

移動통신 시스템에 응용되는 광통신 기술



정 종 민

선임연구원 SK텔레콤(주) 중앙연구원

1. 서 론

친구와의 약속시간에 늦어 황급히 연락하려 할 때 두리번거리며 공중전화를 찾다가 공중전화가 눈에 띄지 않을 때 얼마나 안타까웠던가. 그러나 이제는 약속장소로 달려가면서 연락을 한다. 주머니에 移動전화가 있기 때문이다. 얼마나 고마운지... 유선에서 오는 제약으로부터 탈피하여 자유롭게 移動하며 통신할 수 있다는 매력으로 인해 移動통신에 대한 수요는 날로 폭증하고 있다. 최근 통계자료에 의하면 우리나라 전체 인구의 다섯 명 중에 한명은 移動전화를 소유하고 있다고 한다.

한편, 최근 해외토픽에 의하면 미국 10대 청소년의 75퍼센트가 매일 2시간 이상 인터넷에 접속하여 필요한 정보도 얻고 대화도 나눈다고 한다. 우리나라에서도 많은 사람들이 인터넷을 이용하고 있다. 이러한 엄청난 양의 정보를 전달하고 전달받기 위해서는 초고속 정보통신 인프라가 요구된다. 광통신 기술은 바로 이 분야에서 엄청난 진가를 발휘하고 있다. 우리나라에서도 광소자 기술 및 광통신 시스템 기술이 급속히 발전하고 있으며 현재는 10 Gbps급 이상의 광통신 시스템에 대한 연구개발이 활발히 전개되고 있다.

누군가는 무선통신을 제트기에 비유했고 광통신을 고속전철에 비유했다. 무선통신에서 가장 매력적인 移動통신과 유선통신에서 가장 뛰어난 광통신 기술이 서로 접목될 수 있을 것인가?

그렇다면 구체적으로 어떻게 그리고 무슨 잇점으로 인해 이러한 접목을 시도하게 된 것일까? 그리고 앞으로 이러한 접목은 정보통신 사회로 가는데 어떻게 기여할 수 있을 것인가? 본 고에서는 이 질문들에 대한 답을 간략히 소개하고자 한다.

2. 본 론

2.1 移動통신 시스템

<移動통신 시스템의 구성>

移動통신 시스템에는 여러 가지 방식이 있지만, 본 고에서는 우리나라에서 세계 최초로 상용화에 성공한 CDMA(Code Division Multiple Access: 부호분할 다중접속)방식 移動통신 시스템을 중심으로 설명하고자 한다.

그림 1에 보인 바와 같이 移動통신 시스템은 크게 移動단말기, 기지국, 그리고 移動전화교환국으로 구성되어 있다.

移動단말기는 우리가 흔히 말하는 휴대폰 또는 移動전화 등을 말한다. 移動단말기는 移動전화서비스 개시 이래 배터리기술과 저전력 소자기술 발전으로 인해 점점 그 크기가 작아지고 있으며 무게 또한 가벼워지고 있다. 우리가 보통 이용하는 휴대폰의 경우 최대 출력이 0.2 Watt 이상이다. 移動단말기는 기지국과 移動전화교환국을 통해 통화가 연결된다.

移動전화교환국은 각 기지국과 일반적으로 다수의 E1/T1 (2.048Mbps/1.544Mbps)급 전송로를 통하여 연결되어 있으며, 여러 기지국에서 전달된 移動단말기의 통화요구를 처리하여 연결하고 통화가 끝날 때까지 계속 유지하여 준다. 또한 모든 移動단말기의 가입사항을 관리하며 요금을 부과하는 기능과 移動단말기가 어느 지역에 등록되어 있는지를 기록 유지한다. 일반 유선전화망(PSTN: Public Switched Telephone Network)과 연결되어 일반 유선전화와 移動단말기를 연결하여 주기도 하고, 다른 지역에 있는 移動전화교환국과 연결되어 移動단말기와 다른 지역의 移動단말기와의 통화도 가능하게 하여준다.

