

이동하는 철도차량에서의 실시간 동영상 데이터 전송에 관한 연구

A Study on Real-Time Dynamic Image Data Transmission in a Moving Train

이원영* 양도철**
Lee, Won Young Yang, Doh Chul

ABSTRACT

Wireless LAN is getting more popularity and plays a main role in electronic and telecommunication field. Wireless LAN is more convenient than wired LAN when mobility is required, and are sometimes the only feasible choice. Wireless LAN can also pose a significant security risk when not properly installed and maintained. Thus, this paper studies real-time message transmission using existing mobile telecommunication network and describes considerations and procedures when introducing wireless LAN concept and wireless LAN systems. It also studies integrated wired and wireless networking including wireless LAN bridge and AP technology of International Organization for Standardization, and especially real-time dynamic image data transmission in a moving train.

1. 서론

전산망의 연동과 관련된 통신 산업 부분은 디지털 기술의 획기적 발전으로 급속한 성장을 보이고 있다. 이러한 기술적 성장을 보여주는 한 예가 무선LAN(Local Area Network) 분야로서 전 세계적으로 매년 100%이상의 성장률을 보이고 있다. 근래의 전자, 통신 분야 작업환경을 살펴보면 이동성이 중요한 위치로 자리 매김을 하고 있고 따라서 무선 전송기술을 이용한 각종 무선데이터 시스템들이 각광을 받고 있다. 특히 무선LAN은 광대역 및 협대역 통신을 이용하여 구현이 가능하며, 비싼 케이블 링을 대체하고 편리하게 새로운 망 구성이 가능하여 사용자는 개인 빌딩이나 캠퍼스 내 또는 지역 도시 내, 더 나아가 이동차량 사용 환경에서 이를 적절히 사용할 수 있다는 장점을 지니고 있다. 그러나 무선LAN은 전송속도가 유선LAN에 비하여 느리고 데이터 전송을 위한 고주파 사용기간, 전파 상호간섭 및 보안문제 등 해결해야 할 많은 문제점으로 인하여 기존의 LAN을 완전히 대체하는 방안 이라기보다는 유선 LAN과의 적절한 공존 체제를 이루고 있다고 할 수 있다. 따라서 사용자들은 LAN의 시설 및 증설시 통신환경을 적절히 고려하여 유무선 LAN에 대한 정확한 판단을 내려야 할 것이다. 철도분야에 있어서도 유비쿼터스 시대를 맞이 하여 각종 철도산업 시설의 운용과 시설물 관리 등에 무선 LAN은 정보매체로서의 큰 역할을 하고 있다. 이러한 관점에서 본 논문은 기존의 이동통신망을 이용한 실시간 문자 전송이나 정리된 상황에서 동영상 데이터를 보내는 것뿐만 아니라, 무선LAN의 개념과 무선LAN 시스템을 도입하고자 할 때 고려되어야 할 사항들, 도입 절차, 국제표준화 기구의 무선LAN 브리지와 AP 기술을 포함한 유무선 통합기술과 특히 이동하는 철도, 지하철 전동차량 환경에서 실시간 동영상 데이터 전송 요구에 대해 연구하였다.

