제공하는 인접 셀로 서비스를 옮기는 것으로써 IEEE802.16j에서는 핸드오버를 크게 두 가지 시나리오로 구분하고 있다^{[4][6]}. 첫 번째는 MS가 서비스를 받고 있는 기지국(MR-BS: Multi-hop Relay-Base Station)에서 다른 MR-BS로 이동하는 MR-BS 간 핸드오버이고, 두 번째는 MS가 서비스를 받고 있는 MR-BS 내에서 이동하는 MR-BS내에서의 핸드오버이다. 그러나 핸드오버 과정에서 발생하는 레인징, 스케닝, 그리고 메시지 교환과정에서 발생하는 지연현상과 오버헤드는 MS의 실시간 동영상 같은 서비스의 QoS를 만족시키지 못하게 한다.

이 때문에 MR(Multi-hop Relay) 기반의 핸드오버과정에서 발생하는 지연현상과 오버헤드를 줄이기 위한 기술들이 연구되어 왔다. 참고문헌 [7]은 MR-BS 간의 핸드오버 보다 상대적으로 적은 지연현상을 갖는 MR-BS 내에서의 핸드오버를 통해 지연현상을 감소시켰다. 또한 hierarchical ID 개념과 새로운 TLV 변조 알고리즘을 적용시켜 오버헤드를 감소시켰다. 참고문헌 [8]은 de-centralized MR 네트워크에서 끊임 없이 핸드오버를 수행할 수 있도록 하기 위한 MAC 계층 핸드오버 절차와 이에 관련된 관리메시지를 정하였으며, 새로운 메시지의 전송경로를 제안하였다. 참고문헌 [9]는 전송신호의 품질, 핸드오버 오버헤드 그리고 간접 영향의 정보가 고려된 두 개의 함수를 이용하여 핸드오버의 전송지연과 오버헤드를 감소시켰다. 참고문헌 [10]은 고속으로 이동하는 버스나 기차와 같은 큰 차량에 RS가 장착 되었을 경우를 고려하였다. 이와 같은 상황은 잦은 핸드오버와 높은 시스템 오버헤드를 발생시켜 핸드오버 발생이전에 통신이 끊어질 확률이 높다. 이를 해결하기 위해서 타깃 액세스 스테이션의 위치와 방향정보를 이용하여 통신두절 확률을 낮추는 방법을 제안하였다. 그러나 현재 전체적인 MR-BS 기반의 핸드오버에 대한 전송지연과 오버헤드에 대한 연구가 많이 진행되어 있지 않으며, 특히 MR-BS내에서의 핸드오버에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

본 논문에서는 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해서 IEEE802.16j의 MR-BS내에서의 핸드오버 상황에서 단위 셀 내의 MS가 서빙스테이션에서 타깃 액세스 스테이션(target access station)으로의 핸드오버

하는 과정에서 발생하는 통신지연을 최소화하는 끊임없는 핸드오버를 제안한다. 이를 위해서 MRS (Mobile Relay Station) 시스템^[11]을 기반으로 하고 MS가 MR-BS와 통신이 두절되기 이전에 미리 중계기 역할이 가능한 MRS를 찾고 최적의 MRS를 찾는 핸드오버를 통하여 MR-BS와의 통신을 계속 유지하는 방법을 제안하고 IEEE802.16j 프레임 구조를 기반으로 적은 오버헤드로 MS-MRS 간의 CQI를 MR-BS으로 전송하기 위한 프레임 구조를 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서 IEEE 802.16j 기반의 MR-BS 내에서의 핸드오버의 시스템 환경과 핸드오버 프로토콜에 대해 설명하고, III장에서는 제안하는 MR-BS 내에서의 끊임없는 핸드오버의 방법과 임계치 결정방법, 그리고 MR-BS 내에서의 끊임없는 핸드오버를 위한 프레임 구조를 설명한다. IV장에서는 제안하는 MR-BS 내에서의 끊임없는 핸드오버 방법을 사용하였을 경우의 전산 모의실험을 통해 핸드오버 지연시간이 단축되고 끊임없는 데이터 전송이 됨을 보여주고, V장에서 결론을 맺는다.

II. IEEE802.16j MR-BS 내에서의 핸드오버

셀 내에 단말기(MS: Mobile Station)가 MR-BS (Mobile Relay-Base Station)에 상방향 접속이 안 되는 음영지역에 존재하거나 셀 외곽으로 빠르게 움직이는 상황에서 중계기(RS: Relay Station)는 사용자의 전송 커버리지(coverage)를 확대하고 데이터 전송률(throughput)을 지속적으로 보장할 수 있다^{[2][4]}.

그림 1은 단일 셀 환경에서 기존 IEEE802.16j 고정형 중계기(FR: Fixed Relay)를 사용한 단위 셀 시스템 환경에서의 MR-BS 내에서의 핸드오버(handover)를 나타내고 있다^{[4][7]}. MR-BS 내에서의

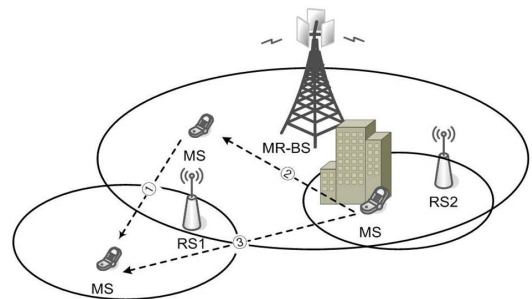


그림 1. IEEE802.16j MR-BS 내에서의 핸드오버

핸드오버는 MR-BS가 관할하고 있는 단위 셀 내에서 핸드오버가 이루어지는 것을 말하며 그림 1에서 보이는 바와 같이 MR-BS에서 RS로의 핸드오버 ①, RS에서 MR-BS로의 핸드오버 ② 그리고 RS에서 RS로의 핸드오버 ③이 있다^{[4][7]}.

