

터널내 무선 환경에서의 통신 시스템 개발

조 군 식[†] · 이 순 흙^{††} · 임 해 진^{†††} · 김 선 형^{††††}

요 약

본 논문은 지하철에서의 무선 데이터 링크 시스템을 구현하기 위한 기초 연구를 수행하였다. 먼저 주파수 선정을 위해서 터널내의 전파전파 특성을 이론적으로 분석하였고, 터널을 원형도파관으로 간주 하여 진행파 방향의 거리에 따른 감쇄량을 계산하였다. 시스템 구현에 따른 새로운 통신 알고리즘을 제안하여, 간이 실험실 모델에서 데이터 송, 수신을 수행한 결과 만족한 결과를 얻을 수 있었다.

Development of a Wireless Communication System in the Tunnel

Koon-Shik Cho[†] · Sun-Heum Lee^{††} · Hae-Jin Lim^{†††} · Sun-Hyoung Kim^{††††}

ABSTRACT

This paper presents the fundamental study to implement the wireless data link system in the subway. The propagation characteristics of the electromagnetic wave in the tunnel are analyzed to determine the proper radio frequencies for our system. The tunnel is modeled as a circular waveguide and then, its path loss is obtained. The efficient communication control procedure is proposed, which is well suited to our system architecture and the subway environment. The prototype system shows a good performance in the data communication.

1. 서 론

고도 정보화 사회가 진전됨에 따라 정보의 축적, 처리, 전달능력의 획기적인 증대를 위한 정보통신 기술의 혁신이 요구되면서, 그동안 전신전화와 같은 전통적인 기본통신위주로 발달하여 온 우리나라의 전기통신서비스 분야에 최근 정보화 사회의 발전과 더불어 데이터 및 화상통신 서비스 등과 같은 다양한 서비스의 욕구가 증대되고 있다. 이러한 사회적 현상에 힘입어 오늘날 현대사회에서 생활공간의 일부를

차지하고 있는 지하철 차량에서도 여러가지 신규 통신서비스에 대한 요구가 증대 되고 있다.

통신서비스의 무선화는 회선이 없는 관계로 간편한 정보 전송장치라는 이점과 경비절감 때문에 효율성 및 경제성 제고를 위해 많이 요구되어 지고 있다. 현재 사용되고 있는 유선 통신에 의한 안내 시스템은 시스템 확장이 어렵고 차량내 선로 포설에서 어려움이 많기 때문에 지하철내에서 음성 안내 방송서비스와 함께 차량 안내 데이터 디스플레이용으로 무선 데이터 전송 서비스 제공을 위한 무선 데이터 통신 시스템 개발이 요구되었다.

지하철내의 무선환경은 각 지하철 객차에 2개씩의 전광판이 있고 이 전광판에서 데이터를 송수신하게 되므로 송신측에서 수신측 사이의 거리를 최대 30m로 하여, 송신전력이 30m 뒤에 얼마만큼 수신되는가

† 준 회 원:(주)뎀텍시스템 기술연구소 연구원

†† 정 회 원:순천향대학교 전기전자공학부 조교수

††† 정 회 원:삼척산업대학교 전자공학과 교수

†††† 정 회 원:순천향대학교 정보통신공학과 부교수

논문접수:1996년 5월 25일, 심사완료:1996년 12월 18일

를 알아보아야 한다. 또한 지하철내에서의 송, 수신 경로로는 객차안에서 전파되는 것과 객차 유리창을 통해 차량밖으로 전파되는 두가지 경로가 존재한다. 보통 지하철도에서 사람에 의한 분산손실, 흡수손실은 사람이 2-3명/10m 보행할 경우는 17.3dB/100m, 사람이 없는 밤의 경우는 8.2dB/100m로 나타났다.^[1] 그러므로 지하철 차량내에 사람들이 꼭 환경우의 감쇄는 전자의 경우보다는 더 크고, 객차 연결 통로도 작기 때문에, 객차안에서의 전파전파는 거의 무시할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 객차 유리창을 통해 밖으로 전파되는 경로만을 고려한다. 이러한 환경내에서 먼저 터널내의 전파전파 특성을 알아본다.

