내장형 안테나 어레이 기반의 차세대 차량용 이동통신 시스템 기술

조용수* | 추호성** | 임성준* | 이정우* | 이정륜* | 최용훈*** | 조성래* | 고요한*
*중앙대학교, **홍익대학교, ***광운대학교

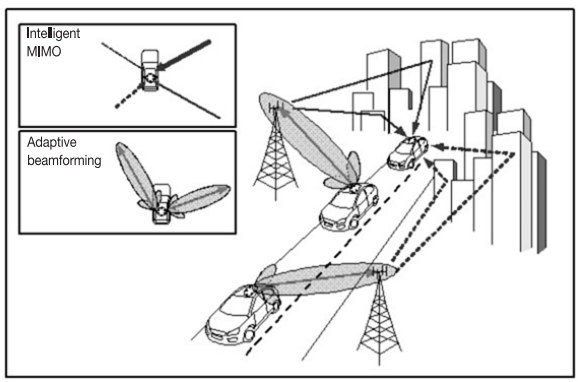
요 약

본 고에서는 차량의 탑승자에게 고속, 고품질, 고신뢰도의 정보, 엔터테인먼트, 인터넷 등의 서비스를 제공하여 차량을 이동 오피스 (mobile office) 공간으로 만들 수 있도록 하기 위한 내장형 안테나 어레이 기반의 차세대 차량용 이동통신 시스템 기술에 대하여 알아본다.

I. 서 론

최근 이동통신시스템에서 기지국과 단말기 사이에 릴레이 스테이션을 설치하여 셀 커버리지를 확대하거나, 수율(throughput)을 증대시킬 수 있는 다중 홉 릴레이(multi-hop relay)에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다[1]. 이에 관련된 표준화 활동으로서 Mobile WiMAX 시스템의 다중 홉 릴레이 도입을 위한 IEEE802.16j 규격이 완료되었으며, IMT-Advanced 후보 기술로 유력시 되는 IEEE 802.16m 과 3GPP LTE-Advanced에서 다중 홉 릴레이 도입을 위한 연구가 진행 중이다[2]. 또한 차량의 탑승자에게 효율적인 정보 전달을 위하여 이동 릴레이에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 본 고에서는 차량의 탑승자에게 고속, 고품질, 고신뢰도의 정보, 엔터테인먼트, 인터넷 등의 서비스를 제공하여 차량을 이동 오피스 공간으로 만들 수 있도록 하기 위하여 내장형 안테나 어레이/다중안테나를 갖는 이동 또는 차량용 무선통신 시스템 기술에 대하여 설명한다.

(그림 1)은 내장형 안테나 어레이/다중안테나를 갖는 차량용 이동 릴레이의 예를 나타낸다. 자동차 미관을 고려하여 돌출되지 않는 내장형 안테나 어레이/다중안테나를 차량 외부에 장착하여 탑승자에게 인포테인먼트 서비스를 제공하기 위하여 할 수 있는 기술이 필요하다. 이를 위하여 차량 안테나의 돌출 및 특성 손실을 최소화하기 위해 차량 구조체를 최대한 활용하는 온-글래스 및 내장형 안테나 설계 기술과 다양한 무선 통신 환경에 적합한 MIMO 및 Beamforming 통합형 차량용 안테나 어레이를 차량 구조 별로 고려하여 설계하는 기술이 필요하다.



(그림 1) 내장형 안테나 어레이/다중안테나를 갖는 차량용 이동 릴레이

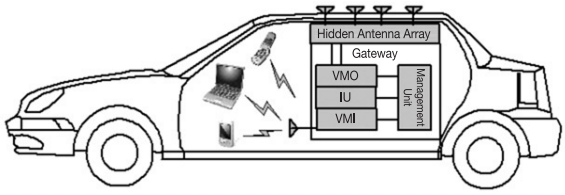
(그림 2)는 차량용 무선통신 시스템의 구성 블록을 나타낸다. 이는 차량 외부의 내장형 안테나 어레이/다이버시티 안테나, 차량 외부와 송수신을 위한 차량용 모뎀(Vehicular Modem for Outdoor; VMO), 차량 외부와 차량 내부의 망 정

합을 위한 Interworking Unit, 탑승자 단말기를 대신하여 기지국과의 연결 및 상태를 제어하는 Management Unit, 차량 내부 탑승자에게 송수신을 위한 차량 내부 전송 블록(Vehicular Modem for Indoor; VMI)으로 구성된다. 또한 셀룰러 채널 환경, 듀플렉싱 방식, 핸드오버 방식, 셀에서의 차량의 위치, 차량 외부와 내부의 전송 방식, 차량 외부와 내부의 전송 구간 등에 최적화된 안테나 어레이를 갖는 차량의 송수신 기술과 차량 외부와 내부의 무선이동통신 네트워크 연동 방식 및 듀플렉싱 방식을 고려하여 고속으로 이동하는 다중 사용자에게 높은 전송 속도를 보장하기 위한 최적의 QoS 보장 기법 및 이동성관리 기술과 이를 효과적으로 지원하기 위한 망정합 기술에 대해 연구한다.