그림 2와 같이 IEEE802.16j MR-BS내에서의 핸드오버는 셀 외곽이나 음영지역으로 움직이는 MS와 MR-BS와의 링크가 채널 품질(CQI: Channel Quality Information)를 만족하지 못할 경우 해당 MS는 스캐닝(scanning) 과정을 통해 얻은 정보를 바탕으로 결정된 핸드오버를 위해 MOB_MSHO_REQ 메시지를 MR-BS로 전송한다^[4]. MR-BS도 MS의 핸드오버를 지원하기 위해 메시지를 전송하기도 한다^[4].

MR-BS는 MS로부터 수신 받은 MOB_MSHO_REQ 메시지를 바탕으로 후보 타겟 액세스 스테이션(Target Access Station)인 RS를 결정한다. 그 후 MR-BS는 타겟 RS의 정보가 포함된 MOB_MSHO_RSP 메시지를 MS로 전달함으로써 MS의 핸드오버 수행을 허락한다^[4].

MS는 MR-BS로부터 MOB_MSHO_RSP 메시지를 수신 받은 이후 현재 접속 중인 MR-BS과 링크 해제를 위한 MOB_HO_IND를 MR-BS로 전송하여 MR-BS와의 링크를 해제한다^[4].

이후 MS는 타겟 액세스 스테이션인 RS와의 레인징(ranging) 과정을 통하여 중계기와의 액세스 링크를 유지한다. MR-BS, RS 그리고 MS간의 레인징 과정이 모두 종료되면, MR-BS는 RS로 MS를 위해 서비스를 개시하라는 메시지를 전송한다^{[4][7]}.

메시지를 수신 받은 RS는 실질적인 핸드오버의 종료로 인식하고, MS의 서빙스테이션으로 동작하며,

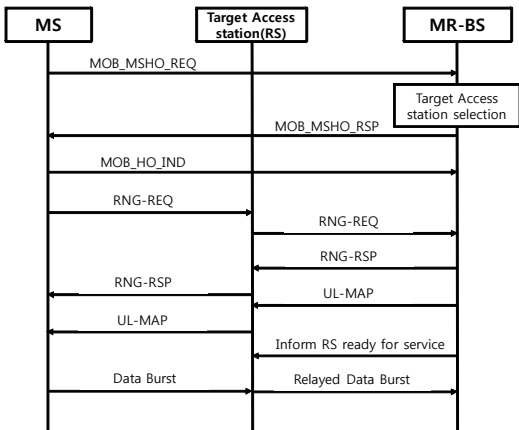


그림 2. IEEE802.16j MR-BS 내에서의 핸드오버 프로토콜

MS와 MR-BS 사이에서의 중계역할을 실시한다. 즉 MS와 MR-BS간의 통신을 재개를 할 수 있게 된다^{[4][6]}.

이와 같은 IEEE802.16j MR-BS 내에서의 핸드오버 프로토콜에서 레인징과 메시지 교환은 무선망 지연을 포함한 대기 지연(queueing delay)을 발생시킨다. 이러한 문제점들은 실시간 동영상에서 요구하는 낮은 지연시간과 끊김없는 통신을 유지할 수 없다.

III. 제안된 MR-BS 내에서의 끊김없는 핸드오버

본 논문에서는 위와 같은 문제를 해결하고자 단말이 MR-BS에서 RS으로 핸드오버 시 발생하는 서비스 지연시간을 최소화하여 서비스 사용자들의 QoS을 보장하는 MR-BS 내에서의 끊김없는 핸드오버 방법을 제안한다.

3.1 MR-BS 내에서의 끊김없는 핸드오버 프로토콜

그림 3은 본 논문에서 제안하는 끊김없는 핸드오버를 위한 시스템 환경을 나타내고 있다. 이는 기존의 IEEE802.16j 시스템과는 다르게 MS와 링크를 이루고 있는 RS역할을 다른 단말기들(MRS: Mobile Relay Station)이 한다^[11]. 즉 기존의 IEEE802.16j 시스템에서 RS의 역할을 MRS가 대신하는 형태를 나타내며, 셀 내에는 중계역할만을 위한 RS가 존재하지 않는다. 이 MRS는 BS와의 릴레이 링크를 구성할 수 있고, 음영지역에 존재하거나 셀 외곽으로 움직이고 있는 다른 MS에게 중계 서비스를 제공하여 MR-BS 중계역할을 한다.

제안한 방식은 상향링크시에 중계기를 결정하는 방법에 관한 것이므로 제안된 방법으로 중계기 선정이 이루어지면 하향링크 중계 방식은 기존의 중계방식과 동일하게 이루어진다. 즉 하향링크 전송방식은 기존의 와이브로와 동일하게 이루어지며 상향

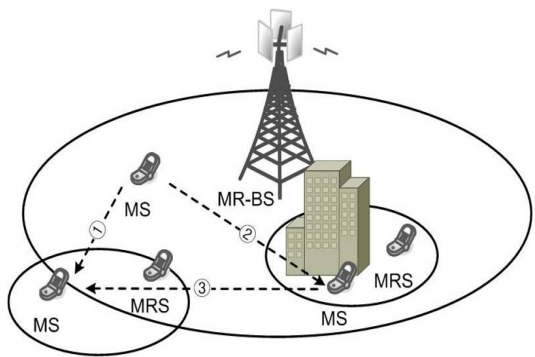


그림 3. MR-BS 내에서의 끊김없는 핸드오버

링크 중계방식은 IEEE802.16j transparent 모드의 전송방식과 동일하다.

본 논문에서는 이러한 MRS를 이용한 IEEE802.16j transparent 기반으로 MR-BS 내에서의 끊임없는 핸드오버 방법을 제안한다. 제안한 끊임없는 핸드오버 시나리오 환경은 그림 1과 동일하나 RS 역할을 MS가 하는 차이점이 있다.

제안된 프로토콜 과정은 MR-BS에서 각 MS의 CQI를 측정하고 셀 밖 또는 음영지역으로 움직이는 MS가 존재할 때 해당 MS를 제외한 MS가 CQI가 좋지 못한 MS와 자신의 CQI를 측정하여 MR-BS에 알리고 MR-BS는 이를 바탕으로 최적의 중계노드(MRS)를 선택한다.

