

論文2002-39TC-12-5

# 국내지형환경에서의 IMT-2000 주파수 대 경로손실 측정 및 고찰

## (The Measurement and Consideration of Path Loss in Domestic Terrain Environments for IMT-2000)

李 尙 洙 \* , 李 東 振 \* , 崔 學 根 \* , 金 峻 鐵 \*\* , 朴 原 震 \*\*\*

(Sang-Su Lee, Dong-Jin Lee, Hak-Keun Choi, Jun-Chul Kim, and Won-Jin Park)

### 요 약

본 논문에서는 국내지형환경에서 차세대 이동통신인 IMT-2000을 위한 경로손실을 측정 및 고찰하였다. 이를 위해 국내지형환경을 분류하였으며, 주파수 1.9201GHz에서 비가시(non line of sight) 경로로 수신전력을 측정하였다. 또한 이를 토대로 안테나 복사패턴을 고려하여 경로손실을 계산하였다. 국내지형환경에서 경로손실을 고찰하기 위해 각 지형환경에 대해 계산된 경로손실 데이터를 비교기준모델인 COST-231 HATA Urban Model 기울기로 fitting하고 비교하였다. 결과를 살펴볼 때 국내지형환경의 경우, 비교기준 모델인 COST-231 HATA Urban Model에 비해 도심환경의 경우 약 5dB, 한산한 도심환경의 경우 약 8dB, 밀집한 부심환경의 경우 약 12dB, 부심환경의 경우 약 13dB, 한산한 부심환경의 경우 약 19dB, 도로환경의 경우 약 29dB가 적게 나타남을 확인할 수 있었다.

### Abstract

In this paper, the path loss in domestic terrain environments for IMT-2000 are measured and considered. Domestic terrain environments are classified and received power is measured at 1.9201GHz. In addition, the path loss is calculated with consideration of the radiation pattern of antennas based on the results of measurement. For the consideration of path loss in domestic terrain environments, each path loss are fitted with the same slope of a reference model as "COST-231 HATA Urban Model", and then both are compared. As a result, all of the path loss in domestic terrain environments are lower than the path loss of a reference model as "COST-231 HATA Urban Model". We found that a difference of path loss in domestic terrain environments and a reference model is 5dB in urban, 8dB in sparse urban, 12dB in dense suburban, 13dB in suburban, 19dB in sparse suburban, and 29dB in road.

**Keywords** : 국내지형환경, IMT-2000, 경로손실, COST-231 HATA Model

\* 正會員, 檀國大學校 電子工學科  
(Dept. of Electronics Engineering Dankook University)  
\*\* 正會員, KT研究開發本部 서비스開發研究所  
(KT R&D Group Service Development Lab. Wireless  
Network Planning Section)

\*\*\* 正會員, KTICOM 네트워크部門 無線網設計팀  
(KTICOM Network Group Wireless Cell Planning  
Team)

※ 본 연구는 한국통신의 연구비 지원으로 수행되었음.  
接受日字:2001年8月16日, 수정완료일:2002年11月15日

## I. 서론

최근 무선이동통신 사용자의 급증으로 최적의 무선망 구축이 요구되어지고 있다. 최적의 무선망을 구축하기 위해서는 다양한 자연 지형물과 인공 지형물이 산재한 지역의 지형환경 특성을 정확히 분석하고 예측하는 것이 선행되어야 한다. 그러나, 이동 지형환경에서는 전파 경로손실이 주파수와 거리 이외에 기지국 및 이동국의 안테나 높이, 지형구조, 인위적 환경에 따라 달라지고, 이러한 지형환경에서 전계강도 또는 전파경로손실을 예측하기는 매우 어렵다.<sup>[1]</sup> 이와 같은 어려움을 극복하기 위해 국, 내외적으로 많은 연구가 이루어졌으며, 예측모델 또한 많이 제안되었다. 제안된 예측모델들은 대개 방대한 현장 측정을 통하여 얻은 통계적 데이터에 기인하며 지역별로 서로 다른 특성을 보여주고 있다.<sup>[2-7]</sup> 이렇게 제안된 예측모델을 그대로 국내지형환경에 적용하는 것은 바람직하지 못한 결과를 초래할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 차세대 이동통신인 IMT-2000 주파수대(1.9201GHz)에서 국내지형환경의 수신전력을 비가시경로로 측정하고, 이를 토대로 안테나 복사패턴을 고려하여 경로손실을 고찰한다.<sup>[8-9]</sup> IMT-2000 주파수 대(1.9201GHz)에서 경로손실 특성을 고찰하기 위해 국내 지형환경을 크게는 도심, 부심, 도로로 나누었으며, 작게는 도심을 도심과 한산한 도심으로, 부심을 밀집한 부심, 부심, 한산한 부심으로, 도로를 도로로 각각 세분하여 총 6개의 세부지역으로 분류한다. 국내지형환경별 전체 측정사이트는 서울, 분당, 일산, 대전을 중심으로 총 20개 사이트로 한다.<sup>[10]</sup> 경로손실 특성 고찰을 위해 각 국내지형환경에 대해 계산된 경로손실 데이터를 비교기준모델인 COST-231 HATA Urban Model 기울기로 fitting하고 비교한다.<sup>[7-11]</sup>