II. 연구의 필요성

차세대 차량은 단순 운송 수단에서 벗어나 인터넷 서비스 등이 가능한 인포테인먼트 공간으로 발전하여 이동 오피스화 될 것으로 예상된다. 이를 위해서 승용차, 버스, 기차 등의 차세대 차량에서는 외부 세계와 고속, 고신뢰도의 접속(connectivity)이 필수적으로 요구된다. 일반 소형 단말기의 경우에는 단말의 크기 제약으로 인해 안테나 어레이의 탑재가 어려우나, 차량에서는 단말기에 비해 크기의 제약이 적어 안테나 어레이의 탑재가 용이하고 전력 소모에 대한 제약이 적다는 장점이 있다. 또한 최근에는 메타물질 등의 기술을 이용하여 외부로 돌출되지 않는 내장형 안테나 어레이 기술이 개발 중에 있다[3]. 이러한 안테나 어레이를 갖는 차세대 차량에서는 빔형성 기법을 사용하여 기지국과 고속, 고신뢰도의 접속이 가능하게 된다.

현재 국내의 이동통신 분야는 높은 기술 경쟁력을 갖고 있는 것으로 평가된다. 셀룰러 이동통신 단말기의 생산은 세계 2~5위로서 현재 차세대 이동통신(와이브로, 3GPP-LTE) 분야에 연구 개발을 활발히 수행하고 있으나, 차세대 차량용 이동통신 기술에 대해서는 아직 활발한 연구가 이루어지지 않고 있다. 따라서 내장형 안테나 어레이를 갖는 차량에 특화된 안테나 설계 기술, 차량 외부와 내부의 송수신 방식, 망간 정합 기술, 플랫폼 기술에 대한 연구가 필요하다. 국내



(그림 2) 차량용 무선통신 시스템이 구성 블록

의 발전된 이동통신 기술, 내장형 안테나 어레이 설계 기술, 그리고 자동차 제조 기술의 기술간 융합을 통하여 차세대 이동 오피스를 위한 기술의 선도가 가능할 것으로 예상된다. 내장형 안테나 어레이 기반의 차세대 차량용 이동통신 시스템 기술은 차량과 인프라(V2I) 통신뿐만 아니라 차량간(V2V) 통신에서도 차량의 안테나 어레이를 사용하여 고도의 신뢰성 있는 링크를 구성할 수 있기 때문에 활용이 가능하다. 또한 안테나 어레이를 갖는 차량과 기지국 사이에 고도의 링크 신뢰성을 제공할 수 있기 때문에 군 통신, 이동통신시스템, 이동 메쉬시스템 등에서 backhaul 이동 기지국/릴레이로서도 활용이 가능하다.

III. 국내외 기술 현황

미국의 경우 자동차 제조업체가 주도하는 선 장착 시장(Before Market; BM)을 중심으로 발전하고 있으며, 1996년 포드에 이어 1997년 GM은 자회사인 On-Star를 통해 긴급구난 중심의 'Operator Interface' 텔레매틱스 시스템을 시작하였다. 일본의 경우 Toyota, Honda, Nissan 등의 업체들이 초창기 버전의 텔레매틱스 서비스를 최근 대폭 네트워크화 하여 산업을 주도하고 있으며, 각 회사는 각각 G-Book, InterNavi Premium, Carwings 서비스를 제공하고 있다. 일본에서는 인구대비 높은 내비게이션 사용률과 VICS와 같은 정부 주도의 추진력 있는 ITS Initiative와 같은 교통 인프라가 이미 구축되어 있지만, 기본적인 메시지 송수신 기능을 지원할 수 있을 정도의 통신속도(9.6kbps) 만이 가능하므로, G-Book이나 AirNavi(144kbps)와 같은 대용량 데이터 수신을 위한 통신속도 제공이 필요하다. 유럽은 독일, 프랑스, 이

탈리아, 영국과 같은 서유럽의 주요 4개국에 의해 주도되고 있으며, 최근 이동통신 단말과의 연계성 확보를 통해 다양한 내비게이션/엔터테인먼트용 단말이 출시되고 있어 TM 단말 메이커들의 위상이 강화되고 있다. 유럽의 경우에는 GSM 기반의 이동통신망의 장점이 있지만, 다국어 문화의 제약, 지역별 도로사정 등의 상이한 환경은 시장 확대에 장애 요소로 작용한다.