기지국은 移動단말기와 移動전화교환국 사이에 연결을 담당하는 장비이다. CDMA방식 기지국은 음성신호를 코딩/디코딩하며 CDMA모뎀을 거쳐 무선주파수로 송출하거나 받아들이는 역할을 담당한다. CDMA방식에서 기지국과 移動단말기간의 통신언어로 볼 수 있는 것이 IS-95A라는 CAI (Common Air Interface) 프로토콜 표준이다.

<셀의 개념>

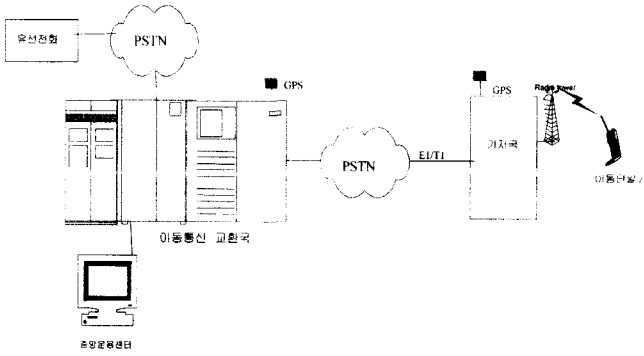


그림 1. CDMA 방식 移動통신 시스템 구성도.

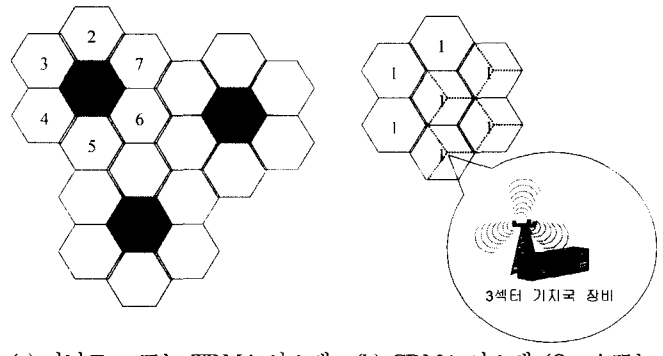
移動통신 시스템은 셀룰라 移動통신시스템이라고 말할 수 있다. 먼저 셀이란 개념을 이해하기 위하여 우리나라 移動통신 주파수 분배 현황을 살펴보자. 移動통신에 이용되는 무선주파수는 각 사업자에게 일정한 대역만큼 할당되어 있다. 국내의 경우 SK텔레콤과 신세기통신이 800 MHz 대역의 주파수 50 MHz를 이용하고 있으며 PCS사업자인 한국통신프리텔, LG텔레콤 및 한솔PCS가 1.7~1.8 GHz대역 60 MHz를 이용하고 있다.

제한된 주파수 대역을 이용해 많은 사람들에게 移動통신 서비스를 제공하기 위해서, 즉 주파수 이용효율을 높이기 위해서 셀룰라 개념이 도입되었다. 기지국 및 移動단말기에서 송출하는 최대출력의 범위는 법으로 제한하고 있으며, 이렇게 제한된 출력은 기지국에서 移動단말기까지의 최대 통신가능 거리를 제한하게 된다.

전파의 세기는 거리에 따라 크게 감쇄하므로 한 기지국에서 특정 무선주파수를 사용하고 있을 때 이곳으로부터 어느 정도 떨어진 곳에서 이 주파수를 재사용할 수 있다. 동일 주파수를 일정한 거리만큼 띄우고 재사용 함으로써 제한된 주파수 대역을 이용하여 넓은 지역의 많은 사람들에게 移動통신 서비스를 제공할 수 있는 것이다.

일반적으로 한 개의 移動통신 기지국에 의해 한 개의 셀이 구성된다. 셀의 형태는 실제 전파경로에 따라 다양한 모양이 될 수 있으나 통화품질, 설계 및 해석의 편의 등을 고려하여 그림 2에서 보는 바와 같이 벌집모양의 정육각형 모델이 사용된다. 셀은 옴니셀과 가입자 수용용량을 증대시키기 위해 다수의 섹터를 구분한 셀로 구분할 수 있다.