## II. 지형환경 분류 및 측정 시스템

### 1. 국내지형환경 분류 및 측정 사이트

여기서는 IMT-2000 주파수 대(1.9201GHz)에서 경로손실 특성을 고찰하기 위해 <표 1>과 같이 국내지형환경을 분류하였다. <표 1>에서 국내지형환경을 도심, 부심, 도로로 나누었으며, 작게는 도심을 도심과 한산한 도심으로, 부심을 밀집한 부심, 부심, 한산한 부심으로, 도로를 도로로 각각 세분하여 총 6개의 세부지역으로

표 1. 국내지형환경 분류

Table. 1. Classification of domestic terrain environment.

대분류	소분류	정의
도심	도심지역	10층 이상 건물지역
	한산한 도심지역	10층 이상 건물이 비교적 한산한 지역
부심	밀집한 부심지역	5~10층 미만 건물 밀집지역
	부심지역	5~10층 미만 건물지역
	한산한 부심지역	5~10층 미만 건물이 비교적 한산한 지역
도로	도로	주도로

표 2. 측정 사이트

Table. 2. Measurement sites.

대분류	소분류	측정 사이트	송수신 안테나 높이차
도심	도심지역	일산 주엽동1	68m
		일산 주엽동2	66m
		일산 주엽동3	67m
	한산한 도심지역	일산 주엽동4	35m
		일산 주엽동5	42m
		일산 주엽동6	42m
부심	밀집한 부심지역	대전 용두, 오류동1	56m
		일산 대화동1	34m
	부심지역	분당 서현동1	57m
		서울 성내, 천호동1	71m
	한산한 부심지역	대전 용두, 오류동2	57m
		대전 선화, 대흥동1	51m
도로	도로	일산 호수로1	44m
		일산 호수로2	46m

하였다. 국내지형환경별 비가시 경로손실측정은 서울, 분당, 일산, 대전을 중심으로 총 14개 사이트에서 이루어졌으며, 전체 측정 사이트는 <표 2>와 같다.

### 2. 측정시스템 구성

<그림 1>은 실제 측정에 사용된 송신단과 수신단 시스템의 구성도를 나타내며, 1.9201GHz의 측정주파수에 대한 송신단과 수신단의 제원은 각각 <표 3>과 <표 4>에 나타내었다. 송신단은 전원, 송신시스템 장비, 송신안테나로 구성되며, 수신단은 전원, 스펙트럼 분석기, 수신안테나로 구성되어 있다. 송신시스템 장비와 스펙트럼 분석기는 각각 PCS-20A와 HP-8592D를 사용하였고, 전원은 송신단이 건물 위에 위치하는 경우와 그렇지 않은 경우로 각각 일반전원과 발전기를 사용하였으며, 수

신단의 경우 차량용 인버터를 사용하였다. 송신안테나는 수평방향으로는 무지향성 패턴이고, 수직방향으로는 빔폭이 약 12°인 4소자 슬리브 다이폴 배열 안테나이고, 수신안테나는 송신안테나와 마찬가지로 수평방향으로는 무지향성 패턴이고, 수직방향으로는 빔폭이 약 40°인 슬리브 다이폴 안테나이다. 송신안테나의 경우 6m의 안테나 마스트에 부착하였으며, 수신안테나의 경우는 측정차량에 부착하여 측정을 수행하였다. 수신전력값을 저장하기 위해 Notebook PC를, 높이 데이터를 얻기 위해 GPS를 사용하였다. 또한 일정한 전원공급을 위해 송, 수신단 모두 슬라이더스를 사용하였다.