제안한 프로토콜의 세부절차는 그림 4와 같고 아래에 자세한 설명을 하였다.

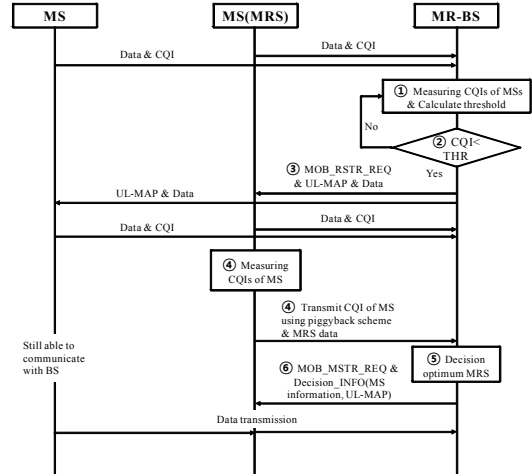


그림 4. 제안된 MR-BS 내에서의 끊임없는 핸드오버 프로토콜

- ① MR-BS는 각 MS의 이동상황을 측정하고 MS에서 상향 링크에서 전송한 파일럿(pilot)을 바탕으로 CQI를 실시간으로 각 MS의 CQI를 측정한다. MR-BS는 이 CQI를 바탕으로 각 단말기 CQI 분포도를 구한다. 산출한 분포도와 단말기의 요구 SNR을 바탕으로 임계값을 결정한다. MS의 이동 상황과 임계값 결정방법은 3.2와 3.3절에서 설명한다.
- ② 단계 ①에서 각 MS로부터 수신된 순서적인 CQI 값은 지역통과 필터를 거친다. 지역통과 필터의 특성은 운용 조건에 따라 조절될 수 있다. 자세한 지역통과 필터의 내용은 3.2절에 설명한다. 필터 출력의 CQI값과 ①에서 결정된 임계값을 비교하여 MS의 MRS로의 핸드오버의 유무를 결정한다.
- ③ MR-BS가 셀 내에 임계치 이하의 CQI를 갖는 MS가 존재하고 있을 경우 임계치 이하의 CQI를 갖는 MS를 제외한 다른 MS(MRS 후보)에게 다음 프레임에서 해당 MS의 상향링크시 해당 MS와 MRS 후보 간의 CQI를 측정하도록 한다. 이때 MRS 후보는 상향프레임을 중계기 형태로 변환시킨다.
- ④ MR-BS는 해당 MS의 상향데이터 전송은 상향프레임의 앞쪽에 위치하게 하고 MRS후보가 MS의 데이터를 수신 가능하도록 한다. MRS 후보는 MS의 데이터를 수신하면서 CQI 측정하고 측정된 CQI 정보를 자신의 상향 데이터 전송시 MR-BS에게 piggy back 형태로 전송한다. 이때 MRS 후보의 상향링크는 full loading 되지 않음을 가정하고 MS는 송신 빔포밍을 사용하지 않는다고 가정한다.
- ⑤ MR-BS는 임계치 이하의 CQI를 위해 MS와 각 MRS 후보들로부터 전송받은 MS-MRS후보의

CQI정보와 MRS후보와 MR-BS간의 CQI를 바탕으로 MRS를 선택하게 된다. 이는 아래의 식(1)을 이용하여 결정할 수 있다.

$$I = \max_{i \in N} \left(C_i^{BS-MRS}; C_i^{MRBS-MRS} \right); \left(\geq R_i^{MRBS-MRS} + R^{MRBS-MS} \right) \quad (1)$$

i 는 i 번째 MRS를 나타내고, $C_i^{MRBS-MRS}$ 는 MR-BS와 i 번째 MRS의 채널 용량, $R_i^{MRBS-MRS}$ 은 i 번째 MRS가 MR-BS로 전송하려는 데이터량, 그리고 $R_i^{MRBS-MS}$ 는 MS가 MR-BS로 전송하려는 데이터량을 각각 나타낸다. 총 MRS 후보는 N 개라 가정한다. 식 (1)과 같이 MRS 자신이 MR-BS로 보내는 전송률 $R_i^{MRBS-MRS}$ 과 단말기가 MR-BS로 전송하려는 전송률 $R_i^{MRBS-MS}$ 의 합보다 MRS후보와 MR-BS의 채널용량 $C_i^{MRBS-MRS}$ 이 큰 경우를 만족하는 중계기를 선택해야 한다. 이 선택 방법은 각각의 QoS에 따라서 조정될 수 있으며 다른 방법으로도 선택할 수 있다. 만일 상기 조건을 만족시키지 못할 경우 MRS는 MS의 데이터를 BS로 충분히 전송하지 못하게 되므로 MS와 MR-BS와의 전송률이 떨어지게 된다.

- ⑥ MR-BS가 상기 식에 의해 MRS를 선택하였다면 MR-BS는 다음 프레임의 콘트롤 정보에 선택된 MRS를 지정한다. 지정된 MRS후보는 MRS로 전송 구조를 변환하고 선택이 안된 다른 MRS후보는 다시 MS의 구조를 가지게 된다. 변환된 MRS의 프레임 구조는 그림 5와 같다.

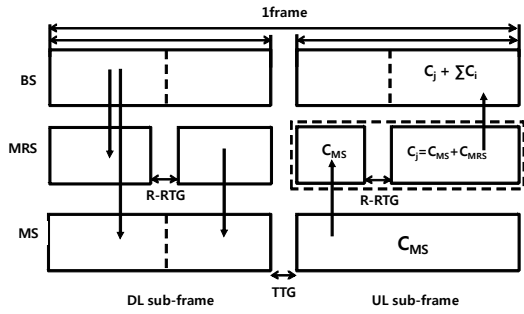


그림 5. 변환된 MRS의 프레임 구조

이와 같이 제안된 프로토콜은 기존과 다르게 MR-BS와 MS가 끊어지기 전에 MRS 후보군을 설정한 뒤 MRS 후보는 MRS 후보와 MS간의 CQI를 측정후 MR-BS로 전송하게 된다. 그리고 MR-BS는 최적의 MRS를 선택하게 된다.