2. 터널내에서의 전파전파

2.1 터널내의 전파전파 특성

현 무선통신 취약지구 중의 하나인 터널내에서의 전자파의 전파특성이 좋지 않다는 것은 오래전 무선통신기술의 개척시대에 이미 관찰된 현상이다. 최근 지하철의 수요증대와 더불어 지하철내에서의 안전한 통신시스템이 요구되어 지면서 일반적으로 터널에서는 무선통신의 문제해결을 위해 TEM mode propagation을 지원하는 leaky전송선을 사용하게 되었다.^[2] 이 TEM모드는 차단주파수가 없다는 사실과 주파수의 증가에 따른 감쇄가 크다. 그러나 주파수가 충분히 클때, (주파수가 특정모드의 차단주파수 보다 높은 값을 가질때) TE, TM mode인 자연전파모드가 나타나게 되며 이는 TEM 모드에 간섭을 주게된다. 또한 지하철내에서의 무선 데이터 통신 시스템 구현을 위해 leaky전송선을 터널 전구간에 다 포설하는 것은 비용및 유지보수 문제로 타당성이 없고, 200m 보다 짧은 거리에서 natural propagation mode는 leaky전송선을 이용한 통신보다 더 효율적이라 보고된 바 있다.^[4] 그리고 이런 leaky전송선을 이용한 데이터 통신의 연구는 본 연구대상에서 제외하였다.

보통 터널의 단면적은 rectangular나 arched 형태를 갖게 된다. 최근 발표된 결과를 인용하면, 900MHz대를 통과시킬 수 있는 터널의 경우 직사각형 구조의 터널에서 감쇄특성이 10-15dB/km이고, arched 터널에서는 35-40dB/km의 감쇄특성을 가지므로 arched 터널의 전파특성이 더 안좋다.^[6] 터널내에서의 UHF band의

무선주파수를 사용한 무선 통신 시스템에서 전파 특성에 관한 연구는 속이 빈 터널^{[7][8][9]}과 지하도에 관한 연구^[10], 터널내 장애물(자동차)이 있는 경우에 대한 연구^[11]등이 보고된 바있다. road 터널에서 장애물이 있을때 감쇄상수의 측정결과를 보면(주파수는 12GHz, 안테나는 horn), 주된 전파손실은 터널 자체의 손실과 자동차의 크기와 수에 의해 결정되고, 자동차의 위치나 터널 단면 형태는 전파손실에 크게 영향을 미치지 않는다.^[11]

실제 터널내 환경에서 무선전파의 장애물은 항상 존재하고 무선통신은 이런 환경하에서 수행되어야 하지만 이런 장애물에 대한 이론적인 증명은 쉽지 않으므로, 이론적인 관점으로 터널은 일반적으로 속이 빈 waveguide로 표현한다.

여기서 터널내의 전자파 전파에 영향을 주는 변수는 다음과 같이 요약할 수 있다.

- ① 주파수 및 전파모드
- ② 터널의 구조(arched 또는 rectangular tunnel)
- ③ 직선 또는 굽은 터널
- ④ 터널 벽의 전기적 특성
- ⑤ Filling factor(터널 단면적에 대하여 차량등에 의해 채워지는 비율)
- ⑥ 안테나 위치
- ⑦ 안테나 특성
- ⑧ 터널 단면 치수

본 연구에서는 위의 여러 변수들에 대해서, 터널의 구조는 직선 arched 터널로 하고 이론적으로 고려한 변수는 주파수, 전파모드 및 터널 단면 치수이다.

Arched 터널의 경우, 직각좌표계의 좌표면이 boundary와 일치하지 않기 때문에 전파특성을 이론적으로 다루는 것이 다소 어렵다. 따라서 계산을 간단하게 하기 위해 arched 터널은 단면적이 같은 circular waveguide로 모델링되어 진다.^[12] 그리고 본 논문에서는 일반적인 모델링으로 터널율(conductivity)가 poor한 도체의 circular waveguide로 간주한다.