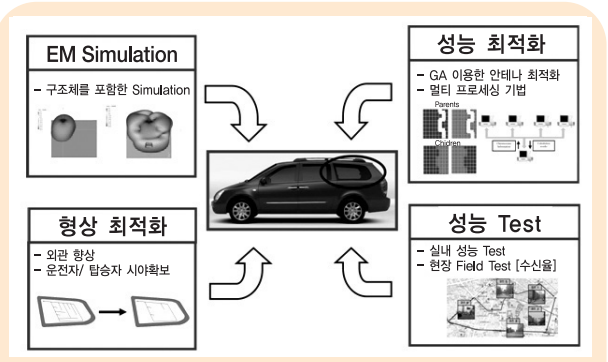
국내의 경우 차량내 인터넷 및 정보 서비스를 위하여 단일 안테나를 갖는 차량의 텔레매틱스 어플리케이션이 현재 개발되고 있다. 대표적인 제품으로는 현대/기아 자동차의 모젠(MOZEN), 르노삼성 자동차의 INS-300, 쌍용 자동차의 Ever-way 등의 서비스가 있다. 이러한 국내의 기술은 교통안내와 각종 서비스와의 융합 서비스 (카 내비게이션과 지상파 DMB(T-DMB)가 결합된 형태의 제품)를 제공한다. 그러나 차세대 이동 오피스에서 필요한 고속의 무선 링크 형성을 위하여 내장형 안테나 어레이를 갖는 차량용 이동통신 시스템의 상용화된 제품이 없다.

IV. 연구내용

1. 차량용 온-글래스 MIMO 안테나 설계 기술

차량용 안테나는 폴 형태의 안테나나 마이크로 안테나 또는 샤크 핀 안테나와 같이 외부 돌출 형 안테나가 사용되고 있다. 하지만 이러한 안테나들은 차량 미관상 좋지 않으며, 공기마찰로 인해 내구성이 낮고, 플라스틱 케이스 등을 사용하여 안테나를 보호하므로 추가적인 비용을 요구한다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 방안으로 최근에는 차량 유리 표면에 안테나를 직접 인쇄하는 온-글래스 안테나가 FM/AM등 일부 응용분야에 사용되고 있으며, 이 경우 안테나 형상을 유리 표면에 인쇄하기 때문에 생산 단가를 줄일 수 있다는 장점을 가진다. 따라서 온-글래스 안테나 기술을 차량용 MIMO 통신시스템에 적용하여, 안테나의 내구성 및 차량 외관을 개선시키면서도 효율적으로 throughput capacity를 증가시킬 수 있는 온-글래스 MIMO 안테나 설계 기법이 필요하다. 온-글래스 MIMO 안테나는 낮은 단가로 제작이 가능하면서도, 파장에 비해 넓은 유리면적(1.2 m X 0.75 m)을 사용하므로 MIMO 안테나들 사이에 높은 isolation과 낮은 correlation을 유지할 수 있는 장점을 가진다.

(그림 3)은 차량용 온-글래스 MIMO 안테나의 개발 순서도를 보여준다. 먼저 구조체를 포함한 안테나의 정확한 성능 예측을 위해 차량을 포함한 EM simulation 환경 및 조건을 확립한 뒤, 최적화 알고리즘을 사용하여 안테나의 복사패턴, 이득, 효율 및 throughput capacity 등을 최적화한다. 최적화된 안테나의 방사성능은 실내 반무반사실 측정 및 야외 field 테스트를 통해 검증되며, 형상 간략화 기법 및 투명화 기법을 이용하여 탑승자의 시야를 추가적으로 확보하고 미관을 개선하여 사용차량에 적용이 가능한 수준으로 개발이 완료된다.



(그림 3) 온-글래스 MIMO 안테나 개발 순서도

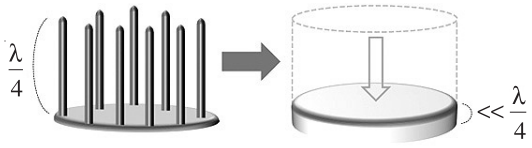
2. 차량용 내장형 안테나 어레이 설계 기술

현재까지 FM/AM, DMB, GPS등과 같은 일방적인 신호 수신에 국한되었던 차량용 안테나는 이동 통신 환경으로 확장될 때, 기존 소형 단말기의 한계를 극복함과 동시에 차량의 기능 또한 확정할 수 있게 된다. 즉, 기존의 이동통신 시스템에서 사용되는 일반 소형 단말기는 공간적인 제약으로 인해 안테나 성능을 향상시키기 위한 기술을 적용하기가 쉽지 않으나, 충분한 공간을 확보할 수 있는 차량에서는 스마트 안테나 기술 및 다중안테나 기술을 사용하여 차량 내의 탑승자에게 고속, 고품질, 고신뢰도의 데이터 전송이 가능하게 된다. 이처럼 차량에 탑재된 다중 안테나의 높은 이득은 단말기 안테나의 성능을 향상시킴으로써, 사용자와 외부 세계(인터넷) 사이의 connectivity를 안정되게 유지할 수 있기 때

문에, 이동 통신을 위한 차량용 안테나 어레이가 개발될 필요가 있다.