3.2 MS의 이동상황 측정 방법

끊임없는 통신을 유지하기 위해서는 MR-BS에서 MS의 상태를 측정하고 CQI가 나빠지기 전에 미리 핸드오버를 해주는 방법이 필요하다. 그러므로 본 절은 3.1절에 설명된 MR-BS에서 MS의 상태를 예측하고 MS의 CQI가 나빠지기 전에 미리 핸드오버를 해주는 것이다. 이를 위해 MR-BS는 각 MS의 CQI를 분포도를 측정하고 핸드오버를 위한 임계값을 산출하는 과정을 기술한다.

같은 MS의 CQI 값이라도 MS가 MR-BS로부터 멀리 떨어지는 경우에는 안정적인 링크를 유지하기 위해 근처의 중계국에 핸드오버를 해주는 것이 필요하다. MS가 MR-BS의 셀 밖으로 이동하는 상태를 미리 예측하는 것이 필요한데 이 방법은 다음과 같이 식 (2)에서 구한 $V(t)$ 의 값에서 구할 수 있다.

$$V(t) \propto \frac{d(t) - d(t-1)}{T} \tag{2}$$

$$\propto \frac{1}{CQI(t)} - \frac{1}{CQI(t-1)}.$$

여기서 $CQI(t)$ 는 MS의 채널 이득값, t 는 CQI 측정 주기, $d(t)$ 는 거리를 나타낸다. MR-BS로부터 거리가 멀어지게 되면 전송손실이 일어나게 되므로 $CQI(t)$ 는 거리 $d(t)$ 에 반비례하게 된다. 즉, MS가 셀 밖으로 이동하는 경우 CQI의 변화량은 거리의 변화량에 반비례하기 때문에 일정한 시간간격 t 로 측정된 CQI의 변화량은 속도(=거리변화량/단위시간)

와 반비례하므로 합을 알 수 있다. 그러므로 $V(t)$ 로 MS가 셀 밖으로 멀어지는 정도를 알 수 있다.

MR-MS는 MS의 이동 상태를 측정된 뒤에 CQI의 상태를 측정한다. MR-BS 내에서의 MS가 아웃티지(outage) 발생 이전에 끊임없는 핸드오버를 위해서는 지속적으로 CQI를 측정하고 이 값이 MS에서 요구하는 SNR이하가 되기 이전에 핸드오버를 결정하는 임계값이 필요하다. 이 임계치를 설정하기 위해 MS의 CQI의 분포도를 먼저 구하고 아웃티지 확률을 이용하여 핸드오버 임계치를 설정한다.

3.3 MS의 CQI 분포 및 핸드오버의 임계치 설정 방법

핸드오버를 위한 MS의 평균 CQI를 구하기 위해서는 MS가 상향링크시 MRS에서 MS의 CQI를 측정해야 한다. MS의 CQI는 MS의 상향링크시 MS의 송신 신호에 포함되어 있는 각 파일럿(pilot)에 의해 채널 추정에 의해 측정된다. 채널은 실수와 허수가 iid 가우시안(Gaussian) 분포를 가지므로 이의 크기는 레일리 분포(Rayleigh distribution)를 가지게 된다^[12]. OFDM과 같은 다중 캐리어(multi-carrier)를 사용하는 경우 MS의 평균 CQI를 측정해야하는데 이 경우 다수의 pilot에서 측정된 채널 CQI의 합으로 구할 수 있다. 그러므로 MS의 평균 CQI는 중심 무한이론(Central Limit Theorem)에 의해 그림 6과 같은 가우시안 분포를 가지게 된다.

가우시안 분포는 평균과 분산을 알면 정확히 분포도를 구할 수 있다. 이는 측정된 CQI로부터 아래 식 (3), (4)과 같이 쉽게 구할 수 있다^[12].

$$m_t = \left[\sum_{i=1}^M \frac{y_i}{M} \right]. \tag{3}$$

$$\sigma_t^2 = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M (y_i - m_t)^2. \tag{4}$$

여기서 m_t 는 평균을, y_i 는 CQI의 값을 나타내며 M 은 가우시안 분포의 예측을 위한 샘플 개수를 타낸다^[12]. 이를 이용하여 식 (5)와 같은 가우시안 분포를 얻을 수 있다.

$$\rho(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma_t} \exp\left(-\frac{(t-m_t)^2}{2\sigma_t^2}\right); \quad 0 \leq t \leq \infty. \tag{5}$$

가우시안 분포를 이용하여 임계치 설정하는 경우에

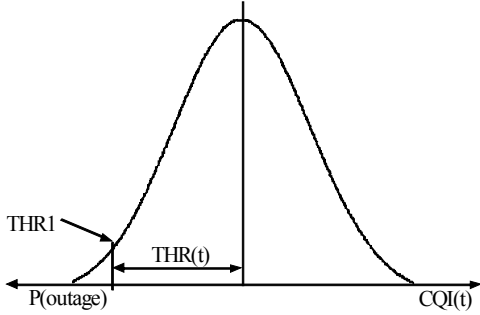


그림 6. $CQI(t)$ 의 통계적인 특성을 바탕으로 둔 임계치 결정을 위한 분포도

MR-BS에서 아웃티지 확률에 근거한 QoS를 보장하는 CQI 값을 알고 있으므로 이를 이용하여 정할 수 있다. 그러나 단순히 순시적으로 변화하는 CQI의 분포를 이용하여 임계치와 비교를 하면 MS가 빠른 채널 페이딩을 겪는 경우 핸드오버 핑퐁현상(ping-pong)이 발생할 수 있다. 이 때 식 (6)과 같이 지역통과필터를 사용하여 현재 MS의 CQI 값이 천천히 변화시킬 수 있다.

$$\overline{CQI}(t) = (1-\alpha)CQI(t) + \alpha\overline{CQI}(t-1). \quad (6)$$

여기서 $CQI(t)$ 는 현재 시간 t 에서의 측정된 MS의 CQI 값을 $\overline{CQI}(t-1)$ 는 t 이전까지의 누적된 MS의 CQI 평균값을 나타내며 α 는 $0 < \alpha < 1$ 사이의 망각인자(forgetting factor)이다. 이 값은 과거 값의 반영 비중을 나타내며 작은 값일 때 현재 측정된 값을 많이 반영하게 된다. 이와 같이 MS의 CQI 값은 식(6)의 $\overline{CQI}(t)$ 로 얻을 수 있고 이 값을 MS의 요구 SNR에 의해 결정되는 임계치와 비교하여 핸드오버의 유무를 결정한다.