2.2 이론적인 접근

이론적인 접근방법으로, 지하철내 통신은 지하철 차량밖을 통해 전파되는 것만을 가정하였으므로 전

파전파는 터널내에서 이루어 진다. 그러므로 터널내의 주파수에 따른 감쇄상수를 구해 적절한 주파수를 선정하고, 각 모드의 차단주파수를 구해서 선정한 주파수에 따른 각 모드의 존재여부를 알아야 한다. 그리고 선정한 주파수에 대한 거리에 따른 상대 수신전력을 구해 송신전력이 30m뒤에서 수신할 수 있는가를 알아야 한다. 이에 대한 내용을 서술하면 다음과 같다.

TE mode는 다음과 같이 파동방정식으로 표현될 수 있다.

$$\nabla^2 H_z + k^2 H_z = 0$$

위 식에서

$$H_z = (A \sin n\phi + B \cos n\phi) J_n(k_c \rho) e^{-j\beta z}$$

이 된다. 이 H_z 를 이용하여 transverse field component를 다음과 같이 구할 수 있다.

$$E_\rho = \frac{-j\omega\mu n}{k_c^2 \rho} (A \cos n\phi - B \sin n\phi) J_n'(k_c \rho) e^{-j\beta z}$$

$$E_\phi = \frac{j\omega\mu}{k_c} (A \sin n\phi + B \cos n\phi) J_n'(k_c \rho) e^{-j\beta z}$$

$$H_\rho = \frac{-j\beta}{k_c} (A \sin n\phi + B \cos n\phi) J_n'(k_c \rho) e^{-j\beta z}$$

$$H_\phi = \frac{-j\beta n}{k_c^2 \rho} (A \sin n\phi - B \cos n\phi) J_n(k_c \rho) e^{-j\beta z}$$

Tunnel에서 차단주파수들의 값은 주어진 전파모드에 따라 다르며, 이는 터널의 형태와 치수에 의해 결정된다. circular waveguide의 차단 파장은^[13],

TM mode의 경우

$$\lambda_c = \frac{2\pi r}{x_{mn}}$$

r은 터널의 반경

x_{mn} 값은 m차 1종 Bessel값이 0이 되는 n번째 근이다. <표 1>에 x_{mn} 값을 보였다.

<표 1> x_{mn} 의 값.

<Table 1> The value of x_{mn}

n \ m	0	1	2	3	4	5
1	2.405	3.832	5.136	6.380	7.588	8.771
2	5.520	7.016	8.417	9.761	11.065	12.339
3	8.654	10.173	11.620	13.015	14.372	
4	11.792	13.323	14.796	16.200		

TEmode의 경우

$$\lambda_c = \frac{2\pi r}{x'_{mn}}$$

r은 터널의 반경

x'_{mn} 값은 m차 1종 Bessel의 미분값이 0이 되는 n번째 근이다. <표 2>에 x'_{mn} 을 보였다.

<표 2> x'_{mn} 의 값.

<Table 2> The value of x'_{mn}

n \ m	0	1	2	3	4	5
1	3.832	1.841	3.054	4.201	5.317	6.416
2	7.016	5.331	6.706	8.015	9.282	10.520
3	10.173	8.536	9.969	11.346	12.682	13.987
4	13.324	11.706	13.170	14.580		

차단 주파수는 $f_c = \frac{x'_{mn} c}{2\pi r}$ 이고, $c = 3 \times 10^8$ 이다.

이론적으로 구한 각 TE₁₁, TE₀₁mode의 차단주파수를 <표 3>에 보였다.