<그림 2>는 측정주파수 1.9201GHz에서 송, 수신안테나의 수직 복사패턴을 나타낸다.

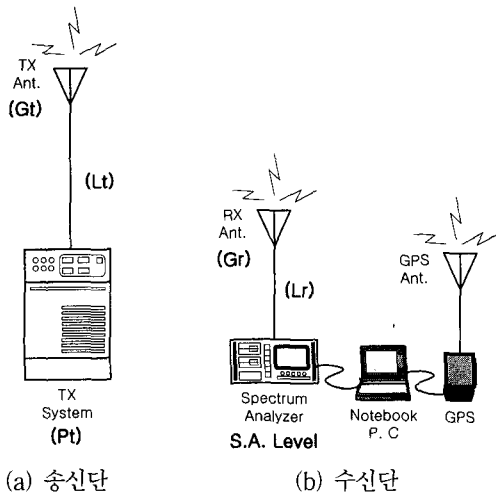


그림 1. 측정시스템 구성도  
Fig. 1. Block diagram of the measurement system.

표 3. 송신단 제원  
Table. 3. Specification of the transmitter.

송신기 출력 ( $P_t$ )	40dBm
케이블 손실 ( $L_t$ )	6dB
안테나 이득 ( $G_t$ )	$G_t(\theta)$

표 4. 수신단 제원  
Table. 4. Specification of the receiver.

케이블 손실 ( $L_r$ )	2dB
안테나 이득 ( $G_r$ )	$G_r(\theta)$

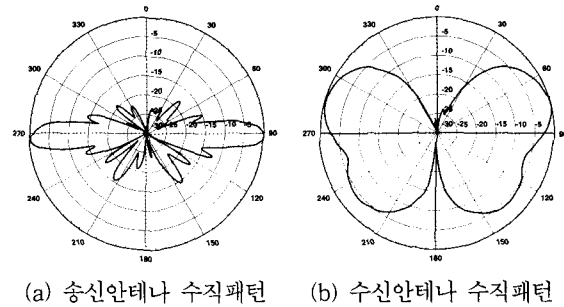


그림 2. 송, 수신안테나 복사패턴 ( $f = 1.9201\text{GHz}$ )  
Fig. 2. Radiation patterns of TX and RX antenna. ( $f = 1.9201\text{GHz}$ )

<그림 1>에 주어진 것과 같이 송신기 출력이  $P_t$ , 송신케이블 손실이  $L_t$ , 송신안테나 이득이  $G_t$ 이고, 수신케이블 손실이  $L_r$ , 수신안테나 이득이  $G_r$  이므로 수신전력, 즉 스펙트럼 분석기 출력(S.A. Level)으로부터 경로손실을 식(1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$L(\text{dB}) = P_t - L_t + G_t - L_r + G_r - \text{S.A. Level} \quad (1)$$

### III. 측정결과 및 고찰

#### 1. 수신전력 측정

측정주파수 1.9201GHz에서 각 국내지형환경에 대한 비가시 경로 수신전력 측정을 위해 다음과 같은 사항을 고려하여 측정하였다. 측정경로는 송신단 위치로부터 건물들에 의해 비가시 경로가 되도록 선정하였다. 단, 도로의 경우 주변건물이 없는 환경여건상 가시 경로로 수신전력을 측정하였다. 수신전력 측정은 정지된 상태에서의 측정이 아닌 측정차량을 이용한 드라이브인 테스트(drive in test)로 하였다. 이때 측정차량의 평균속도는 30~40km/h로 하였다. 차량속도의 변화에 의한 거리별 수신전력의 오차를 줄이기 위해 5초 동안 10개의 수신전력값을 Notebook에 받아들여 임시 저장한 후에 최대값과 최소값을 제외한 나머지 8개의 수신전력값을 평균하여 저장하였다. 이렇게 얻어진 수신전력값은 5초 간격으로 Notebook에 저장하고, 그때마다 GPS를 이용하여 수신지점의 높이 데이터 값을 얻어 동시에 저장하도록 하였다. 시간성에 의한 위치별 수신전력의 오차를 줄이기 위해서는 한 지역에서(같은 경로에서) 여러 번(최소 3번이상) 측정을 통하여 얻어진 표준편차가 가장 적은 데이터를 채택하였다.