아날로그 또는 TDMA(Time Division Multiple Access: 시분할 다중접속방식) 옴니 시스템의 경우 보통 주파수 재사용 계수는 7이며, CDMA시스템의 경우는 모든 셀에서 같은 주파수를 이용할 수 있다. 일반적으로 도심지역에 설치되어 있는 기지국은 3섹터 구조를 가지며 CDMA의 경우 1.23 MHz 대역에 대해 한 섹터당 20~30명 정도의 동시사용자를 지원할 수 있다.



(a) 아날로그 또는 TDMA 시스템 (b) CDMA 시스템 (Omni 또는 omni) 3-sector)

그림 2. 셀 설계를 통한 주파수 재사용.

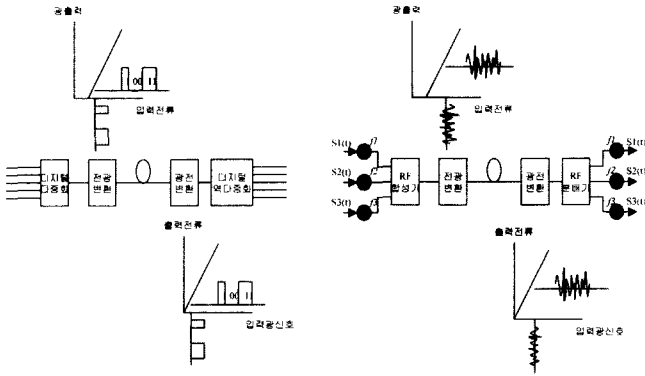
특정 셀에 통화량이 급격히 증가하게 되면 통화가 잘 이루어지지 않게 된다. 이때가 되면 移動통신 사업자는 일반적으로 주파수 자원을 추가할당 하여 증가된 통화요구에 대처하게 된다.

2.2 광통신 기술

현시대에서 가장 경제적이고 신뢰성 있는 유선통신 수단으로 광통신 기술을 꼽을 수 있다. 광통신 기술에도 디지털 방식과 아날로그 방식이 있다. 우리가 일반적으로 언급하는 광섬유를 이용한 광통신 기술은 디지털 방식으로 향후 각 가정에 광통신을 적용하고자 계획하고 있는 전송속도는 155 Mbps급이며 FTTH(Fiber-to-the-Home) 기술로 알려져 있다. 각 가입자에게 고속의 정보서비스를 제공하기 위해서는 기간 인프라의 초고속화가 필요하다. 이를 위해 2.5 Gbps를 넘어서 10 Gbps 및 100 Gbps 장거리 광전송 시스템 및 관련소자 개발로 이어지고 있다. 그림 3(a)에서 보는 바와 같이 디지털 방식은 디지털 신호들을 여러개 멀티플렉싱하여 고속화한 다음 광전송 장비를 통하여 전달하게 된다.

국내에서는 아태지역 초고속통신망(APII), 국내 초고속통신망(NII) 등 향후 정보화 사회를 향한 기본 통신 인프라 건설 계획을 추진중이며, 정부에서도 초고속 가입자망 구축전략, 기간 전송망 고도화 및 국제 초고속망 확충계획을 가지고 있다.

한편 아날로그 광통신기술은 지금까지 CATV(Cable Television) 네트워크에 주로 적용된 기술로 그림 3(b)와 같은 시스템 구성을 가지고 있다. CATV 방송국에서는 여러 채널의 방송정보를 받아들여 각 가정으로 전송하기 위해 HFC(Hybrid Fiber-Coax) 네트워크를 이용한다. 즉 전송 손실을 최소화 하여 연결거리를 증대시키기 위해 주요 광 노드까지는 아날로그 광전송을 하며, 이 광 노드에서 각 세대에 CATV서비스를 제공하기 위해서는 동축케이블을 이용한다.



(a) 디지털 광통신 방식 (b) SCM 아날로그 광통신 방식

그림 3. 디지털 광통신 방식과 SCM 아날로그 광통신 방식.

