

Radio-on-Fiber 액세스시스템 기술

박종대, 남상식, 박권철

한국전자통신연구원

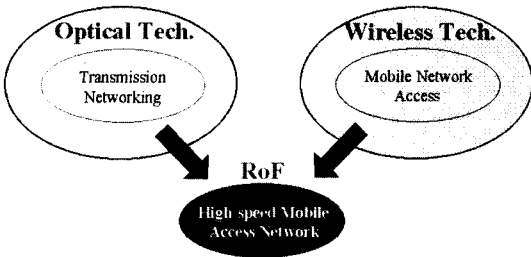
Abstract

The advantages of using analogue optical networks for delivering radio signals from a central location to many remote antenna sites have been recognized. In a telecommunciations context, radio signals may be for fixed radio access, cordless or mobile networks, but the same principles apply. By making use of the high bandwidth, low loss characteristics of optical fiber, all high frequency and signal processing functions can be performed centrally and signals can then be transported over the optical network directly at the carrier frequency. The remote sites then become very simple, requiring only optoelectronic conversion, filtering and linear amplification. This shifting of the complex functionality away from the remote site allow cheap, reliable, small and lightweight radio access points with low power consumption to be deployed. In this paper, we show that an electroabsorption modulation(EAM) may be used as a single component in such a radio access point, as a passive transceiver for small-sized cell (picocells).

I. 서 론

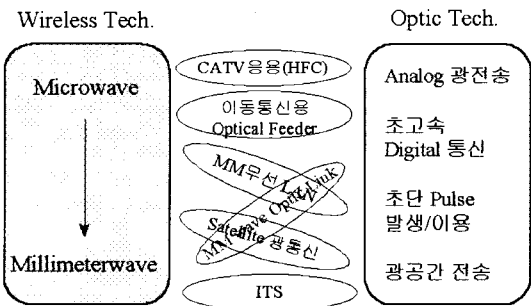
단순 데이터, 음성 등이 대부분인 네트워크 콘텐츠 환경에서 고속 멀티미디어 네트워크 환경으로 변하고 있는 추세에 있다. 그러나 현재의 네트워크 구조에서 향후 전개될 고속 대용량 멀티미디어 서비스를 네트워크 장애 없이 사용자들에게 제공하기 위해서는 새로운 접근법이 연구되어야 한다. 이와 관련하여 광통신과 무선통신이 최근 빠른 속도로 발전하면서 새로운 통신시스템이 많이 만들어지고 있다. 광기술은 멀티미디어 시대의 도래에 따른 고속 디지털 트렁크 전송링크, 액세스망, 가입자 루프 등과 같은 통신 시스템에 지대한 영향을 주었다. 동시에 무선기술은 디지털 셀룰러, 개인휴대통신 시스템, 미래공중육상 이동통신시스템(FPLMTS)처럼 현재와 같은 이동통신시스템을 탄생시켰다. 이와 같이 거대한 두 개의 기술은 현대 통신 시스템에서 지금까지는 독자적으로 성장해 왔지만, 앞으로는 두 기술 장점간의 상승작용으로 유발되는 Synergy 효과에 의한 획기적인 통신 시스템의 성능 향상을 위해 광통신과 무선통신 기술의 조화로운 융합에 의한 통합기술 즉 고속 전송은 광기술을 사용하고 무선의 이동성을 동시에 사용하는 RoF(Radio-on-Fiber) 기술이 활발히 연구되고 있다.<그림 1 참조>

한 예로 기지국에서 원거리에 있는 수많은 안테나로부터 무선신호를 전송하기 위한 아나로그 광 네트워크 사용은 예전부터 활발히 연구되어 왔다¹⁻⁴⁾. 텔레커뮤니케이션에서 이러한 무선신호