* 책임저자: 정회원, (주)한티기술

E-mail : lwyoung@htt.co.kr

TEL : (02)2108-2200 FAX : (02)2108-2211

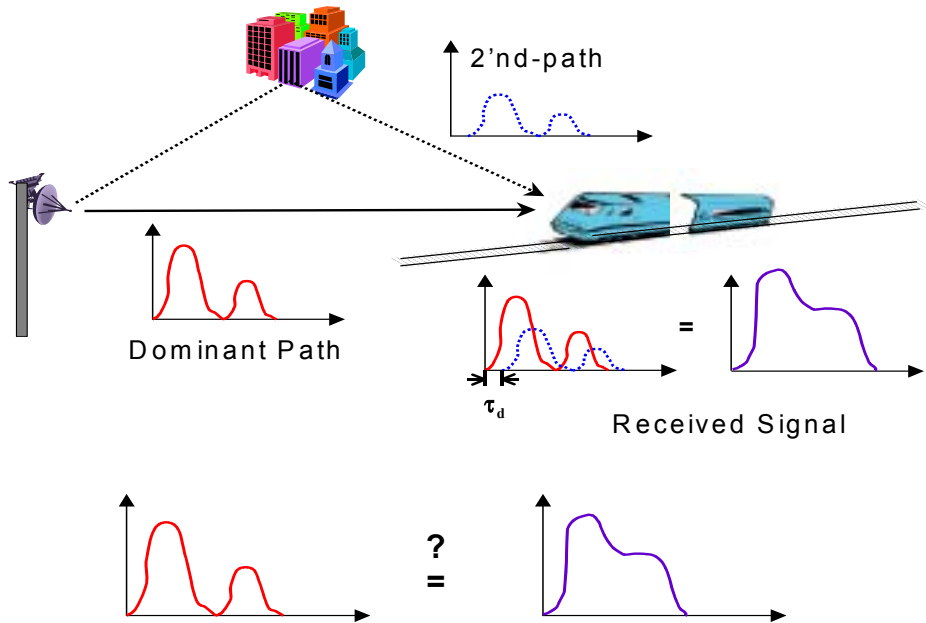
** 정회원, 한국철도기술연구원, 전기신호연구본부

2. 관련 연구

대구 지하철 참사와 같은 대형사고와 최근 빈발하는 지하철내의 안위적인 사상사고 및 테러 예방 재난대책의 일환으로 대 열차 공간화상 전송시스템, 객차 내 감시시스템에서의 무선통신장비를 이용한 동영상 감시 데이터 전송 구현이나, KTX 등 고속형 철도에서의 동영상 데이터 등의 전송환경의 인프라 구현의 필요성이 크게 대두되고 있다. 이러한 우리의 철도환경에 있어 터널, 지상, 지하 공간 등의 특수 환경 하에 이동하는 철도/지하철 전동차에서 무선 LAN을 이용하는 통신이 text 전송범위를 넘어 동영상 데이터까지 서비스가 되도록 고속 무선전송 기술의 관심 및 연구가 나날이 고조되고 있다.

2.1 철도/ 지하철 환경 상에서의 무선 LAN 특성분석

지하터널의 전파 채널 특성에 있어서 LOS가 보장되며, 경로 주변에 전파 산란체가 없고 Delay Spread 특성이 실내보다는 크나 도심지보다는 작으며 OFDM을 써서 극복 가능하다. 또한 감쇠 특성도 도심/변두리 환경보다 좋고, 도심지/변두리 등 이동통신 전파 환경보다 좋은 편이다. 열차의 이동특성에 있어서는 열차의 이동은 1차원 직선운동이며, 속도나 방향의 급격한 변화가 없고 이득 안테나를 이용한 빔 형성이 용이하다. 아래 그림 1과 같이 1차 경로와 2차 경로의 신호파형이 시간 지연과 더불어 합성파로 수신된 신호파가 1차 경로 신호파와 같은 동일한 파형은 아니므로 보완책이 필요하다.