각각의 MS는 요구 SNR(required SNR)이 존재하며, 이 값보다 작은 CQI를 가지는 경우 아웃티지가 발생한다. 이 설정한 아웃티지 P_{out} 이 주어지면 식 (7)와 같이 표현이 가능하며, 이는 식 (5)에서 중심무한이론을 바탕으로 나타낸 가우시안 분포도의 아웃티지 확률을 나타낸다.

$$P_{out}(t) = 1 - \int_{THR_1}^{\infty} \rho(t) dt, \\ = 1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma^2} \int_{THR_1}^{\infty} \exp\left(-\frac{(t-m_t)^2}{2\sigma_t^2}\right) dt. \quad (7)$$

이를 가우시안 함수의 대칭성과 정규화를 통해서 Q-함수를 사용하면 식 (8)를 얻을 수 있다.

$$P_{out} = \int_{m_t - THR_1}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{u^2}{2}\right) du \\ = Q\left(\frac{m_t - THR_1}{\sigma}\right). \quad (8)$$

식 (3)에서 산출한 m_t 와 식 (4)에서 산출한 σ_t^2 그리고 설정된 P_{out} 을 바탕으로 식 (9)으로부터 아웃티지 발생 THR_1 을 구할 수 있다. 이를 기반으로 끊임없는 전송을 위해 적절한 마진을 둔 임계치를 설정한다. 식 (9)은 마진을 반영한 임계치를 나타내고 있다.

$$THR(t) = \beta THR_1, \quad 1 \leq \beta. \quad (9)$$

그러므로 핸드오버는 식 (9)에서 얻은 임계값 (THR)과 $\overline{CQI}(t)$ 를 비교하여 이루어진다.

3.4 MR-BS 내에서의 끊임없는 핸드오버를 위한 프레임 구조

MR-BS에서 MS의 전송용량이 최적이 되는 MRS를 선정하기 위해서는 MR-BS가 MRS와 MR간의 CQI를 알고 있어야 한다. 즉, MRS는 MS의 CQI를 측정하고 이를 MR-BS로 전송하여야 한다. MRS에서 MRS와 MS간의 CQI를 MR-BS로 전송하기 위해 기존의 IEEE802.16j 프레임 구조를 그대로 사용하면 MRS에서 CQI측정을 하고 이를 전송을 위한 추가적인 오버헤드와 시간 지연이 발생한다. 이 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 기존의 IEEE 802.16j 프레임을 기반으로 MRS가 적은 오버헤드와 낮은 지연시간으로 MS의 CQI를 측정하고 MR-BS으로 전송하기 위한 방법을 제안한다.

그림 7은 CQI 측정 및 전송을 위해 제안된 프레임 구조를 나타내었다. 그림과 같이 MS의 하향링크의 프레임 구조는 IEEE 802.16j transparent 모드와 동일한 형태를 유지하며 상향링크 프레임 구조에서도 기존의 IEEE 802.16j transparent 모드의 프레임과 동일하게 전송한다. 단 MR-BS에서는 측정하고자 하는 MS가 가장 먼저 상향링크에서 전송하도록 할당을 한다. 그리고 MR-BS는 해당 MS를 제외한 MS에게 해당 MS의 CQI를 측정하도록 한다. 이 때 CQI 측정을 위한 MS는 해당 MS의 송신시 수신을 하여야 하므로 IEEE802.16j의 RS의 상향 링크 구조로 변환된다.

그러면 해당 MS의 자원 할당 위치를 MAP IE에서 확인이 가능하므로 MS의 상향링크시 다른 MS

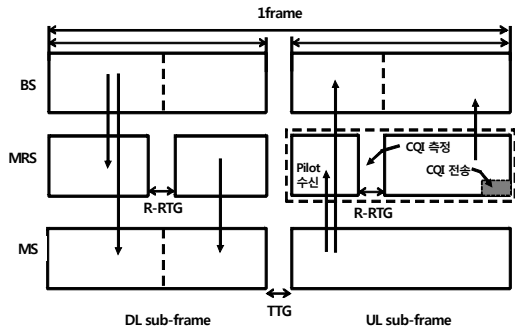


그림 7. 끊김없는 MR-BS 내에서의 핸드오버를 위한 프레임 구조

가 해당 MS의 CQI를 측정 할 수 있다. 여기서 측정된 CQI를 MR-BS로 신속히 전송하기 위해서 자신의 데이터 끝에 피기백(piggyback) 형태로 전송을 하게 된다. 그러므로 측정된 CQI를 한 프레임 이내로 측정 및 전송을 할 수 있게 된다.

IV. 전산모의실험 결과

제안한 MR-BS 내에서의 끊김없는 핸드오버와 기존의 IEEE802.16j MR-BS 내에서의 핸드오버와의 지연현상 비교를 위해 세 가지의 전산모의 실험을 실시하였다. 첫 번째 실험은 제안한 방법이 기존의 방법과 비교하였을 때 얼마나 빠른 속도로 핸드오버가 가능한지에 대한 핸드오버 지연시간비교 실험을 하였다. 두 번째 실험은 MS가 MR-BS의 셀 영역 밖으로 이동 시 제안한 방법과 기존의 방법을 비교하여 전송속도의 개선에 대한 실험을 하였다. 세 번째 실험은 제안한 저역통과 필터를 사용한 임계치 결정방법과 저역통과 필터를 사용하지 않은 임계치 결정방법을 통하여 잦은 핸드오버에 의해 발생하는 핑퐁현상 횟수를 분석한 실험을 하였다.