<그림 1> 광-무선기술 융합

는 유선 무선 액세스, 무선 전화 또는 Mobile Network을 위한 것이었다. 그러나 같은 원리들이 적용될 수 있다. 광 파이버의 광대역, 저손실 특성을 이용함으로써 해서 고주파와 신호처리 기능들은 캐리어주파수에 의해 직적 광네트워크를 통해 전송될 수 있다. 이렇게 함으로 리모트 시스템은 광부품과 필터, 선형 증폭기만으로 간단해지게 된다. 그 결과 리모트 지역 시스템이 소형, 경량, 저렴해지고 저 전력손실로 시스템을 구축할 수 있는 장점이 있고 또한 시스템 설치가 간단해질 수 있다. 비록 위에서 언급한 fiber-radio가 무선시스템에 비해 저전력과 적은 소자로 구현가능하지만 무전원이거나 단일 소자로 구현가능하다면 이상적이라 할 수 있다. 이러한 RoF 기술은 아래 <그림 2>와 같은 경향으로 발전되고 있다. 셀 크기 축소, 주파수 재사용, RF 출력감소 및 단위면적당 가입자수를 증가시킬 수 있는 장점 등으로 인해 마이크로파에서 밀리미터파로 발전되는 추세에 있고, 광기술은 아날로그 광전송에서 광 공간전송으로 발전되고 있다. 위에서 언급한 RoF 기술은 무선 밀리미터파 기술과 광 초고



<그림 2> 광-무선 기술 추세

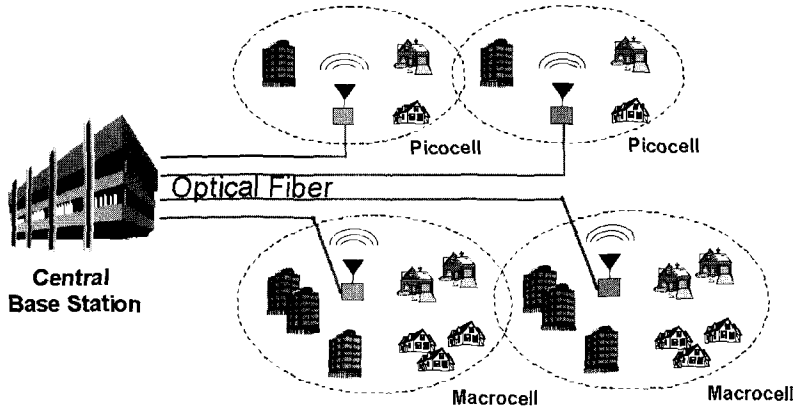
속 디지털 통신의 조합으로 발전되고 있다.

본 논문에서는 무선 액세스 장치에 사용되는 small-size cell(피코셀) 응용을 위해 증폭기가 없는 무 전원의 전계흡수 변환기(EAM: Electroabsorption Modulation)를 사용하여 광-무선 액세스 시스템을 구축하여 향후 전개될 FTTx 환경에서 액세스시스템 응용을 위한 가능성을 고찰하였다.

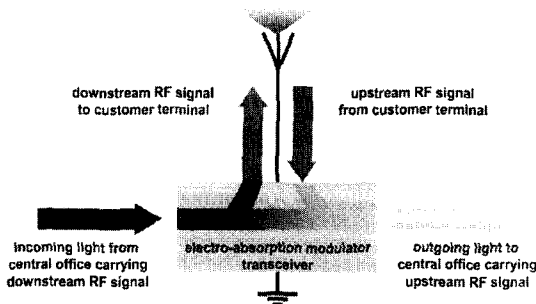
II. 본 론

광기술과 무선기술이 융합된 RoF기술은 <그림 3>과 같이 중앙집중 관리국인 Central base station에서 고속 멀티미디어 데이터가 광선로를 통해 전달되면 피코/마이크로셀에 설치된 소형 트랜시버를 통해 고속 무선으로 데이터가 전달된다.