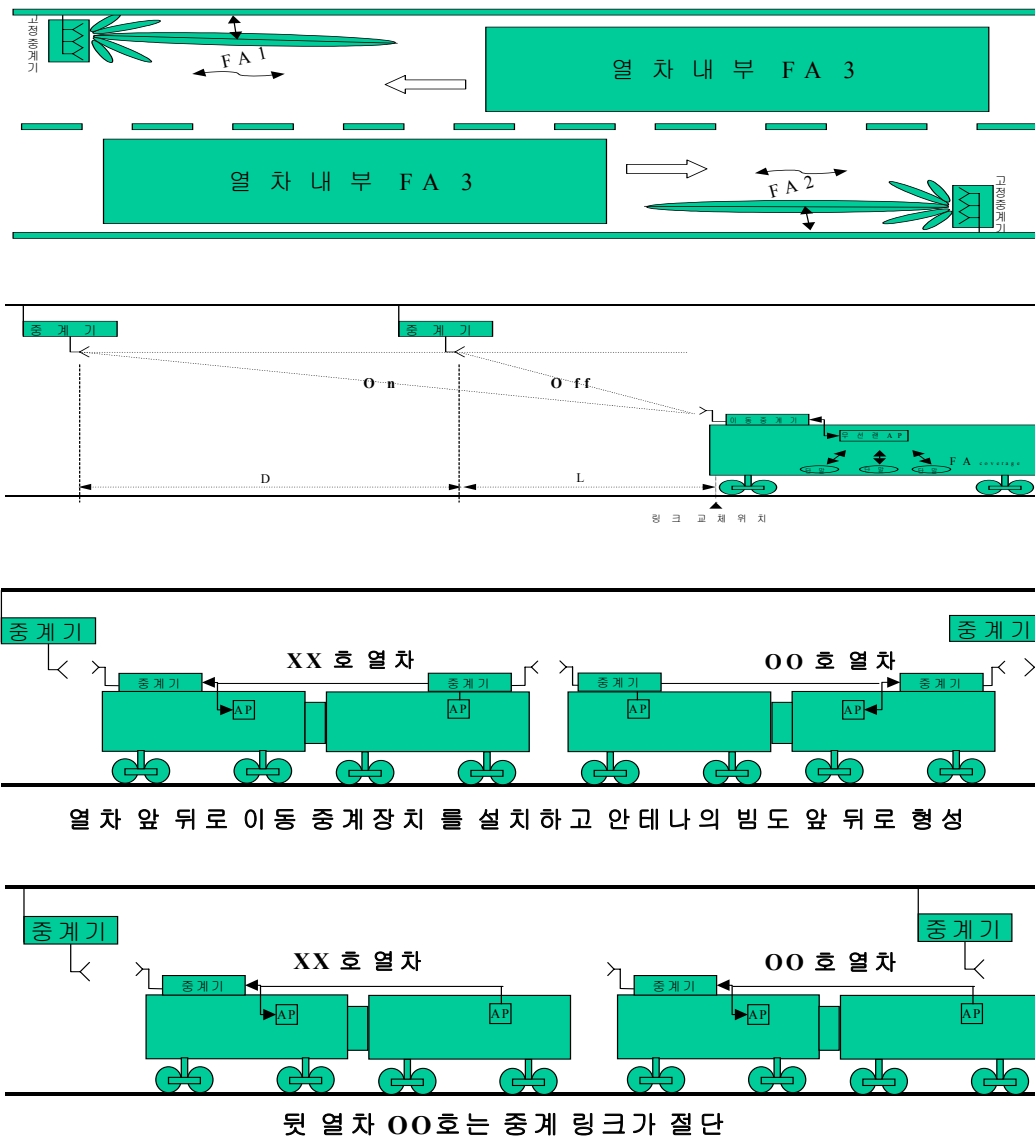
<그림 1> 열차 이동 특성

※ LOS : Line of Sight

OFDM : Orthogonal Frequency Division Multiplexing

열차내부 채널 환경(커버리지 전파특성)에서는 내부공간이 가장 넓고 천정도 높아서 LOS유지가 용이하며, 일반 사무실과 전파 환경이 유사하다. 또한 유선에 의한 열차 간 AP 연결이 용이하다.

중계 및 커버리지 주파수에서는 그림2에서와 같이 열차 내부에 같은 커버리지 주파수를 사용하고, 마주치는 차량 간의 커버리지 내부 간섭은 무시해도 된다. 중계 링크는 상/하향 노선 간에 서로 다른 FA 사용하며, 최소 3개의 FA로 커버리지 와 중계링크 구현이 가능하다.



<그림2> AP간 Roaming 제어

Call setup 메커니즘에서는 전원이 들어와 있거나 온라인 상태가 되면, 자신의 영역에 있는 AP들에게 신호를 브로드 캐스트 한다. AP들은 신호에 대한 응답을 보낸다. AP들로 부터 되돌아온 정보를 기초로 (신호세기, 채널 등) 어떤 AP에 접속 할 것인가를 결정한다. 접속하기 원하는 AP에 인증요청신호(SSID 등)을 보낸다. AP는 인증하고 acknowledge 신호를 보내고 Association 요구 신호를 보낸다. AP는 자신의 Association Table에 등록하고, 응답신호를 보낸다. Roaming의 구체적인 메커니즘으로는 접속 되었던 AP의 signal이 점점 약해지고, 다른 AP의 signal이 점점 강해지게 된다. 동시에 통신이 끊어지기 전에 AP에게 자신이 AP로 이동하고 있음을 통보한다.

AP와 다른 AP는 통신을 보장하기 위해 backbone을 통해 정보(Mac address, SSID 등) 주고받는다. 이후 AP의 통신을 끊고 다른 AP와 통신을 하게 된다. 같은 cell내에서도 AP의 단말이 많아져 load가 걸리면 자동으로 AP 보다 더 나은 다른 AP를 찾아 통신하게 된다.