2. 측정결과 및 고찰

IMT-2000 주파수대(1.9201GHz)에서 국내지형환경별 경로손실 특성을 고찰하기 위해 비가시경로로 측정된 수신전력을 식 (1)을 사용하여 경로손실을 계산하였다. 여기서는 경로손실 계산 시 송, 수신안테나 최대 빔방향의 이득을 그대로 적용하지 않고, 복사패턴을 고려한 이득으로 계산하였다. <그림 2>는 송, 수신안테나 수직 복사패턴을 나타내며, 수평 복사패턴은 송, 수신안테나 모두 전방향성이다. 따라서, 이득 계산 시 송, 수신안테나 모두 수직 복사패턴을 고려하였다. 이때 지형은 평지라 가정한다. 각 국내지형환경에 대한 경로손실 특성을 고찰하기 위해 계산된 경로손실 데이터를 비교기준모델인 COST-231 HATA Urban Model 기울기로 fitting하고 비교하였다. 식(2)는 COST-231 HATA Model을 나타내고, 여기서 C는 식 (3)과 같다.<sup>[7]</sup> COST-231 HATA Model 사용주파수 대역은 1.5 ~ 2GHz이므로 IMT-2000 주파수대를 만족하고, 측정주파수(1.9201 GHz)를 만족함을 알 수 있다. 또한, 본 논문에 비교기준모델인 COST-231 HATA Urban Model에서  $C = 3dB$ 가 된다.

$$L(dB) = 46.3 + 33.9 \log_{10} f_c - 13.82 \log_{10} h_b + (44.9 - 6.55 \log_{10} h_b) \log_{10} d - 3.2(\log_{10} 11.75 h_m)^2 + 4.97 dB + C \quad (1.5 \sim 2 \text{ GHz}) \quad (2)$$

$$C = \begin{cases} 0dB & \text{medium-sized cities and suburban areas} \\ 3dB & \text{metropolitan areas} \end{cases} \quad (3)$$

<그림 3~8>은 국내지형환경에서의 경로손실 특성

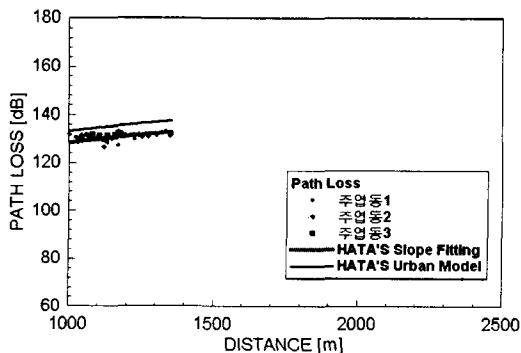


그림 3. 도심환경의 경로손실 특성  
Fig. 3. Characteristics of path loss in urban environments.

과를 나타낸다. 결과를 살펴볼 때 국내지형환경별 경로손실은 도심, 한산한 도심, 밀집한 부심, 부심, 한산한 부심, 도로 순으로 크게 나타났으며, 전체적으로 비교기

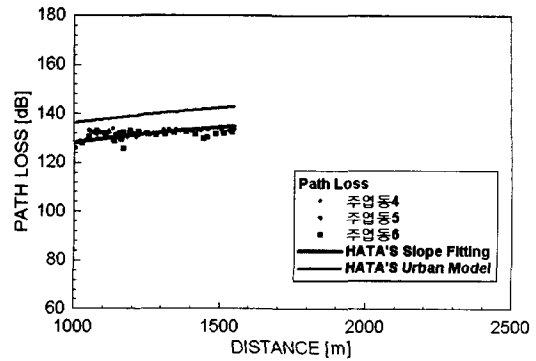


그림 4. 한산한 도심환경의 경로손실 특성  
Fig. 4. Characteristics of path loss in sparse urban environments.