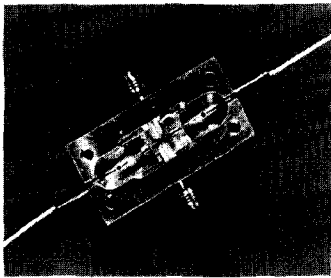
수동형 트랜시버 개념(Passive transceiver concept)은 협대역 아날로그 광링크(Narrowband analog optical link)에서 리모트 트랜시버로 사용되었다^[5,6]. 이 소자는 Downstream인 경우 Photodetector, Upstream인 경우 광 모듈레이터로 작용한다. 이러한 작동은 FDD(Frequency division duplex)인 경우 동시에 동작하게 된다. 본 연구에 사용된 리모트 트랜시버는 무전원 EAM(Electroabsorption modulator)을 사용하여 구축하였다. 이 구성에서 향후 무선 영역을 확장시키기 위한 구조도 생각할 수 있다. 본 연구에서는 3Mbps의 데이터 rate에서 2.4 GHz 무선 LAN 구조를 사용하여 광-무선 AP(Access Point)의 가능성을 타진하였다. 사용된 EAM은 MQW(Multiple Quantum Well) absorption layer로 구성되어 GaAsP/InP로 제작되었으며 1550 nm의 파장을 갖고 있다. 제작된 소자의 길이는 370 um로 fiber pigtail을 갖는 고주파 패키지로 구성되어 있고, 무전원시 Fiber to Fiber 손실은 5dB이다. 바이어스가 가해지지 않았을 때 3dB변조 대역폭은 8.2 GHz로 바이어스가 가해졌을 때는 14GHz로 나



〈그림 3〉 RoF 시스템 개념도



〈그림 4〉 Principle Operation



〈그림 5〉 패키징된 EAM 사진

타났다. 실험에서는 2.5GHz 부근의 협대역을 이용하였다. 〈그림 4, 5〉에는 EAM의 기본적인 동작과 패키징된 사진이 나타나 있다.

프로토타입 광-무선 액세스시스템의 타당성을 확인하기 위해 〈그림 6〉과 같이 네트워크를 구성하였다. 그림에 사용된 모델은 BreezNet의 무선 LAN을 사용하였고, Central Office에 액세스 포인트(AP), Picocell에는 EAM 및 Sta-

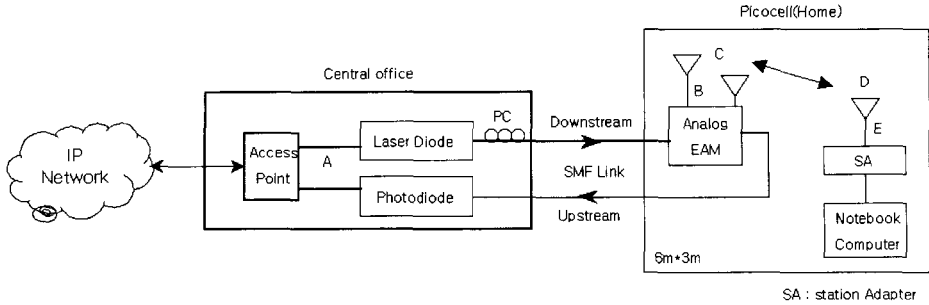
tion Adapter로 구성되어 있다. 사용된 모델은 ISM밴드(2.4-2.48 GHz)의 FHSS(Frequency Hopping Spread Spectrum) 방식을 사용하였다. 실험에 사용된 AP는 기존 인터넷 망과의 연동을 위해 상용 AP에서 안테나를 제거하고 micro circulator를 사용하여 구축하였다.