한편, 단말기용 안테나가 과거 외장형 안테나에서 오늘날 내장형 안테나로 대체된 것처럼, 차량용 안테나 역시 돌출된 모노폴형 안테나에서 차량 미관을 고려한 내장형 안테나로 대체되고 있다. 하지만 현재 상용화되고 있는 내장형 안테나의 경우 수직 편파 특성을 가지기 위해 부분적인 돌출을 피할 수 없다. 위성 통신의 경우 마이크로 스트립 패치 안테나를 이용하여 low-profile로 구현하는 데 용이하지만, 지상 통신의 경우에는 low-profile 구현에 어려움이 있다. 특히 그림 4와 같이 다수의 안테나를 요구하는 어레이 구조에서는 더욱 내장형 안테나에 대한 요구가 필요하다. 따라서 온전한 low-profile 형태의 내장형 안테나 구현을 위해서는 기존의 접근 방식과는 전혀 다른 새로운 기술을 도입함으로써 차량용 안테나의 내장화 문제를 돌파할 필요가 있다.

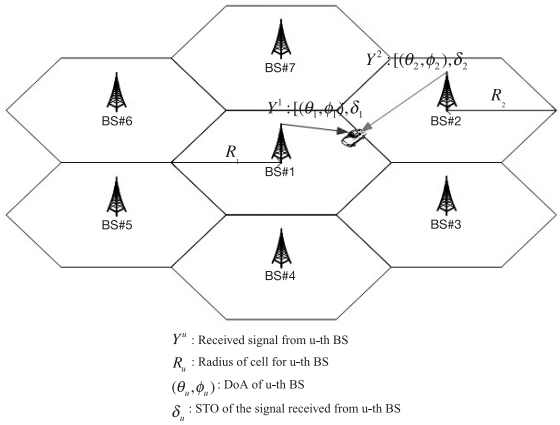
안테나 어레이를 갖는 차량용 무선 통신 시스템은 위성 통신에만 상용화되고 있고 지상파 이동 통신에는 현재 국내외적으로 상용화된 제품이 없으며, 차량 내 인터넷 및 정보 서비스의 일부는 차량(단일 안테나)의 텔레매틱스 어플리케이션만으로 개발되고 있다. 또한, 'hidden 안테나' 개념의 완벽한 내장형 안테나 역시 국내외적으로 개발된 사례가 없으며, 샤크핀 형태의 안테나와 같은 부분 돌출 형태를 내장형 안테나로 여기고 있다. 단말기 안테나가 과거 외장형에서 내장형으로 이동한 것처럼, 차량용 안테나도 외장형에서 내장형으로 이동될 것으로 예상되므로, 내장형 안테나 어레이의 기술 개발이 필요하다.



(그림 4) 차량용 안테나 어레이의 내장화를 위한 개념도

3. 안테나 어레이를 갖는 차량용 송수신 기술

안테나 어레이를 갖는 이동 릴레이에서 각 기지국으로 빔을 형성하기 위하여 각 기지국의 입사각(DoA)을 추정해야 한다. 기존의 스마트 안테나를 갖는 기지국에서는 기지국에서 그 셀 내의 단말기의 입사각만 추정하여 빔형성을 이루면 되는 것에 비하여, 안테나 어레이를 갖는 이동 릴레이에서는 주위의 기지국에서 수신되는 신호로부터 입사각과 셀 탐색을 함께 추정해야 한다. (그림 5)에 나타난 바와 같이 주파수 재사용 계수가 1인 셀 경계에 있는 이동 릴레이가 하드 핸드오버를 사용하는 경우에는 인접 기지국의 신호가 간섭으로 작용하기 때문에 간섭 기지국에 대해 널(null) 빔을 형성하여 간섭을 제거해야 하며, 소프트 핸드오버를 사용하는 경우에는 목표 기지국과 서빙 기지국의 신호를 결합(combining) 하여 셀간 간섭을 최소화할 수 있다. 따라서 이동 릴레이에서는 수신되는 신호의 입사각이 각각 어느 기지국에 해당하는지를 알아야 한다. 이 경우에 기존의 빔 형성 기법과 셀 탐색기법을 사용할 경우에 복잡도가 높고 수행시간이 길어 빠른 속도로 이동/회전하는 차량에는 적용하기 어렵다. 또한 인접한 기지국들에서 입력되는 신호에 심볼 타이밍 옵셋과 주파수 옵셋이 존재하기 때문에 잘못된 셀 선택 또는 빔형성이 이루어질 수 있어 이동 릴레이에 적합한 송수신 기술에 대한 연구가 필요하다[6].