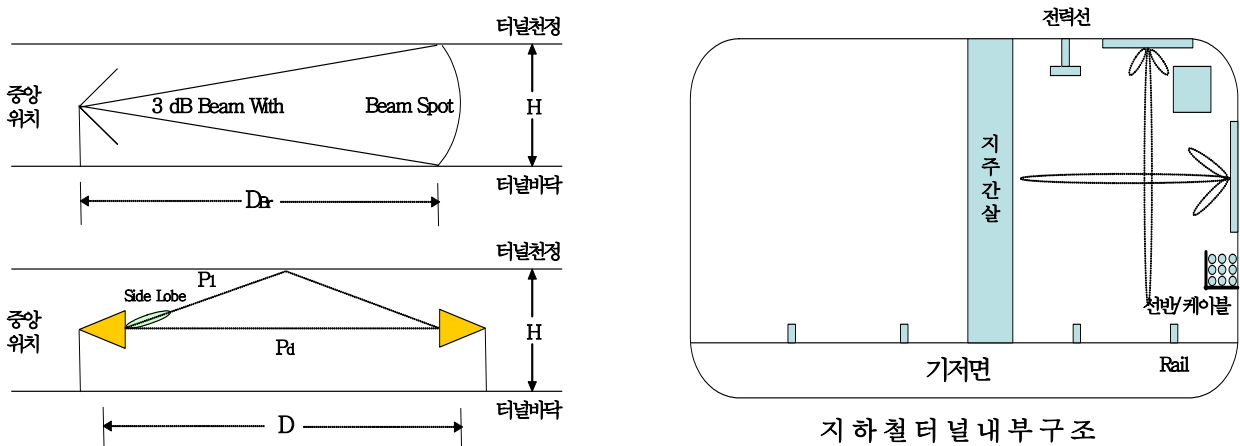
2.2 무선LAN 핸드오버 방안

IP 재 연결에 있어서는 기존과 동일하며, 망에서 추가 장비 필요 없고, IP 변경이 허용되지 않는다. 메일, 쇼핑, 파일 다운로드 등의 세션유지 필요 없는 서비스는 가능하고, 보안이 요구되는 서비스는 제약을 받는다. Mobile IP 활용에 있어서는 IP 변경 없이 CN(correspondent node)과의 연결을 유지하며, 다수의(수 개의 역사마다 필요)망 장비가 요구된다. 단말(MN; S/W Modify), HA, DHCP 등의 기능 및 성능 보완이 되며, 짧은 시간에 동작하기 위해 현재의 Mobile IP 구성보다 빠른 속도가 필요하다.

열차 내 엔터테인먼트를 제공하는 Online 게임의 경우 수 초 정도 응답이 없으면 끊어지므로, 메일, 쇼핑, 화일 다운로드, 게임, 동영상, 제공 등의 서비스로가 가능하여진다. 그러나 Security 대응 능력의 약점도 있다. Group Hand-over 기능에 있어서는 DHCP, HA의 성능 및 규격이 다수간의 동시 Hand Over를 지원해야 하고, 미리 할당 할 수 있는 주소를 단말이 요구하는 방식으로 적용하여야 한다.