아날로그 광통신에 이용되는 전송방식은 SCM(Sub-Carrier Multiplexing)방식으로 불리운다. 그림 3(b)에서 보는 바와 같이 이 SCM방식은 각 영상채널을 전기적으로 구분된 특정 서브캐리어에 실어 다시 한번 광신호 캐리어를 통해 전송하게 된다. 수신단에서는 광신호를 직접검파(DD: Direct Detection)하여 여러개의 서브캐리어를 복원하고 믹서를 이용하여 자기와 원하는 방송채널을 선택하게 된다.

2.3 移動통신 시스템에 활용되는 광통신 기술

移動통신 시스템에 적용되는 광통신 기술은 일반적으로 SCM방식의 아날로그 광전송 기술이다. 1980년대 초반부터 이 분야에 연구개발이 추진되어 왔으며^{[1]-[6]} 이미 외국에서는 다수의 시스템 업체가 관련제품을 상용화하였다^{[7]-[8]}. 이러한 시도를 하게 된 것은 크게 두 가지 목적으로 구분해 볼 수 있다.

*경제적인 移動통신 전파 음영지역 해소

*移動통신 네트워크 고도화를 위한 마이크로 셀룰러 시스템 구축

<전파 음영지역 해소>

移動통신 시스템은 앞서도 언급하였듯이 많은 기지국을 필요로 하고 있으며, 적절한 주파수 재사용 등을 고려하며 충분한 커버리지를 확보하기 위한 노력이 오래 전부터 진행되어 왔다. 기지국이 주위에 있더라도 일반적으로 전파가 도달되기 어려운 지역(예: 지하, 건물내부, 터널 등)이 존재하는데 이를 전파 음영지역이라고 한다.

예를 들어 남산터널을 위해 새로운 기지국을 시설하는 것은 경제성이 떨어진다고 볼 수 있으며 셀 설계에도 바람직하지 못한 결과를 낳을 수 있을 것이다. 이를 위해서는 그림 4와 같이 모기지국 안테나로 송출되는 무선주파수 신호를 커플링하여 아날로그 광전송로를 거쳐 전송한다. 소형 광증계기는 광전변

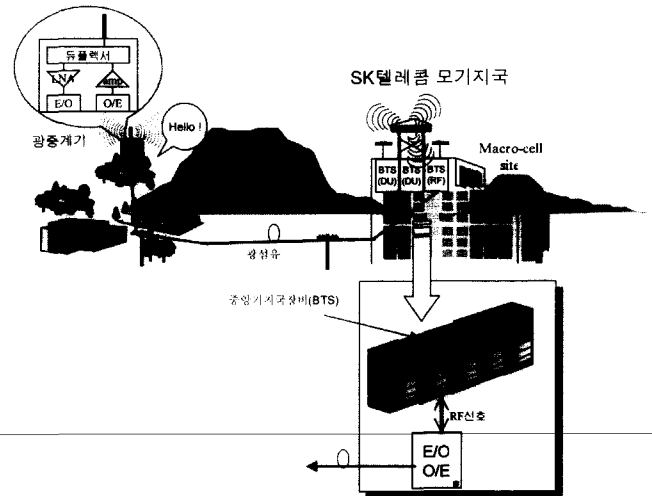


그림 4. 전파 음영지역을 해소하기 위한 광증계기 적용예.

환, 증폭 등의 기능을 통해 광섬유를 통해 전달되어온 모기지국의 무선주파수 신호를 안테나를 통해 방출하여 이 주변지역에 통화가 가능하게 한다.

이 방법은 가장 간단한 방법으로 앞서도 언급하였듯이 일부 외국회사들이 다양한 제품을 제품화하고 있다. 국내에서는 최근 SK텔레콤이 지하철 승강장 통신 및 음영지역 해소를 위해 이러한 광증계기를 설치 운용하고 있으며, LG텔레콤도 이와 같은 개념의 광증계기를 운용하고 있다. 특히 PCS는 기존 CDMA이동전화에서 이용중인 주파수보다 높은 주파수 대역을 이용하고 있어 기존 移動전화에 비해 전파경로 손실이 크고, 회절효과가 작으며 건물투과 손실이 크기 때문에 셀의 크기가 작아 이와 같은 방식의 증계기가 더욱 필요하다.