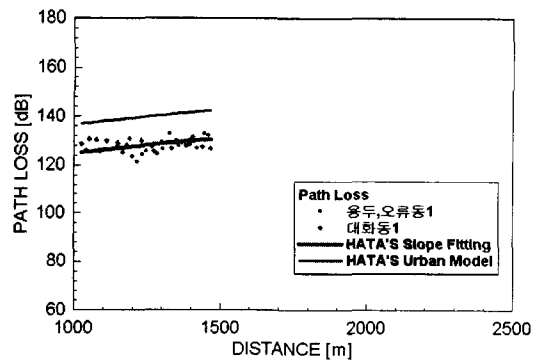


그림 5. 밀집한 부심환경의 경로손실 특성  
Fig. 5. Characteristics of path loss in dense suburban environments.

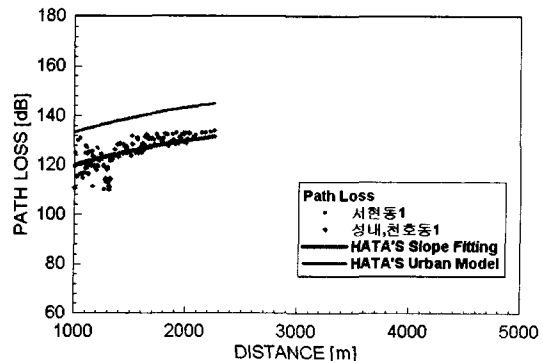


그림 6. 부심환경의 경로손실 특성  
Fig. 6. Characteristics of path loss in suburban environments.

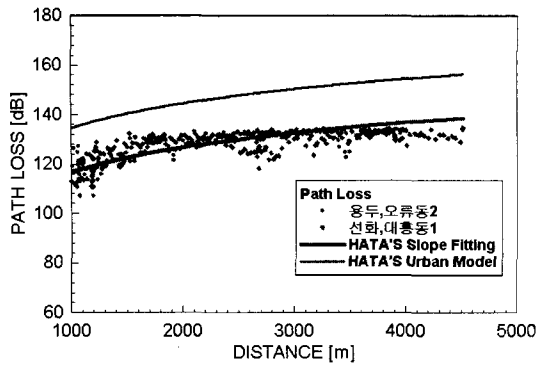


그림 7. 한산한 부심환경의 경로손실 특성  
Fig. 7. Characteristics of path loss in sparse suburban environments.

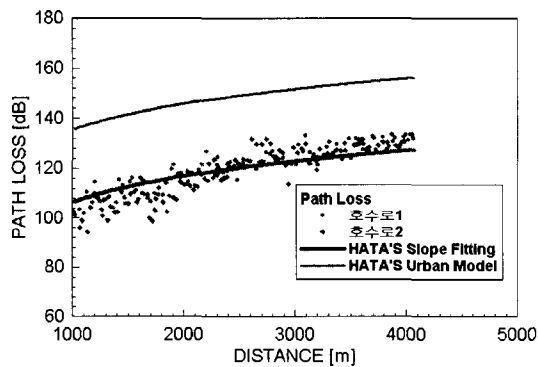


그림 8. 도로환경의 경로손실 특성  
Fig. 8. Characteristics of path loss in road environments.

표 5. 국내지형환경별 경로손실에 대한 표준편차

Table. 5. STD. for path loss in classification of domestic terrain environment.

대분류	소분류	표준편차(dB)
도심	도심지역	1.27
	한산한 도심지역	1.94
부심	밀집한 부심지역	1.58
	부심지역	3.14
	한산한 부심지역	6.34
도로	도로	5.66

준모델인 COST-231 HATA Urban Model에 비해 경로 손실이 적게 나타남을 알 수 있다. 이는 건물의 높이가 높을수록, 건물의 높이가 동일하거나 비슷한 경우 건물

의 밀집도에 따라 경로손실이 더 크다는 것을 보여주고 있다. 결과적으로 국내지형환경의 경우, 비교기준모델인 COST-231 HATA Urban Model에 비해 도심환경의 경우 약 5dB, 한산한 도심환경의 경우 약 8dB, 밀집한 부심환경의 경우 약 12dB, 부심환경의 경우 약 13dB, 한산한 부심환경의 경우 약 19dB, 도로환경의 경우 약 29dB가 적게 나타남을 확인할 수 있다. <표 5>는 비교 기준모델인 COST-231 HATA Urban Model 기율기로 fitting된 국내지형환경별 경로손실에 대한 표준편차를 나타낸다.