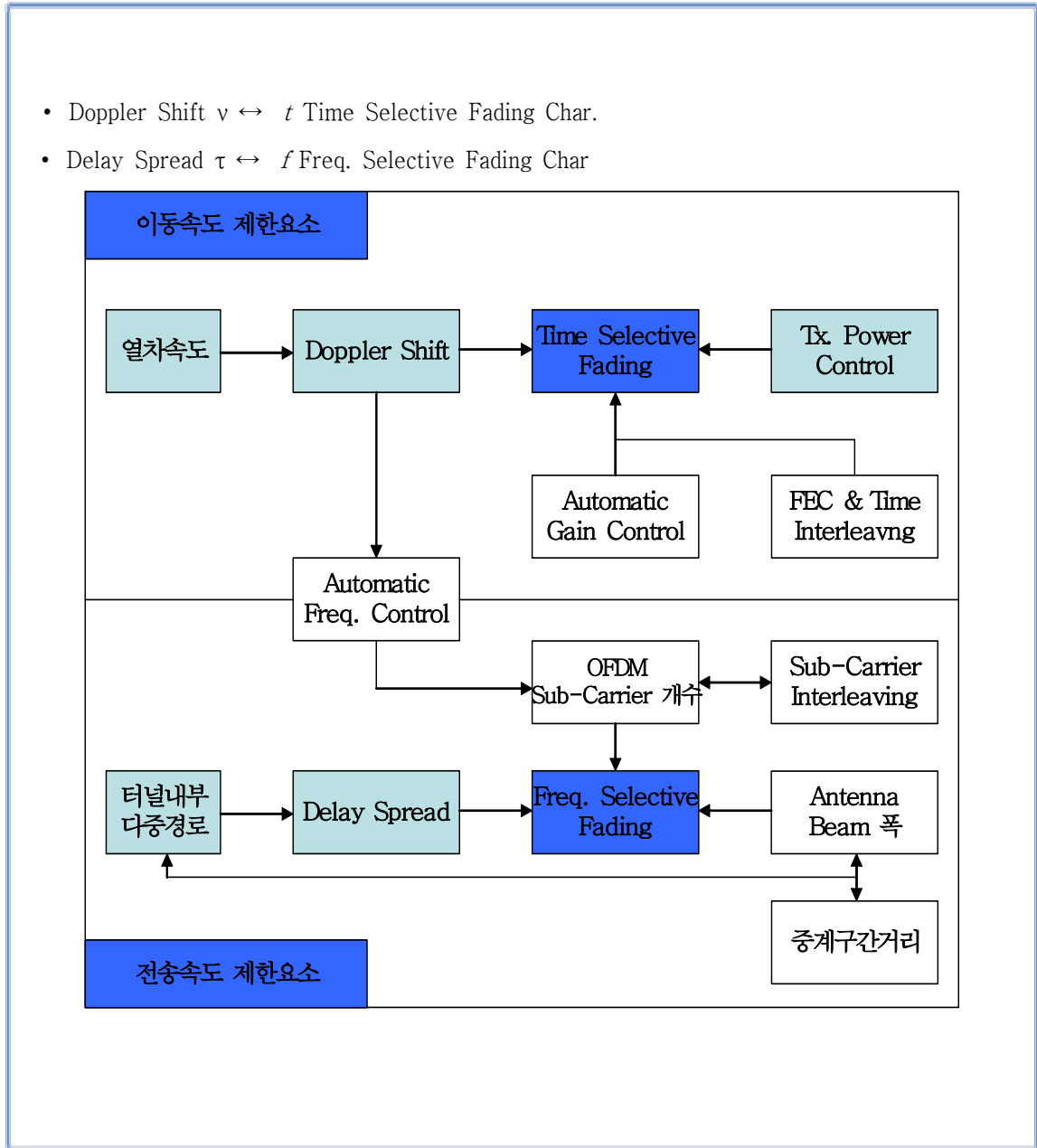
2.3 철도/지하철 역사 및 터널 환경상 기타 통신 문제점 검토

고속 이동체에 고속 전송은 매우 어렵다고 우려되는 점에 대해서는 Multi-path(ISI도 커지고) 채널에서 빠른 속도로 불규칙(Channel Estimation 또한 어려움)하게 움직이면 그렇다. 그러나 지하철은 다중경로 수신레벨이 도심처럼 크지 않고, 이동 또한 1차원의 비교적 규칙적인 운동임을 감안하여야 한다. 다중경로가 없는 공간에서는 아무리 빠른 속도로 이동하더라도 Carrier 주파수의 Doppler Shift만 있을 뿐 시간/주파수 영역에서 Selective Fading 일어나지 않음을 상기하여야 한다. 지하터널의 Delay Spread는 실내보다는 크지만 도심이나 부도심에 비해서는 1/10 이상 훨씬 작아서 Delay Spread에 강한 방식인 OFDM을 쓰고 Carrier의 편이만 보상해 주면 수십 Mbps의 고속 전송도 가능하다. 지하터널에서는 전파가 잘 전달되지 않는다는 점에 대해서는 지하철 터널은 일종의 Waveguide로써 단면의 긴 변의 길이가 반 파장에 해당되는 차단 주파수를 가지고 있어서, 차단 주파수보다 낮은 전파(주로 수백 KHz 이하의 장파 라디오 방송용Carrier)는 전파되지 않는다. 그러나 2 GHz 대의 전파는 파장이 15 cm에 불과해서 차단주파수 보다는 훨씬 높으며, 오히려 터널 벽이 전파의 Guide역할을 해서 도심이나 부도심 지역보다도 감쇠가 적고 더 멀리 전파된다. 무선 LAN은 단말이 빠른 속도로 이동하면 안 된다는 점이 있다. 그래서 지하철용 무선 LAN 서비스 확장 방안에서는 열차 앞면에 이동 중계기를 달고 AP는 열차 내부에 설치했으므로, 단말기를 들고 열차 안에서 뛰어다니지만 않으면 쓰는데 지장이 없을 것이다. 이것은 무선 LAN이 설치된 건물을 통째로 움직이는 것과 같아서 안에 있는 사람들은 건물이야 움직임에 관계없이 무선 LAN을 쓰기만 하면 되는 것이다.