<마이크로 셀룰러 시스템>

앞으로의 이동통신 서비스에 대한 수요는 단순한 음성서비스에서 데이터, 화상서비스 등을 포함한 광대역 移動 멀티미디어 서비스에 대한 요구로 이어질 것으로 기대되어, 제한된 무선 주파수 자원의 효율적인 이용이 매우 중요시되고 있다. 도래하는 移動통신 네트워크는 제한된 무선 주파수 자원을 이용하여 저렴한 비용으로 양질의 서비스, 최대 용량과 커버리지를 제공할 필요가 있다. 이를 위해 빠르고 쉬운 전개 방법인 마이크로셀을 기반으로 한 移動통신 네트워크는 스펙트럼 이용 효율을 향상시키고 저속의 이동체 속도에서 제한된 고품질과 고속 전송을 제공하는 점에 있어서 사업자뿐 아니라 이용자에게도 이점을 가지고 있으나 셀의 소형화로 마이크로셀룰러 네트워크는 기존의 매크로셀룰러 네트워크 시스템에 비해 많은 수의 기지국이 요구되고 이에 따라 기지국의 설치 및 유지 보수 문제가 마이크로셀룰러 네트워크의 전개에 있어서 가장 심각한 문제들로 대두된다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 아날로그 광전송 기술을 이용하거나 디지털 광전송 기술을 이용한 방법들이 제시되고 있다. 이러한 기술의 적용은 신호처리를 담당하는 디지털 하드웨어 장비와 RF하드웨어를 분리하고 이들을 아날로그 광전송 모듈로 연결함으로써 원격 기지국장비의 소형화는 물론 자원의 중앙집중관리가 가능해진다.

이러한 마이크로셀 시스템이 갖는 장점중에 두가지만을 소개하면 다음과 같다.

- 마이크로셀 기지국간 그룹화 및 해제 기능 제공: 마이크로셀룰라 시스템에서 셀에서의 트래픽 밀도 변화가 매크로셀에서 보다 매우 심하다. 이러한 급격스러운 트래픽의 변화는 핸드오프의 빈번함을 나타내며 이것은 중앙기지국에 부담을 주어 시스템의 복잡성을 증가시킨다. 이런 문제를 해결하기 위해 제시된 방법이 소형기지국의 그룹화이다. 중앙기지국은 다수의 소형기지국들을 준매크로셀로 그룹화하거나 그룹화된 소형기지국들을 각각 마이크로셀로 나누는 기능을 제공한다. 이렇게 함으로써 트래픽 밀도가 낮은 지역에서는 잦은 핸드오버를 감소시키기 위해 소형기지국들을 그룹화하고, 갑자기 사용자가 많아진 경우(예를들어 연휴기간에 인파가 몰리는 곳이나 도로에 차량이 몰리는 경우 등)에 많은 이용자에게 서비스를 지원하기 위해 그룹화를 해제하여 충분한 트래픽을 소화할 수 있다.

그림 5는 현재 SK텔레콤에서 개발중인 FoMiCell™ (Fiber-optic Micro-cellular System)을 보여주고 있다^[9]. 이 그림에서 '나' 지역은 4개의 FoMiCell™을 이용해 3개의 마이크로셀을 구성하고 있으며, 이러한 구성은 필요에 따라 '다' 지역과 같이 한 개의 셀로 그룹화될 수도 있다.