<표 3> 3 TE mode의 이론적인 차단주파수

<Table 3> The cut off frequency of the TE mode

모드별 차단주파수	터널 반경	
	r = 3m	r = 5m
TE ₁₁ mode의 f_c	29.3MHz	17.58MHz
TE ₀₁ mode의 f_c	60.98MHz	36.59MHz
TE ₃₃ mode의 f_c	180.57MHz	108.34MHz
TE ₃₄ mode의 f_c	232.04MHz	139.23MHz

아주 높은 주파수에서 터널벽에 부딪히는 어떤 파

들에 기인하는 필수적인 손실(즉, 터널벽에서 터널안으로 돌아오는 반사와 벽안으로의 굴절되는 파)은 증가한다. 이런 강한 fading 현상으로 2GHz 이상의 높은 주파수는 벽에 의한 손실이 명백하게 증가한다.^[14]

그리고 전파법규상 신고없이 개설할수 있는 무선국의 조건으로 송신출력이 10mW이하여만 된다. 주파수에 대한 감쇄상수와 차단 주파수를 고려하여 도출된 주파수 범위는 20MHz대에서 2GHz대이다. 본 연구는 이러한 주파수 범위에서 손쉽게 구할 수 있는 device로 200MHz대의 주파수와 송신출력은 10mW로 설정하였다.

$$P_0 = \frac{1}{2} Re \int_{\rho=0}^a \int_{\phi=0}^{2\pi} \bar{E} \times \bar{H}^* \cdot \hat{\rho} d\phi d\rho$$

$$= \frac{Z_0 k_0 \beta_{mn} \pi}{4 k_c m n^4} (x'_{mn}{}^2 - m^2) J_m^2(x'_{mn}) \epsilon_{0m}$$

$J_m(x'_{mn})$ 은 1종 베셀 function.

$$\epsilon_{0m} = 1 \quad (m=0)$$

$$2 \quad (m>0)$$

β_{mn} 은 관내전파상수이다.

빈 터널의 전파특성중 전자파의 전파(propagation)에서 가장 큰 손실은 감쇄에 의한 것이다. 터널에서 무선파의 감쇄상수는 실험치와 이론치로 구할 수 있다. 감쇄상수는 다음과 같이 쓸수있다.^{[15][16]}

TE mode의 경우

$$\alpha_c = \frac{P_l}{2P_0} \quad P_l: \text{손실전력}$$

여기서

$$P_l = \frac{R_s}{2} \int_{\phi=0}^{2\pi} |J_s^2| a d\phi \text{ 이고}$$

$$\alpha_c = \frac{R_s}{r Z_0} \left(1 - \frac{k_{c_{mn}}^2}{k_0^2}\right)^{-\frac{1}{2}} \left[\frac{k_{c_{mn}}^2}{k_0^2} + \frac{m^2}{x'_{mn}{}^2 - m^2} \right] \text{ [nep/m]}$$

$$k_{c_{mn}} = \frac{x'_{mn}}{r} \quad : \text{cut off 전파상수}$$

$$R_s = \frac{1}{\sigma \delta} = \sqrt{\frac{\pi f \mu}{\sigma}} \quad : \text{표면저항}$$

$$Z_0 = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} \quad : \text{자유공간의 임피던스}$$

$$k_0 = \omega \sqrt{\mu_0 \epsilon_0} \quad : \text{자유공간의 전파상수}$$

TM mode의 경우

$$\alpha_c = \frac{R_s}{r Z_0} \left(1 - \frac{k_{c_{mn}}^2}{k_0^2}\right)^{-\frac{1}{2}} \text{ [nep/m]}$$