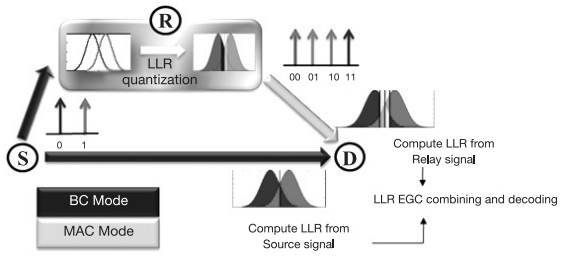
(그림 5) 셀 경계에 위치하는 차량용 이동 릴레이의 예

4. 안테나 어레이를 갖는 차량용 부호화 기술

높은 수율 및 높은 신뢰성을 요구하는 이동 릴레이 통신의 경우, 낮은 계산 복잡도로도 높은 부호화 이득을 얻을 수 있는 릴레이 채널 부호의 사용이 필요하다. 또한 안테나 어레이를 갖는 릴레이의 경우에는 MIMO-HARQ 기법의 사용을 통해 수율 및 통신 신뢰성을 더욱 향상시킬 수 있다.

릴레이는 기지국 및 단말과의 채널상태를 지속적으로 모니터링하여 기지국과 릴레이의 송신 전력을 결정하며, 증폭 후 전달 (AF: amplify-and-forward) 릴레이 프로토콜, 복호 후 전달 (DF: decode-and-forward) 릴레이 프로토콜과 추정 후 전달 (EF: estimate-and-forward) 릴레이 프로토콜을 적응적으로 선택하여 사용할 수 있다. EF 프로토콜을 사용하는 경우, 릴레이는 Weiner-Ziv 코딩을 사용하여야 최적의 성능을 낼 수 있는 것으로 알려져 있다. 그러나 잘 설계된 스칼라 양자화를 사용하는 경우[7], 릴레이의 연산 복잡도를 대폭 줄일 수 있는 반면 기지국으로부터 단말까지의 전송 오류율 성능 저하는 무시할 만하다.

한편 MIMO-HARQ 시스템에 다중 CRC를 적용하게 되면 단일 CRC를 사용하는 경우에 비해 향상된 수율을 얻을 수 있다. 또한 MIMO-HARQ를 사용하여 서브블록을 선택적으로 재전송하는 경우, 시공간 블록 부호를 사용함으로써 부호화 이득 및 다이버시티 이득을 얻을 수 있다. 또한 직교 시공간 블록 부호를 계층화한 Multi-strata space time code(MSSTC)를 효율적으로 변형하여 사용하는 경우, 반복 재전송을 통해 계층 간 간섭을 제거할 수 있는 동시에 높은 수율을 얻을 수 있다[8]. 이러한 기술들을 통해 고속으로 이동하는 차량용 릴레이를 포함하는 통신 시스템의 신뢰성을 높일 수 있는 동시에 수율의 향상을 기대할 수 있다.

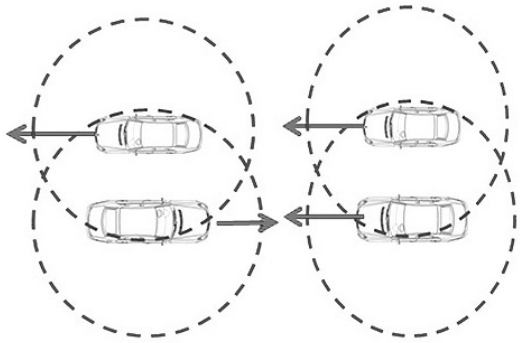


(그림 6) 추정 후 전달 프로토콜의 개념도

5. 차량용 망정합 시그널링 및 내부망간 간섭회피 기술

사용자 이동 단말은 외부에서 사용되다가 차량 내에 진입할 때도 차량에서 제공하는 고신뢰도의 이동통신 서비스를 인증이 확인될 경우에 끊김 없이 자동으로 이관받아 사용할 수 있어야 한다. 이를 위하여 차세대 차량용 이동통신 시스템은 사용자 단말을 수용하는 내부 망과 외부 망을 연동시켜주는 게이트웨이가 필요할 것으로 예상된다. 이때 내부 망을 따로 두는 이유는 라이센스가 없는 무료의 무선망을 사용자 단말이 차량 내부에서 사용함으로써 다수의 사용자 단말을 하나의 계정으로 통합하여 외부 이동통신망에 접속할 수 있는 장점이 있기 때문이다. 이를 위해 사용자 단말은 게이트웨이의 내부 망에 접속됨과 동시에 사용자 단말을 인증/키 교환을 통하여 이동통신 외부 망과 접속하는 망정합 시그널링이 필요하다.