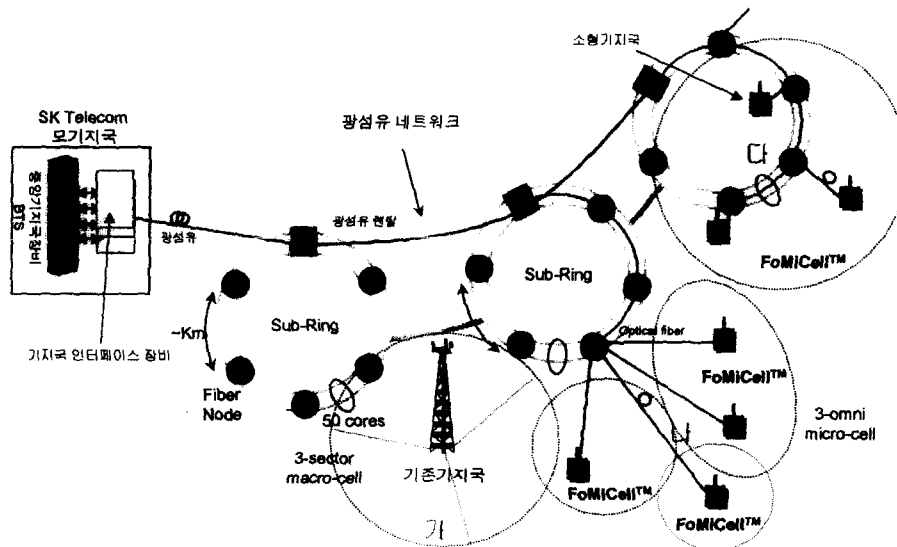


그림 5. SK 텔레콤의 FoMiCell™ (Fiber-optic Micro-Cellular) 시스템.

- 계층적인 셀 오버레이 구조를 제공: 향후 IMT-2000을 포함한 차세대 移動통신 시스템에서는 단일 셀 형태로 품질, 커버리지, 데이터 전송속도, 이동성, 배터리 수명 그리고 비용 및 시스템 용량 등 전체 시스템 성능을 만족시킬 수 없다. 이를 충족시키기 위해 그림 6과 같이 다른 형태의 셀 구조가 공존하는 방향이 제시되어 왔다. 셀의 지름이 수백미터 단위로 도로를 따라 전개되는 마이크로셀, 셀의 지름이 수십미터 단위로 건물 내를 중심으로 전개되는 피코셀, 그리고 기존과 같이 수 킬로미터의 셀 반경을 갖는 매크로셀이 중첩되어 구성되어 있는 계층적 셀룰라 그것이다. 빠르게 움직이는 移動단말기에 대해서는 기존과 같은 매크로셀이, 천천히 움직이거나 정지된 移動단말기에 고속의 데이터 서비스를 제공하기 위해서는 마이크로셀이나 피코셀이 서비스를 제공함으로써 제한된 자원을 최대한 활용하게 한다는 것이 그 취지이다.

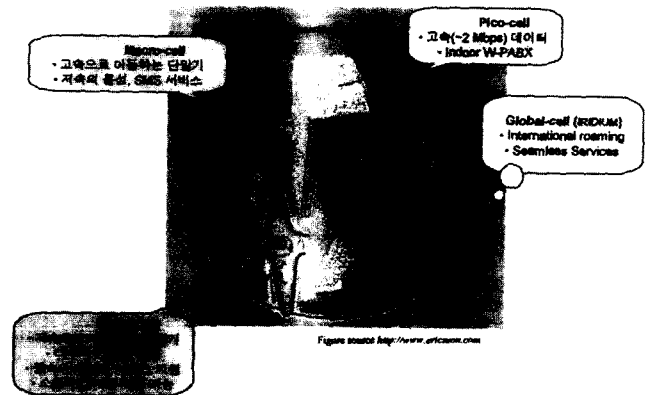


그림 6. 계층적 셀 구조를 갖는 移動통신 네트워크에서의 移動통신 서비스.

2.4 전개방향

앞에서도 언급하였듯이 무선주파수 자원은 제한되어 있고 사용자는 멀티미디어 서비스를 요구하고 있다. 고속의 무선(移動) 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해서는 넓은 대역이 필요하게 된다. 그래서 요즘 밀리파 대역을 이용하여 무선통신 서비스를 제공하려는 노력들이 진행되고 있다. 특히 주파수가 높아지면 전파경로 손실이 증대되고 셀의 크기는 더욱 작아진다. 충분한 지역에 서비스를 제공하기 위해서는 많은 기지국이 필요하게 되고, 이를 경제적으로 수용하고 진화되는 네트워크 환경에 적응도가 높은 시스템을 위해 유럽의 경우 ACTS 프로젝트 일환으로 FRANS(Fiber Radio ATM Network and Service)라는 연구개발이 진행되고 있다. 일본의 경우에도 밀리파 통신을 이용한 LAN 등 고속 무선 멀티미디어 시스템을 개발하는데 필요한 소요기술을 개발하고 있다^[10]. 세계적으로 'Micro-wave-on-Photonics'라는 학회가 계속 개최되고 있으며 광통신 전문가들과 移動통신 시스템 전문가들의 교류가 심화되어 가고 있다.