$$k_{c_{mn}} = \frac{x_{mn}}{r}$$

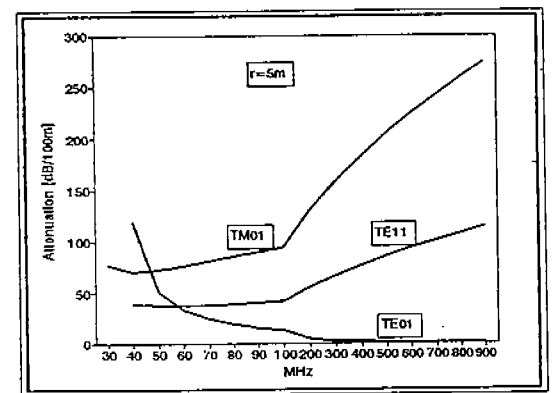
3. 수치해석

TE₀₁, TE₁₁ mode와 TM₀₁ mode의 감쇄상수 (8.686α)를 (그림 1)에 나타내었다. 주파수는 30MHz부터 900MHz를 적용하였고, 터널의 반경 r=5m, σ=10⁻²Ω/m를 적용한 결과이다. TE₀₁ mode와 TE₁₁ mode의 감쇄상수를 r=3m일때를 (그림 2)에 나타내었다.

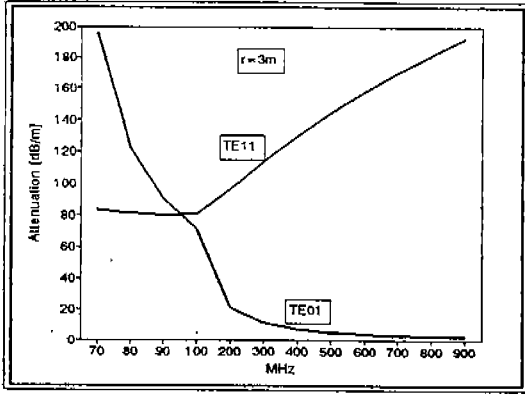
수치해석 결과 TE mode가 TM mode 보다 감쇄가 더 적은 것으로 나타났고 반경이 클수록 감쇄가 작아짐을 알 수 있다.

또한, TE₀₁ mode 감쇄는 circular waveguide의 특성으로 다른 waveguide에서는 이런 현상이 나타나지 않는다.

TE mode의 감쇄상수와 전력을 이용하여 주파수가 400MHz때 거리에 따른 상대수신전력을 (그림 3)과 4에 나타내었다.

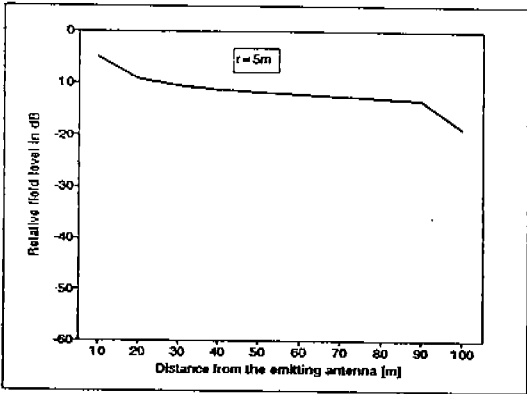


(그림 1) r=5m일때 circular tunnel에서 주파수에 대한 이론적인 감쇄상수
(Fig. 1) The attenuation coefficient about the frequency in the circular tunnel with r = 5m

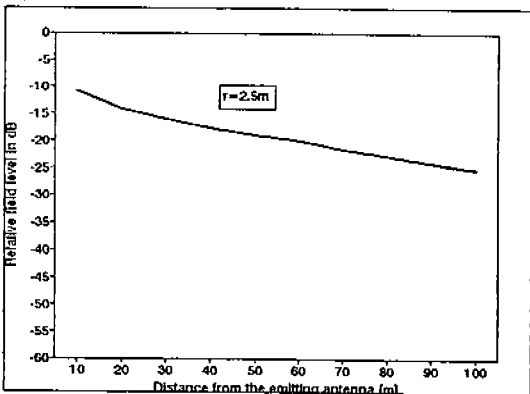


(그림 2) $r=3m$ 일때 circular tunnel에서 주파수에 대한 이론적인 감쇄상수

(Fig. 2) The attenuation coefficient about the frequency in the circular tunnel with $r=3m$