첫 번째 실험을 위해 셀 내에 있는 MS와 RS 간의 메시지 교환에 있어서 메시지 전송에 의한 지연 시간은 한 프레임으로 가정하고 메시지를 처리함에 있어서 각 MS 또는 MRS는 한 프레임 이내로 처리가 이루어진다고 가정하였다. 또한 핸드오버 시나리오는 IEEE802.16j transparent 환경과 단위 셀 환경에서 MR-BS내에서의 핸드오버로 가정한다. 이를 기반으로 총 지연시간을 다음 식 (10)과 같이 얻을 수 있다.

$$T_{Latency} = N \times T_{frame} + 20ms. \quad (10)$$

여기서 $T_{Latency}$ 는 IEEE802.16j MR-BS 내에서의 핸드오버를 위한 전체적인 지연시간 나타내고, T_{frame} 은 프레임 길이를 나타낸다. N 은 메시지의 개수와 메시지 처리를 위한 프레임의 총 개수를 나타내고 있다. 메시지 전송시간과 메시지 처리시간을 각각 한 프레임으로 가정하였기 때문에 각 시그널 전송 횟수가 되고 이 횟수는 그림 2에서 확인할 수 있다. 그리고 MS에서 핸드오버 타깃 액세스 스테이션을 레인징을 이용하여 선택하는데 소요되는 시간을 20ms로 가정하였다^[3]. 이와 같은 방법으로 제안한 MR-BS 내에서의 끊김없는 핸드오버의 전체적인 지연시간 $T_{Latency}^{Prop}$ 은 앞의 그림 4를 기반으로 다음 식 (11)와 같이 산출하였다.

$$T_{Latency}^{Prop} = N \times T_{frame} + 10ms \quad (11)$$

여기서 $T_{Latency}^{Prop}$ 는 제안한 MR-BS 내에서의 끊김없는 핸드오버를 위한 전체적인 지연시간을 나타내고, T_{frame} 은 프레임 길이를 나타낸다. N 은 식 (10)과 동일하게 메시지의 개수와 메시지 처리를 위한 프레임의 총 개수를 나타내고 있다. 또한 10ms는 MR-BS에서 MS로부터 받은 CQI를 바탕으로 임계치를 비교하는 처리시간 5ms와 MR-BS가 채널 품질이 좋지 않은 MS의 CQI 그리고 최적의 MRS를 선택하는데 걸리는 시간 5ms의 합을 나타내었다. 그러나 실제로 연산에 의한 시간은 줄일 수 있기 때문에 이보다 적어질 수 있다.

위의 결과 식 (10)과 (11)를 바탕으로 제안한 MR-BS 내에서의 끊김없는 핸드오버 방법과 기존의 MR-BS 내에서의 핸드오버의 지연시간을 비교한 결과를 그림 8에 나타내었다.

그림 8에서 기존의 IEEE802.16j MR-BS 내에서의 핸드오버방법은 프레임의 길이가 길어짐에 따라 지연시간이 증가함을 나타내고 있다. 이는 셀 내의

MS가 핸드오버를 위해서 MR-BS 또는 셀 내의 MRS와의 다수의 메시지 교환과 레인징에 의한 지연현상에 의해서 나타나는 결과라 할 수 있다. 그러나 제안한 방법은 핸드오버를 위해서 단지 셀 내의 MS가 부분적인 중계역할을 가능케 하는 메시지를 사용하고 별도의 레인징 과정이 없기 때문에 기존의 방법과 지연시간 측면에 비교하였을 때 약 65% 지연시간이 줄어들었음을 확인할 수 있었다.

두 번째 실험은 RS를 통해 셀 영역이 확장 된 상황에서 이동 중인 서비스 사용자가 MR-BS에서

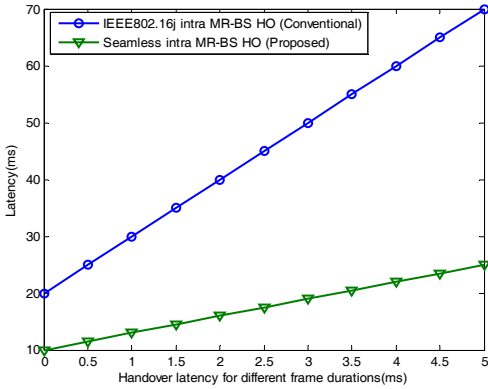


그림 8. 제안한 방식의 핸드오버(HO)와 IEEE802.16j intra 핸드오버의 지연시간 비교 결과

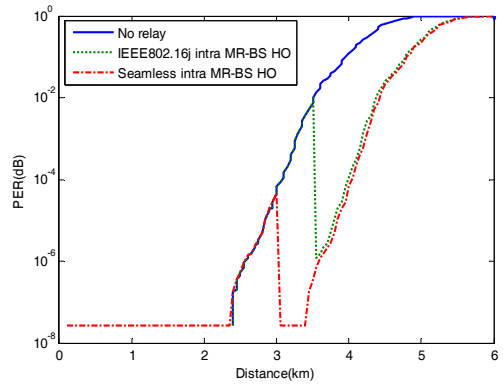


그림 9. 제안한 핸드오버 방법과 IEEE802.16j MR-BS 내에서의 핸드오버 방법의 비교분석결과

RS로 핸드오버 과정에서 끊김없는 전송보장에 관한 실험이다. 이를 위한 전산모의실험환경은 표 1에 나타내었다.