<그림 3> 다중경로 억제를 위한 안테나의 HPBW

2.4 지하철 터널의 전파 특성과 대안



<그림4> 시스템 블록 설계도

그림4는 지하철 터널의 전파 특성에 따른 대안을 제시한 고속 무선 LAN 전파특성을 고려한 시스템 블록 설계의 개념구상을 보여주고 있다. 그러나 각각의 서브 모듈 단위의 블록다이아그램은 지면상 자세히 기술하지 못했다. 이 시스템 블록 설계도는 고속무선 LAN의 커뮤니케이션을 위해, 이동속도 제한요소인 열차속도로 인한 도플러 효과의 반영과 전송속도 제한요소인 터널내부 다중경로로 인한 페이딩 현상을 고려하여 주파수 자동 조절이 되게 하여, 무선 LAN 사용 시 문제점을 개선하는 연구의 주요관점을 보여주고 있다.

3. 결과 및 기대효과

주파수 간섭이나 차폐물 등 통신환경에 있어서는 부적합한 점으로 우려될 소지가 많은 특수 환경인 철도/지하철 역사 및 터널 환경에서 무선 LAN을 활용하여 유무선 통합방식으로 동영상 데이터 등 많은 트래픽이 요구되는 서비스를 함에 있어 본 연구는 전동차 내에서 지상과 연동하여, 안정적인 서비스를 구현 할 수 있고, 더 나아가 그림4와 같이 시스템 기능 보완만 추가로 이루지면 빠른 속도로 움직이는 고속 이동체 에서도 적용할 수가 있다는 것을 연구하여 보았다. 이동하는 전동차에서 무선인터넷 서비스 또는 지상에 있는 동영상 콘텐츠, 영상 감시 데이터를 전송 받아서 Display를 하는데 있어, 지상이나 지하 터널 구간에서 일정한 품질이 보장되는 환경으로 운영하는 것이 가능하다. 이러한 개념의 설계방안을 적용한다면 400km이상의 초고속열차, 자기부상열차 등에도 확장 적용이 가능하리라 생각된다. 또한 이러한 연구내용은 현재 각 철도/지하철 기관에서 유사환경에 적용되는 무선장비 베이스 인프라 환경에서도 문제점 개선에 적용 할 수 있다고 여겨진다.

4. 참고 문헌

무선 LAN(Local Area Network) 관련 참고자료

- [1] D. L. Schilling, Spread Spectrum goes Commercial, IEEE Spectrum.
- [2] WLANA Web Site, Introduction to Wireless LANs.
- [3] K. Feher, Wireless Digital Communications : Modulation & Spread Spectrum Applications, Prentice Hall.
- [4] T. S. Rappaport, Wireless Communications : Principles & Practice, IEEE PRESS.
- [5] S. Saunders, Wireless LANs: Closer to cutting the cord, Data Commun., pp.59-64.
- [6] P. M. Gopal and J. W. Wong, Analysis of a hybrid token-CSMA/CD protocol for bus networks, Computer Networks and ISDN Systems, pp.131-141, Sept, 1985.
- [7] R. J. Haines and A. H. Aghvami, Indoor Radio Environment Considerations in Selecting a Media Access Control Protocol for Wideband Radio Data Communications, Proceeding of IEEE ICC '93, Vol. 2, pp. 990-994, May, 1993.
- [8] R. O. LaMaire, a. Krishna and H. Ahmadi, Analysis of a Wireless MAC Protocol with Client-Server Traffic, Proceeding of IEEE Inforcom'93, Vol. 2, pp. 429-438, Mar, 1993.
- [9] Stephen A. Wilkus, Standards and Regulatory Aspects of Wireless Local Communications, IEEE Workshop on Wireless Local Area Networks at Worcester Polytechnic Institute, pp. 23-33, May, 1991.

Roaming 관련 참고자료

- [10] 안병훈, 이동통신 기지국공용화의 경제적 효과분석, KAIST.
- [11] Valletti, T. M., A Model of Competition in Mobile Communications, Information Economics and Policy, 1999.
- [12] 이우용, 오행석, 차세대 이동통신의 핵심기술과 표준화 동향, 주간기술동향 제 899호.
- [13] Vijay K. Garg, IS-95 CDMA for Third Generation Mobile Communications, Artech House, 1998.