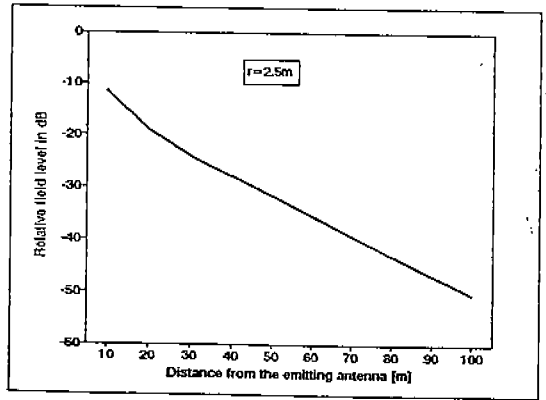
(그림 3) $f=400MHz$ 일때 거리에 따른 상대 수신전력
(Fig. 3) The relative received power about the distance in $f=400MHz$



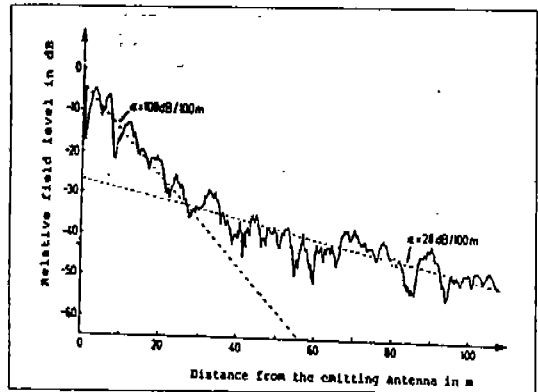
(그림 4) $f=400MHz$ 일때 거리에 따른 상대수신전력
(Fig. 4) The relative received power about the distance in $f=400MHz$

(그림 5)에서 상대수신 전력의 이론적인 값은 다른 발표된 연구(4)(그림 6참고)의 터널에서 측정된 측정치와 거의 유사함을 알 수 있다. 그리고 (그림 4)와 (그림 5)를 비교하여 보면 주파수 200MHz보다 400MHz가 거리에 따른 감쇄량이 적음을 알 수 있었다.

위의 결과를 토대로, 본 연구에서 사용된 RF module의 수신 감도는 표준 $-2dB\mu$ 로서, 이론적으로 계산한 30m뒤의 power level로 현재 모델링한 터널에서 충분히 수신할 수 있음을 알 수 있다.



(그림 5) $f=200MHz$ 일때 거리에 따른 상대수신전력
(Fig. 5) The relative received power about the distance in $f=200MHz$



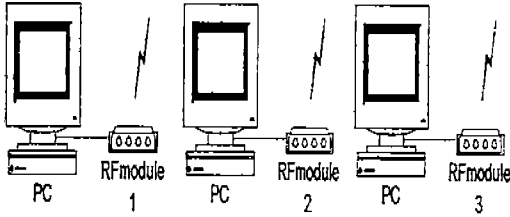
(그림 6) 실제 arched터널에서 측정된 거리에 따른 수신 전력(주파수 : 200MHz, 터널높이 : 5-6m, 터널폭 : 4.5m)

(Fig. 6) The received power measured in the arched tunnel($f=200MHz$, $h=5-6m$, $w=5m$)