실험환경은 셀 내에 MR-BS와 MRS와의 거리가 2km이고, MS가 셀 외곽으로 움직이는 상황에서 MS가 MR-BS으로의 상향링크 할 경우를 가정하였다. 셀 커버리지는 IEEE802.16j 송신 규격과 Hata open 모델을 바탕으로 산출하였으며 MR-BS 안테나의 송신기 위치는 75m를 기준으로 하였다. 중계기의 중계기술은 여러 가지가 있으나 본 논문에서는 단순한 채널 용량의 비교를 위해 증폭 후 전달방법을 사용하였다. 그림 9은 상기 조건을 바탕으로 한 전산모의실험결과를 나타낸 것이며, 굵은 실선은 RS가 없는 경우 MR-BS에서의 QoS를 나타내며, 점선은 기존의 MR-BS 내에서의 핸드오버방법을 이용하였을 경우의 MR-BS에서의 QoS를, 그리고 제안한 방법으로 얻은 MR-BS의 QoS는 쇠선을 통하여 나타내었다. 핸드오버를 위한 임계치는 PER 1%

표 1. 모의실험환경

시스템 모델	SISO OFDMA system (UL, PUSC)
주파수 / 송신전력	2GHz / 10W
중계국 접속방법	Amplified Forward(AF)
아웃티지	PER 1%
경로손실모델	Hata open model
변조방식 / 부호화방식	16QAM / CTC(3/4)
실효부호패킷크기 / 채널	288 / ITU-R. M1225 (Veh-A 50km)

아웃티지까지 QoS를 허용하는 값으로 설정하였다.

그림 9의 결과는 RS를 사용하지 않은 경우 MR-BS과 MS의 거리가 약 3.51km인 지점에서 아웃티지가 발생하였다. 기존의 MR-BS내에서의 핸드오버방법을 사용하였을 경우, RS가 없는 상황과 동일한 3.51km에서 핸드오버 절차가 이루어졌고, 약 3.55km에서 재 교신이 이루어진 후 4.5km에서 아웃티지가 발생하였음을 확인할 수 있었다. 즉 3.51km에서 아웃티지 후 3.55km에서의 재 교신은 이동하는 MS가 약 0.05km동안 셀 바깥쪽으로 움직이는 동안 MR-BS과의 핸드오버에서 발생하는 지연현상에 의한 끊김을 나타낸다. 그러나 제안한 방법인 끊김없는 핸드오버 방법을 사용할 경우 셀 커버리지의 확대 거리는 기존의 방법과 동일하지만, 끊김없는 교신을 통하여 늘어난 셀 커버리지 까지 QoS를 계속 보장해 주는 것을 확인할 수 있다.

세 번째 실험은 임계치 결정에 있어서 채널의 순시적인 변화에 따른 핸드오버 횟수의 증가를 완화하기 위해 제안한 지역통과 필터를 사용하였을 경우와 지역통과 필터를 사용하지 않았을 경우를 비교 분석하였다. 본 실험에서 차량의 이동 속도는 50kmph로 가정을 하였고 결과를 그림 10에 도시하였다.

그림 10은 망각인자의 변화에 대한 핸드오버 횟수를 나타낸 것이다. 가로축은 망각인자의 값을 나타내며, 세로축은 순시적인 순시 CQI 값을 사용했을 경우의 핸드오버 횟수를 100%로 하였을 경우에 대한 상대적인 핸드오버 비율을 나타낸다. 그리고 이것을 아웃티지에 대한 여유 임계치 값을 가지도록 하는 베타값의 변화에 대한 변화를 나타내었다. 베타 값이 커지면 핸드오버의 여유 값이 커지므로

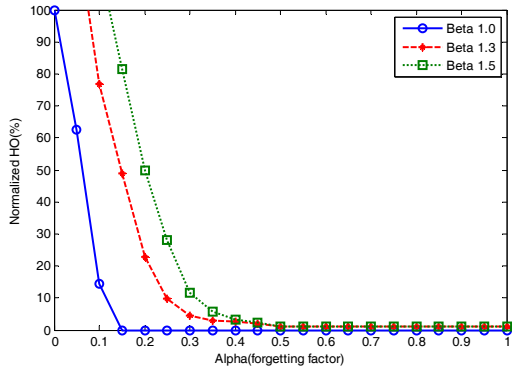


그림 10. 지역통과 필터의 망각인자와 핸드오버 횟수 변화

아웃티지 전에 핸드오버가 일어나 같은 망각인자를 가지는 경우에 핸드오버의 횟수는 증가하게 된다. 그러나 망각인자의 값이 증가할수록 임계값과 비교 되는 MS의 CQI 값의 변화폭이 줄어들므로 핸드오버의 횟수가 줄어들게 된다.

그림 11은 지역통과 필터의 망각인자와 아웃티지 확률의 변화를 나타낸 것이다. 그림 11에서 보는 바와 같이 베타값을 크게하여 임계치의 여유를 두는 경우 아웃티지 확률은 줄어들음을 알 수 있다. 베타값이 작은 경우도 미리 설정한 1%의 아웃티지 확률보다 작음을 알 수 있다.

일반적으로 CQI가 안좋은 경우 아웃티지 확률이 줄어들면 핸드오버 횟수가 증가하게 된다. 핸드오버 횟수는 그림 10에서 보는 바와 같이 망각인자의 값이 커질수록 줄어들게 된다. 만일 망각인자의 값이 0 인 경우에는 일반 순시 CQI를 사용하는 것과 동일하므로 핸드오버 횟수는 증가하지만 실제 MS의 CQI를 반영하므로 아웃티지 확률은 줄어들게 된다.