또한, 향후 차량의 내부 망이 탑재된 서비스가 증가할 것으로 예상되는 가운데, 차량이 밀집되어 있는 경우 기존의 내부 망과 동일한 네트워크를 사용하는 빌딩과 다른 차량의 내부 망에서 발생되는 전파로 인해 간섭현상이 심각하게 될 것으로 예상된다. (그림 7)에서와 같이 차량의 내부 망간 간섭은 차량의 이동성에 따라 달라 질 수 있다. 이 경우 각각의 경우에 간섭시간을 최소화할 수 있는 기술 개발이 절실하다.



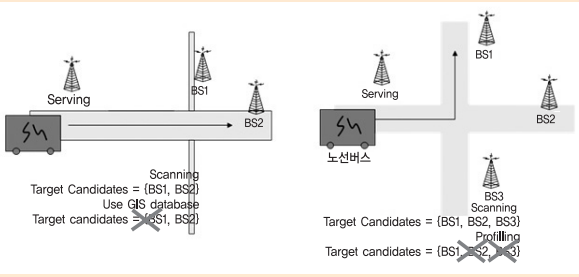
(a) 간섭시간이 짧은 경우 (b) 간섭시간이 긴 경우

(그림 7) 차량의 이동성에 의한 차량 내부망 간섭 개요

6. 차량용 이동성 관리 및 핸드오버 기술

차량에 적합한 이동성 관리를 위해서는 첫째, 차량 이동 특성을 고려해야 한다. 중대형 차량 (기차, 버스)은 정해진 경로를 따라 이동하는 특징이 있다. 이 경우 이동 경로를 학습하여, 핸드오버 시 적절한 목적지 기지국으로 핸드오버 하는 것이 효율적이다. 소형 차량(자가용)의 경우에는 반복 학습을 통하여 경로상의 최적의 기지국들을 선택하여 핸드오버 빈도를 줄일 수 있으며, 처리율(throughput)을 향상시

킬 수 있다. (그림 8)에 지리정보시스템과 이동 경로 학습을 통한 적절한 기지국 선택의 예가 나타나 있다.



(그림 8) 이동경로 학습과 지리정보시스템을 위한 차량용 핸드오버 기술

둘째, 고속 이동시에도 끊김 없는 서비스 제공을 위한 고속 핸드오버 기법이 필요하다. 현재 네트워크 계층에서 많은 고속 이동성 관리 기법들이 표준화되고 있다[9][10]. 이 기법들이 링크계층과 계층 통합적 (cross-layer)으로 동작할 때, 핸드오버 지연을 최소화 할 수 있다. 이를 위해 차량의 이동 속도, 방향 등을 고려하여 L2 Trigger를 발생시킬 수 있는 연구가 필요하다. 이 때 다양한 예측 알고리듬을 이용하여 신호의 세기, 차량의 위치 등을 추정하여 핸드오버 시점을 앞당길 수 있다. 적절한 예측이 수반되면 핸드오버 지연을 줄일 수 있어 끊김 없는 서비스 제공이 가능하다.

셋째, 그룹 핸드오버 기능이 필요하다. 중대형 차량의 경우 이동 릴레이, 중계기 또는 소형 기지국을 차량에 탑재할 수 있다. 이 경우, 현재 제시되어 있는 NEMO (Network Mobility) 기술 외에도 링크 계층에서도 이를 효과적으로 지원할 수 있는 기술 연구가 필요하다.

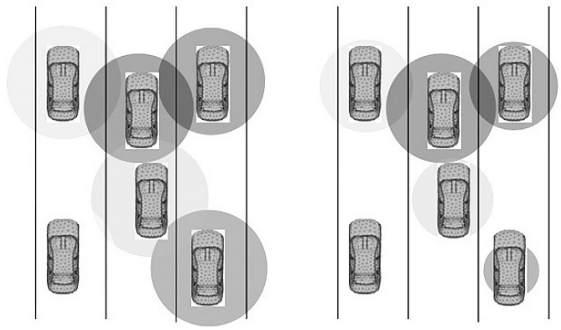
7. 이동 릴레이간 간섭회피 기술

현재까지 셀간 간섭완화에 관한 다양한 방법들이 연구되었다. FFR(Fractional frequency reuse), SFR(Soft frequency reuse) 등의 여러 가지 간섭완화 기술이 있으나 모든 기술들이 간섭완화를 위하여 접근하는 방식은 주파수 할당이나 전송파워를 조절하는 방식으로 정리할 수 있다.