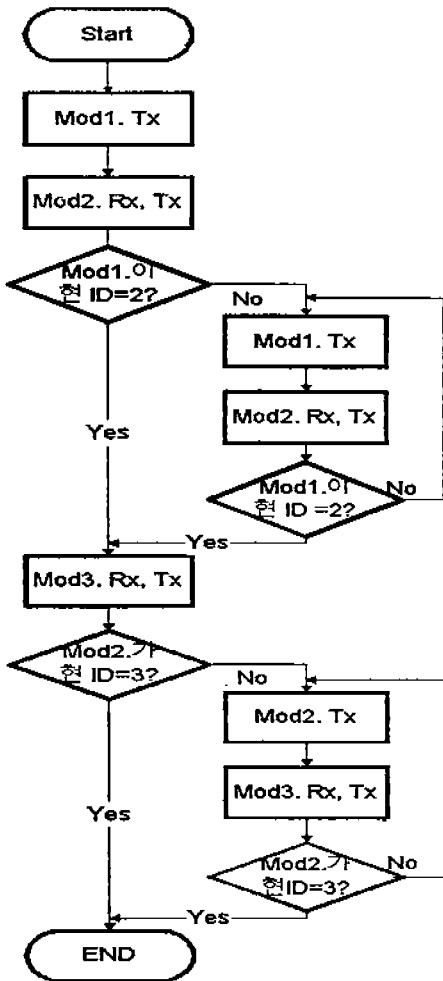
4. 시스템 구현

지하철내의 무선 데이터링크 시스템을 구현하기

전에 실험실 모델로 PC 3대를 이용하여 데이터의 송, 수신을 실험한 것이 (그림 7)과 같다.



(그림 7) 실험실 모델 구성도
(Fig. 7) The prototype model



(그림 8) 시스템 흐름도
(Fig. 8) System flowchart

송수신부의 구성은 원칩 마이크로 컨트롤러와 메모리, RF module로 구성되어 있고 PC와는 RS-232C 포트를 통하여 비동기식으로 전송하도록 구현했다.

데이터전송은 송신 address와 수신 address를 이용하여 데이터 비교후 display하게 하였고 개략적인 system flowchart는 (그림 8)에 나타내었다. RF모듈제어와 데이터 송, 수신은 원칩 마이크로 컨트롤러를 이용하였다.

여기서 Ack의 개념은 되돌아 오는 Ack가 아니라 송신측에서 수신측이 다시 송신하는 가를 감지하는 것이다. 즉, 수신측에서 다음 통신모듈로 송신하는 것이 송신측에서 확인되면 재전송이 이루어지지 않는다. 송신측에서 수신측이 송신하는 것이 확인되지 않을 경우만 재전송하는 것이다.

5. 결 론

본 연구에서는 지하철내에서 무선 데이터 링크 시스템의 구현을 위한 지하철 환경에서의 전파전파의 특성을 분석하기 위해 터널을 원형도파관으로 간주하여 진행과 방향의 거리에 따른 주파수 별로 감쇄량을 알아 보았고, 이 감쇄량으로 부터 거리에 따른 상대수신전력을 구할 수 있었다. 이런 해석을 토대로 지하철 환경내 무선 데이터 통신 시스템 실현을 위한 새로운 통신 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 데이터 전송시 ID와 함께 display를 할 내용의 address를 전송하여 데이터 전송량을 줄여 에러를 최소화 하였고, 수신측에서는 자신의 ID와 비교후 데이터를 수신하도록 하였다. 데이터 전송 성공여부를 ID로 파악하고 몇 초 후에도 데이터가 전송되지 않을 경우에는 재전송이 이루어지도록 하였다. Prototype 시스템을 가지고 알고리즘의 타당성을 검증하였다. 실험한 결과 통신이 잘 수행되어, 만족한 결과를 얻을 수 있었다. 앞으로의 연구과제는 현장에서의 데이터 송, 수신 실험 및 적응 연구가 요구된다.

본 논문에서 제안한 무선 데이터 링크 시스템은 지하철에서 뿐만 아니라 무선 LAN 구성시 각종 modem 장비, 무선 데이터 전송 링크 시스템, RF module 개발, 통신제어 소프트웨어의 개발 등에 활용될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

[1] Y. Yamaguchi, T. Abe, and T. Sekiguchi, "Radio propagation characteristics in underground streets crowded with pedestrians," IEEE Trans. Electromagn. Compat., vol. 30, no. 2, pp. 130-136, May 1988.

[2] P. Delogne, "EM Propagation in Tunnels." IEEE Trans. AP, vol. 39, no. 3, pp. 401-405 March, 1991.

[3] P. Delogne, "Basic mechanisms of tunnel propagation." Radio Sci., vol. 11, no. 4, pp. 295-303, April, 1976.