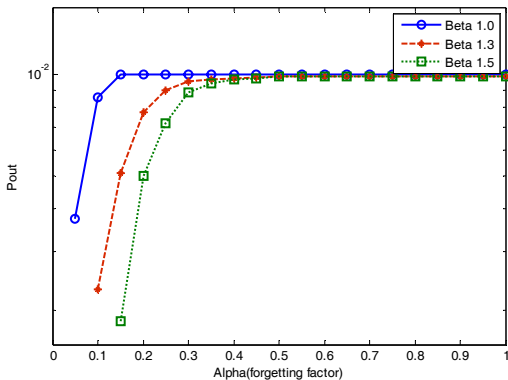


그림 11. 지역통과필터의 망각인자와 P_{out} (아웃티지 확률)의 변화

본 논문에서 제안한 끊김없는 전송을 위해 임계값을 아웃티지가 발생하기 이전의 CQI 값에서 핸드오버를 해주므로 베타값이 적절히 큰 값을 선택하면 적은 아웃티지 확률에서 적절한 수의 핸드오버를 얻을 수 있다. 예를 들어 알파가 0.2, 그리고 베타가 1.4를 가지는 경우 핸드오버의 횟수는 기존에 비해서 50% 감소하고 아웃티지 확률도 50% 감소를 알 수 있다.

V. 결론

본 논문은 IEEE802.16j 에서 MS가 RS로 변환하여 RS 기능을 하는 방법을 기반으로 MS가 셀 밖 또는 음영지역으로 이동하는 경우 MR-BS 내의 끊김없는 전송을 하기 위한 방법을 제안하였다. 제안한 MR-BS 내에서의 끊김없는 핸드오버 방법은 핸드오버 방법에 비해 약 65%로 지연시간이 줄어들음을 보였고 셀 밖으로 MS가 이동하는 경우에 끊김없는 전송이 이루어짐을 보였다. 또한 지역통과 필터의 망각인자와 여유 임계치 베타의 설정에 의해 핸드오버의 수와 아웃티지 확률이 줄어들음을 보였다.

참고 문헌

- [1] A. Hashimoto, H. Yoshino, H. Atarashi, "Roadmap of IMT-advanced development," *IEEE Microwave Mag.*, Vol 9, pp80-88, Aug. 2008.
- [2] V. Genc, S. Murphy, Yang Yu, J. Murphy, "IEEE 802.16J RELAY-BASED WIRELESS ACCESS NETWORKS: AN OVERVIEW," *IEEE Commun. Mag.*, pp.56-63, Oct.2008.
- [3] R. Pabst, B. Walke, and D. Schultz, "Relay-Based Deployment Concepts for Wireless and Mobile Broadband Radio," *IEEE Commun. Mag.*, Vol42, pp.80-89, Sept. 2004.
- [4] IEEE 802.16j/D3, "Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems: Multihop Relay Specification," Feb. 2008.
- [5] IEEE C802.16j-06/221, "MS MAC Handover Procedure in an MR Network-Termination," Nov. 2006.
- [6] IEEE C802.16j-06/280, "MS Handover support in Relay Task Mode," Nov. 2006.
- [7] J. Park, K. Han, D. Cho, "Reducing Inter-Cell Handover Events based on Cell ID Information

in Multi-hop Relay Systems”, *Vehicular Technology Conf.*, pp.743-747, April. 2007.

[8] H. Yang, H. Lee, M. Lee, “A Mobility Management Protocol for Multi-hop Relay Networks,” *Advanced Commun. Tech.*, Vol. 1, pp.37-42, Feb. 2008.

[9] T. Wu, J. Huang, X. Yu, X. Qu, Y. Wang, “Cost-Aware Handover Decision Algorithm for Cooperative Cellular Relaying Networks,” *Vehicular Technology Conf.*, pp.2446-2450, May. 2008.

[10] L. Shan, F. Liu, L. Wang, Y. Ji, “Predictive Group Handover Scheme with Channel Borrowing for Mobile Relay Systems,” *Wireless Commun. and Mobile Computing Conf.*, pp.153-158, Aug. 2008.

[11] H. Nourizadeh, S. Nourizadeh, R. Tafazolli, “Impact of the Inter-Relay Handoff on the Relaying System Performance,” *Vehicular Technology Conf.*, pp.1-5, Sept. 2006.

[12] A. L. Garcia, *Probability and Random Processes for electrical Engineering, second edition.* Toronto, U.S.A.: Addison -Wesley, 1994.

[13] L. Zhong, F. Liu, X. Wang, Y. Ji, “Fast Handover Scheme for Supporting Network Mobility in IEEE 802.16e BWA System,” *Wireless Commun. Networking and Mobile Computing 2007*, pp.1757-1760, Sept. 2007.

이 일 신 (Il-Shin Lee)

준회원



2007년 8월 인하대학교 전자공학과 학사 졸업
 2007년~현재 인하대학교 전자공학과 석사
 <관심분야> MIMO, OFDM, 차세대 이동통신

유 재 호 (Jae-Ho Yoo)

준회원



2008년 2월 인하대학교 전자공학과 학사 졸업
 2008년~현재 인하대학교 전자공학과 석사
 <관심분야> 4G, OFDM, UWB, 수중통신

이 윤 주 (Yoon-Ju Lee)

정회원



1974년 2월 숭실대학교 전자공학과 학사 졸업
 1989년 2월 숭실대학교 전자공학과 석사
 1998년 2월 숭실대학교 전자공학과 박사
 1975년~1978년 (주) 대한통신

1979년~현재 한국전자통신연구원

<관심분야> 디지털 스위칭, 데이터통신, 차세대 이동통신

권 동 승 (Dong-Seung Kwon)

정회원



1985년 2월 연세대학교 전자공학과 학사 졸업
 1987년 2월 연세대학교 전자공학과 석사
 1988년~현재 한국전자통신연구원 근무
 2004년 연세대학교 전자공학과 박사.

<관심분야> 차세대 이동통신 무선전송 기술

정 재 학 (Jaehak Chung)

종신회원



1988년 2월 연세대학교 전자공학과 졸업
 1990년 2월 연세대학교 전자공학과 석사
 2000년 University of Texas at Austin 전기전산 학과 박사
 2000년~2001년 post doctoral

fellow, University of Texas at Austin

2001년~2005년 수석연구원, 삼성종합기술원

2005년~현재 조교수, 인하대학교

<관심분야> cognitive radio, 차세대 무선 이동통신, MIMO-OFDM, UWB, cross layer 설계