하지만 FFR이나 SFR같은 간섭완화 기술이 차량용 이동 릴레이에 적용되기에는 다소 문제점이 많다. 첫째, 서비스 반경이 불과 수 미터에 불과한 차량 내의 서비스를 위해 셀을 내곽지역과 외곽지역으로 나누기는 현실적으로 어렵다. 설령 수 미터에 불과한 차량용 이동 릴레이 셀을 외곽지역과 내곽지역으로 나눈다 하더라도 밀집했을 때만 간섭이 심해지는 이동 릴레이의 특성상 FFR이나 SFR같은 간섭완화 기술은 릴레이의 밀집도가 낮은 상황에서 오히려 성능열화를 가져올 수가 있다. 위와 같은 점을 고려했을 때, 차량의 밀집여하로 인한 간섭양의 증감에 따라 능동적인 간섭완화 기술 개발이 필요하다.

이동 중계기의 밀도가 높아 간섭이 심해져 성능열화가 발생하였을 때 중계기간 통신을 하여 주파수를 조절하는 방식을 생각할 수 있다. 그러나 기지국-중계기-단말로 이어지는 릴레이 네트워크는 two-hop 상황이기 때문에 각각의 중계기는 기지국에게 동기화되어 있어 중계기간 직접적인 통신은 불가능하다. 위의 특성 및 이동성을 고려하여 차량용 릴레이의 간섭완화를 위하여 동적이고 분산적 방법의 간섭완화 기술이 필요하다.

(그림 9)는 차량의 밀집 등의 상황에 따라 차량용 릴레이의 전송파워를 동적, 분산적으로 사용하는 예를 나타낸다.



(그림 9) 차량의 밀집상황에 따른 파워 할당 개념도

V. 결 론

본고에서는 차세대 이동 오피스에서 고속, 고신뢰도의 정보를 제공받기 위하여 필요한 핵심 기술에 대하여 설명하였다. 이와 같은 기술이 성공적으로 개발되어 안테나 어레이를 갖는 차량과 기지국 사이에 고도의 링크 신뢰성이 가능

하고 차량용 이동성 관리, 핸드오버, 간섭회피가 이루어지면 차세대 차량용 이동통신시스템, 군 통신 시스템, 이동 메쉬시스템 등에서 이동 기지국/릴레이/노드 로서도 활용이 가능하다.

Acknowledgement

본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원 의 IT 산업원천기술개발사업의지원[KI002084, 내장 형 안테나 어레이 기반의 차세대 차량용 이동통신 시스템 기술연구]에 의하여 이루어 졌음.

참 고 문 헌

[1] S.W. Peter and R.W. Heath Jr., "The Future of WiMAX: Multihop Relaying with IEEE 802.16j," IEEE Commun. Mag., vol. 47, no. 1, pp. 104-111, Jan. 2009.

[2] IEEE Std. 802.16jTM-2009, "Part 16: Air Interface for Broadband Wireless Access Systems, Amendment 1: Multihop Relay Specification."

[3] R.W. Ziolkowski and A. Erentok, "Metamaterial-based Efficient Electrically Small Antennas," IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 54, no. 7, pp. 2113-2130, Jul. 2006.

[4] Hansen, T. and Hofmann, F., "Automotive Multi- and Broadband Monopole Antenna for GSM, WLAN, and UWB Applications," IEEE Int. Conf. Ultra-Wideband 2008, pp. 219-222, 2008.

[5] Walbeoff, A. and Langley, R. J., "Multiband PCB antenna," IEE Proc.-Microw. Antennas Propag., 2005, 152, (6), pp. 471-475, 2005.

[6] Y. H. Ko, Y. J. Kim, H. I. Yoo, W. Y. Yang, and Y. S. Cho, "2-D DoA Estimation with Cell Searching for a Mobile Relay Station with Uniform Circular Array," IEEE Tran. Commun., vol. 58, no. 10, pp. 2805-2809, Oct. 2010.

[7] A. Chakrabarti, E. Erkip, A. Sabharwal and B. Aazhang, "Code Designs for Cooperative Communication," IEEE Signal Processing Magazine, vol. 24, no. 5, pp. 16-26, Sep. 2007.

[8] M. Samuel and M. Fitz, "Multi-Strata Codes: Space-Time Block Codes with Low Detection Complexity," IEEE Trans. Commun., vol. 58, no. 4, pp. 1080-1089, Apr. 2010.

[9] R. Koodli, "Fast Handovers for Mobile IPv6," RFC 4068, Jul. 2005.