Downstream을 위해 AP로부터의 RF 출력은 상용 아나로그 레이저 다이오드를 사용하였다. 이 출력은 Polarization Controller(PC)를 통해 리모트측의 EAM으로 광 링크 되어 있다. 이 방향에서는 EAM은 Photodiode로 작용하여 RF power가 자유공간을 통해 Station Adapter의 안테나를 통해 전달된다. Upstream인 경우 SA에서 나온 RF power가 EAM에 전달되어 EAM을 통해 Central Office로 상용 Photodiode를 통해 데이터가 전송된다. 실험에 사용된 picocell의 크기는 6m*3m이고 Passive Radio Access에 사용된 안테나의 이득은 8dBi이다.

무선시스템의 성능평가를 위해 시스템전체의 Power Budget을 2.5GHz에서 측정하여 시스템 성능을 평가하였다. Downstream 광 링크손실

〈표 1〉 시스템 Power 레벨

Point〈그림 1〉	A	B	C	D	E
Downstream(dBm)	+17	-23	-15	-65	-57
Upstream(dBm)	-58	-23	-31	+19	+17



〈그림 6〉 실험 망 구성도

은 40 dB, Upstream인 경우는 35dB로 나타났다. 여기서 만약 Balanced 광링크 손실은 EAM이 적절하게 바이어스 된다면 가능할 수 있다. 그러나 Passive 동작이기 때문에 제안된 시스템은 Downstream 링크 손실이 Upstream 인 경우보다 크게 나타났다. 이것은 무전원일 때 모듈레이터 보다 Photodetector가 효과적이지 못하다는 것을 의미한다. 그러나 이것은 Antenna의 이득을 서로 다른 것을 사용하게 된다면 Balanced된 시스템 이득을 얻을 수 있다. 본 시스템에서는 Prototype 시험 결과 3Mbps를 성공적으로 전송하여 MWP(Microwave Photonics) 시험을 수행하였다. 데모시스템에서의 광링크는 30m까지 확인하였다. 이때 가장 중요한 요소는 Upstream Path에 영향을 미치는 광 손실이다. 1dB의 광손실에서 2dB의 Upstream Electrical 손실이 발생한다. 그 이유는 Upstream electrical loss는 Downstream과 upstream optical loss에 둘 다 영향을 미치기 때문이다.

상기 언급된 MWP 시스템의 새로운 연구로 MMWP(Millimeterwave photonics)에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다. 특히 새로운 주파수 대역인 60GHz 대역에 대한 관심이 고조되고 있다. 60GHz 대역은 산소와 수증기로 인해 15dB/km의 감쇄가 발생하여 장거리 전파에는 적합하진 않지만, 대용량, 고속통신을 가능하게 하는 광대역과 회로의 초소형, 경량화를 실현할 수 있고 단파장의 특성이 있다. 또한 산소에 의한 흡수감쇄가 매우 커서 인접 셀과의 간섭을 줄일 수 있으므로 주파수 재사용 측면에서도 효율적이

기 때문에 근거리 초고속 실내 무선 통신에 유용하게 사용될 수 있는 대역이다. 이 주파수 대역이 사용될 가정, 사무실 등의 실내환경에서는 벽면, 가구 시설물 등의 움직임 등에 의한 전파 반사로 인해 수신되는 전파가 여러 개 존재하는 다중경로 페이딩 현상이 발생한다. 페이딩 채널환경에서 전송효율을 증가시키고, BER 성능을 향상시키기 위한 방법으로는 전송과정에서 발생하는 여러 경로를 통해 수신되는 신호들을 합성하여 복조하는 다이버시티 기법 등이 있고, 송신 쪽에서 다중경로에 강한 멀티캐리어 방식인 OFDM(Orthogonal frequency division multiplexing) 기법을 사용하여 반사파가 guard interval보다 짧은 경우에 multipath에 우수한 특성을 가질 수 있는 통신시스템을 구현 할 수 있다.