III. 결 론

이동통신에서는 작고 오래 쓰는 단말기에 대한 요구와 늘어나는 가입자 수용을 위해 셀의 소형화, 즉 마이크로셀화가 요구된다. 이처럼 많은 기지국이 요구되는 마이크로 셀룰라 시스템이나, 기지국 설치에 부적합한 지역을 위해 작고, 저가의 기지국이 요구된다. 기존의 移動통신 기지국은 송/수신기, 변/복조기, 제어기를 구비하고 있어서 이러한 요구를 만족시킬 수 없다. 이러한 배경에서 등장한 개념이 기지국 장비로부터 안테나를 분리하자는 것이다. 즉, 음영 지역이라든가 마이크로 셀에 단순히 중앙 기지국의 안테나 기능을 연장시킨 소형 기지국을 설치하자는 것이다. 광섬유는 저손실 특성을 가지고 있으며 광대역성과 좋은 주파수 특성을 보유하고 있어 이 분야에 활용도가 높다. 이러한 이유로 광통신기술과 移動통신 기술이 접목되게 되었으며 향후 그 관계는 더욱 깊어질 것으로 보인다.

광통신 기술을 이용한 무선통신 액세스 망은 향후 전개될 무

선 ATM, 차세대 移動통신인 IMT-2000, 무선 양방향 CATV 서비스를 제공하는 LMDS(local multipoint distribution services), 무선 실내 LAN(Local Area Network), 그리고 WLL(wireless local loop) 등과 같은 무선 통신 시스템의 중요한 인프라로 사용되어 질 수 있을 것이다.

참고문헌

1. K. Araki and H. Ohtsuka, "Fiber-oriented wireless systems for intelligent networks", *IEICE Trans. Commun.*, vol. E79-B, no. 3, pp. 222-229, 1996.
2. A. J. Cooper, D. M. Smith, and R. P. Merrett, "CTPON-cordless telephony services over a passive optical network using fiber radio techniques", *Proc. ICC'92*, pp. 304.4.1~304.4.6, 1992.
3. J. C. Fan, C. L. Lu, R. F. Kalman, and L. G. Kazovsky, "Design and analysis of a novel fiber-based PCS optical network", *Proc. IEEE GLOBECOM'95* (Singapore), pp. 601-605, 1995.
4. R. Ohmoto, H. Ohtsuka, and H. Ikikawa, "Fiber-optic microcell radio systems with a spectrum delivery scheme", *IEEE JSAC*, vol. 11, no. 7, pp. 1108-1117, 1993.
5. H. Ohtsuka, H. Ichikawa, R. Ohmoto, T. Shimizu, and H. Arai, "ワイヤレスアクセス方式MOSTの高性能化技術", *NTT R&D*, vol. 45, no. 6, pp. 601-608, 1996.
6. J. Namiki, M. Shibutani, W. Domon, T. Kanai, and K. Emura, "Optical feeder basic system design for microcellular mobile radio", *IEICE Trans. Commun.*, vol. E76-B, no. 9, pp. 1069-1077, 1993.
7. *ActiveLite™ ANTENNA Guide Book* by Allen Telecom Group, 1994.
8. *Wireless Communications Product Use and Selection Guide* by Ortel Corp., 1994.
9. Jong-Min Cheong, Tae-Gue Kim, Sang-Hun Seo, Jae-Sung Lim, Sun Park, Yong-Ho Cho, Ik-Han Kim, and Jong-Young Choi, "An optical fiber network-based CDMA PCS microcellular system with code-stream switch", in *Proc. of the 4th International Workshop on Mobile Multimedia Communications* (Seoul, Korea), pp. 225-228, Sept. 1997.
10. H. Ogawa, D. Polifko, and S. Banba, "Millimeter-wave fiber optics systems for personal radio communication", *IEEE Trans. MTT*, vol. 40, no. 12, pp. 2285-2293, 1992.