[4] Louis Deryck, "Natural Propagation of Electromagnetic Waves in Tunnels," IEEE Trans. on Vehicular Tech., vol. VT-27, no. 3, Aug 1978.

[5] Ph. Mariage, "Theoretical and experimental approach of the propagation of high frequency waves in road tunnels." IEEE Trans. AP, vol. 42, no. 1, pp. 75-81, Jan. 1994.

[6] R. Klingler, "Radio coverage for road and rail tunnels in the frequency range 75 to 1000MHz." 1991 IEEE VTC Digest.

[7] J. Chiba, T. Inaba, Y. Kuwamoto, "Radio communication in Tunnels," IEEE. Trans. Microwave Theory Tech., vol. MTT-26, pp. 439-443, June 1978.

[8] S. F. Mahmoud and J. R. Wait, "Geometrical optical approach for electromagnetic wave propagation in rectangular mine tunnels," Radio Sci., vol. 9, no. 12, pp. 1147-1158, 1974.

[9] Jacard B., Maldonado O., "Microwave modeling of rectangular tunnels," IEEE Trans. MTT, vol. 32, No. 6, 1984, pp. 576-581.

[10] Y. Yamaguchi, T. Abe, and T. Sekiguchi, "Experimental study of radio propagation characteristic in an underground street and corridors," IEEE Trans. Electromagn. Compat., vol. EMC-28, no. 3, pp. 148-155, Aug. 1986.

[11] Y. Yamaguchi, T. Abe, and T. Sekiguchi, "Radio wave propagation loss in VHF to microwave re-

gion due to vehicles in tunnels," IEEE Trans. EMC, vol. 31, 1989, pp. 87-91.

[12] Y. Yamaguchi, "Attenuation constant of UHF radio waves in arched tunnels." IEEE Trans. MTT, vol. 33, no. 8, August, 1985.

[13] N. Marcuvitz, "Waveguide Handbook," New York, Toronto, London: McGraw-Hill, 1951, pp. 66-71.

[14] S. F. Mahmoud, "Characteristics of Electromagnetic Guided Waves for Comm. in Coal Mine Tunnels," IEEE Trans. on Comm, vol. com-22, no. 10, Oct 1974.

[15] R. E. Collin "Foundations for Microwave engineering.": McGraw-Hill 1964, pp. 95-113.

[16] 조군식, 이순흠, 김선형, "지하철내에서의 무선 데이터 통신 시스템 연구" 한국정보처리학회, 춘계 학술발표논문집, pp. 413-416, 1995년.



이 순 흠

1979년 3월~1983년 2월 고려대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1983년 3월~1985년 2월 고려대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
 1985년 9월~1989년 8월 고려대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)
 1989년 3월~1991년 8월 안양전문대 사무자동학과 전임강사
 1991년 9월~현재 순천향대학교 전기전자공학부 조교수
 관심분야: 컴퓨터 통신



조 군 식

1990년 3월~1994년 2월 순천향대학교 정보통신공학과 졸업(공학사)
 1994년 3월~1996년 2월 순천향대학교 대학원 정보통신공학과 졸업(공학석사)
 1996년 3월~현재 (주)콤플렉스시스템 기술연구소 연구원
 관심분야: 디지털 통신, 무선통신



김 선 형

- 1979년 성균관대학교 전자공학과 졸업(학사)
- 1981년 성균관대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
- 1988년 성균관대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

1983년~1988년 인덕전문대 전자과 조교수
 1989년~현재 순천향대학교 정보통신공학과 부교수
 관심분야: 정보통신 응용(특히 디지털통신, 모뎀, 교환 및 전송 분야)



임 해 진

- 1977년 성균관대학교 물리학과 졸업(학사)
- 1979년 성균관대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
- 1993년 성균관대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

1983년~현재 삼척산업대학교 전자공학과 교수
 관심분야: 데이터통신, 컴퓨터네트워크, B-ISDN응용, TMN