III. 결 론

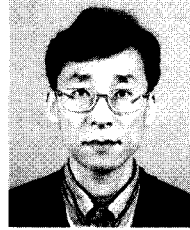
본 논문에서는 피코셀에서 고속 대용량의 멀티미디어 데이터를 광-무선 융합기술을 사용하여 전송하는 프로토타입 시스템을 구성하여 그 성능을 타진하였다. 수동적인 네트워크 구성과 저렴한 트랜시버로서 EAM을 사용하여 구성하였다. 데모시스템은 상용 무선 LAN을 이용하여 6m picocell에서 6dB의 Power margin을 갖고 3Mbps를 전송하였다. 본 시스템의 향후연구 과제는 무선 영역의 확장과 고속의 데이터를 전송할 수 있는 시스템 개발에 있다. 향후 2010년에

이동 멀티미디어 단말을 위한 BS(Basestation)의 수는 현재 2-5배 정도 추가적인 설치가 되어 한다고 전망하고 있다. 이 경우 Cell이 1/5로 축소되어 소형화가 이루어 질것으로 예상하고 있다. 따라서 본 연구에서 구축된 시작품은 FTTx와 홈네트워크를 모델로 구축되었지만, 확장된 셀 반경으로 BS에 적용된다면 소형, 저가의 구축비용으로 고속 고용량의 멀티미디어 데이터 전송이 가능하리라 생각된다.

참 고 문 헌

- [1] Cooper. A.J., Fibre/radio for the provision of cordless/mobile telephony services in the access network, *Electron. Letter.*, 26, pp.2054-2056, 1990
- [2] Schmuck, H., Heidemann, R., and Hofstetter, R., Distribution of 60GHz signals to more than 1000 base station, *Electron. Lett.*, 30, pp.59-60, 1994
- [3] Wake, D., Westbrook, L.D. etal. Micro-wave and millimeterwave radio fibre, *BT Technol*, 11, pp.76-88, 1993
- [4] Ogawa, H., Polfko, D., and Bana, S., Millimeter-wave fibre optic system for personal radio communication, *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, 40, pp. 2285-2292, 1992.
- [5] Westerbrook, L.D., and Moodie, D.G., Simultaneous bi-directional analog fiber-optic transmission using an electroabsorption modulator, *Electron Lett.*, 32, pp. 1806-1807, 1996
- [6] Westerbrook, L.D., and Noel, L., Moodie, D. G., Full-duplex, 25km analogue fiber transmission at 120 Mbps with simultaneous modulation and detection in an electroabsorption modulator, *Electron Letter.*

저 자 소 개



朴 鍾 大

1987년 2월 영남대학교 전자공학과 졸업 (공학사), 1989년 2월 영남대학교 전자공학과 대학원 졸업 (공학석사), 1994년 8월 영남대학교 전자공학과 대학원 졸업 (공학박사), 1995년 7월~1996

년 8월 : Toyohashi Univ. of Technology Post Doc, 1997년 1월~현재 : 한국전자통신연구원 네트워크연구소 선임연구원, <주관심 분야: 집적회로 설계, RoF(Radio on Fiber) 시스템 기술>



南 相 植

1981년 2월 단국대학교 전자공학과 졸업 (공학사), 1983년 2월 단국대학교 전자공학과 대학원 졸업 (공학석사), 1999년 2월 단국대학교 전자공학과 대학원 졸업 (공학박사), 1985년 10월~현재

재 : 한국전자통신연구원 네트워크연구소 책임연구원, <주관심 분야: ATM Technology, NGN, Signal Integrity, RoF(Radio on Fiber) 시스템 기술>



朴 權 喆

1977년 2월 고려대학교 전자공학과 졸업 (공학사), 1979년 2월 고려대학교 전자공학과 대학원 졸업 (공학석사), 1988년 2월 고려대학교 전자공학과 대학원 졸업 (공학박사), 1992년 9월~1993

년 8월 : 영국 BT&D Technologies Research Fellow, 1982년 7월~현재 : 한국전자통신연구원 네트워크연구소 네트워크전략연구부 부장, <주관심 분야: NGcN 기술, RoF 시스템기술>