[10] K. El Malki, "Low-Latency Handoffs in Mobile IPv4," RFC 4881, Jun. 2007.

[11] M. Salem, A. Adinoyi, H. Yanikomeroglu, and Y. D. Kim, "Radio Resource Management in OFDMA-based Cellular Networks Enhanced with Fixed and Nomadic Relays," WCNC, 2010.

약 력

조 용 수

1984년 중앙대학교 전자공학과 졸업 (공학사)
1987년 연세대학교 전자공학과 졸업 (공학석사)
1991년 The University of Texax at Austin 졸업 (공학박사)
1992년 ~ 현재 중앙대학교 전자전기공학부 교수
2001년 ETRI 이동통신연구단 초빙연구원
2003년 ~ 2007년 TTA 휴대인터넷(와이브로) 프로젝트 그룹 무선접속 실무반 의장
관심분야 : MIMO-OFDM 모뎀 설계, IMT-Advanced 시스템 알고리듬 개발 및 FPGA 구현, 이동 릴레이, 이동 메쉬 통신시스템 알고리듬 개발, FPGA 구현

추 호 성

1998년 한양대학교 전파공학과 (공학사)
2000년 미국 Univ. of Texas at Austin 전자전기공학부 (공학석사)
2003년 미국 Univ. of Texas at Austin 전자전기공학부 (공학박사)
2003년 ~ 2003년 미국 Univ. of Texas at Austin 전자전기공학부 (Post Doctor)
2003년 ~ 현재 홍익대학교 전자전기공학부 부교수
2006년 ~ 현재 한국전자파학회 학회지, 영문학회지 편집위원
관심분야 : 초소형 안테나, 최적화 알고리즘을 이용한 안테나 설계, RFID용 태그 및 리더 안테나

임 성 준

2002년 연세대학교 공과대학전자공학과 (공학사)
2004년 University of California Los Angeles 전기공학과 (공학석사)
2006년 University of California Los Angeles 전기공학과 (공학박사)
2006년 ~ 2007년 University of California, Irvine Post-Doc.
2007년 ~ 현재 중앙대학교 전자전기공학부 조교수
관심분야 : 마이크로파 회로 및 안테나

이 정 우

1994년 서울대학교 전기공학과 (공학사)
1996년 서울대학교 전기공학과 (공학석사)
2003년 University of Illinois at Urbana-Champaign, Ph.D. in Electrical Engineering
2003년 ~ 2004년 University of Illinois at Urbana-Champaign, Research Associate
2004년 ~ 현재 중앙대학교 전자전기공학부 교수
관심분야 : 통신시스템, 오류정정부호, 정보이론, 무선통신, 신호처리

약 력

이 정 륜

1995년 서울대학교 수학과 (공학사)
1997년 서울대학교 수학과 (공학석사)
2006년 한국과학기술대학교 (공학박사)
1997년 ~ 2006년 LG전자 이동통신연구소 책임연구원
2006년 ~ 2008년 인천대학교 전임강사
2008년 ~ 현재 중앙대학교 전자전기공학부 조교수
관심분야 : 저전력 통신 프로토콜, 메쉬 네트워크, 네트워크 이동성, 생체모방 통신 등

최 용 훈

1995년 연세대학교 전자공학과 (공학사)
1997년 연세대학교 전자공학과 (공학석사)
2001년 연세대학교 전기전자공학과 (공학박사)
2001년 ~ 2002년 (미)매릴랜드 주립대 Postdoctoral Research Associate
2002년 ~ 2005년 LG전자 정보통신사업부 네트워크 연구소 책임연구원
2005년 ~ 현재 광운대학교 정보제어공학과 부교수
관심분야 : 차량 통신 시스템, 트래픽 엔지니어링, Ad hoc 네트워크, 네트워크 관리

조 성 래

1992년 고려대학교 전자 전산공학과 (공학사)
1994년 고려대학교 전자공학과 (공학석사)
2002년 미국 조지아공대 전기및컴퓨터공학과 (공학박사)
1994년 ~ 1996년 한국전자통신연구원 연구원
2003년 ~ 2003년 삼성종합기술원 전문연구원
2003년 ~ 2006년 미국 조지아서던대학교 컴퓨터학과 조교수
2006년 ~ 현재 : 중앙대학교 컴퓨터공학부 부교수
관심분야 : 무선네트워크, 유비쿼터스 컴퓨팅

고 요 한

2005년 중앙대학교 전자전기공학부 졸업 (공학사)
2007년 중앙대학교 전자전기공학부 졸업 (공학석사)
2007년 ~ 현재 중앙대학교 전자전기공학부 박사과정
관심분야 : 디지털통신, OFDM, MIMO, MMR 시스템