#### IV. 결론

본 논문에서는 국내지형환경에서의 IMT-2000 주파수 대(1.9201GHz) 경로손실 특성을 고찰하기 위해 비가시 경로로 수신전력을 측정하고, 이를 토대로 안테나 복사 패턴을 고려하여 경로손실을 계산하였다. 이때 지형은 평지라 가정한다. 측정사이트는 건물의 높이와 밀집도에 따라 크게는 도심, 부심, 도로로 나누었으며, 작게는 총 6개의 세부지역으로 국내지형환경을 분류하였다. 이렇게 분류한 총 14개의 측정 사이트에서 수신전력을 측정하였다. 각 국내지형환경에 대한 경로손실 특성을 고찰하기 위해 계산된 경로손실 데이터를 비교기준모델인 COST-231 HATA Urban Model기율기로 fitting하고 비교하였다. 특성결과를 살펴볼 때 국내지형환경의 경우, 비교기준모델인 COST-231 HATA Urban Model에 비해 도심환경의 경우 약 5dB, 한산한 도심환경의 경우 약 8dB, 밀집한 부심환경의 경우 약 12dB, 부심환경의 경우 약 13dB, 한산한 부심환경의 경우 약 19dB, 도로 환경의 경우 약 29dB가 적게 나타남을 고찰할 수 있었다. 결론적으로 이는 건물의 높이와 밀집도에 따라 경로 손실이 좌우됨을 보여주고 있다. 또한 COST-231 HATA Urban Model 기준으로 볼 때 국내지형환경의 경우 국외지형환경에 비해 경로손실이 적게 나타남을 볼 수 있다.

#### 참고 문헌

[1] 송기홍, 정인명, 김종호, 양기근, "서울 및 대전지역에서의 전계강도와 경로손실 분석", 한국전자파 기술학회 vol. 4, No.2, pp. 4~10, 1993  
[2] J. B. Andersen and F. Hansen, "Antennas for

UHF/VHF Personal Radio: A Theoretical and Experimental Study of Characteristics and Performance”, IEEE Trans. Veh. Tech., vol. VT-26 no. 4, pp. 349~357, Nov. 1977.

[3] G. D. Ott and A. Plitkins, “Urban Path-Loss Characteristics at 820MHz”, IEEE Trans. Veh. Tech., vol. VT-27 no. 4, pp. 189~197, Nov. 1978.

[4] K. K. Kelly, “Flat Suburban Area Propagation at 820MHz”, IEEE Trans. Veh. Tech., vol. VT-27 no. 4, pp. 198~204, Nov. 1978.

[5] M. Hata, “Empirical Formula for Propagation Loss in Land Mobile Radio Services”, IEEE Trans. Veh. Tech., vol. VT-29 no. 3, pp. 317~325, Aug. 1980.

[6] J. D. Parsons, The Mobile Radio Propagation Channel, John Wiley and Sons, Inc. New York, 1992.

[7] Simon R. Saunders, Antennas and Propagation for Wireless Communication System, John Wiley and Sons, New York, 1999.

[8] A. L. Davison and W.J. Turney, “Mobile Antenna Gain in the Multipath Environment at 900MHz”, IEEE Trans. Veh. Tech., vol. VT-26 no. 4, pp. 345~348, Nov. 1977.

[9] 이찬주, 홍의석, “무선통신에 있어서 장애물에 의한 회절의 안테나 영향”, 전자공학회지, vol. 29, no. 5, pp. 380~385, 1992

[10] 정남호, 백정기, 김준철, 황정환, 한동필, “전파환경에 따른 밀리미터파 대역 경로손실 측정 및 분석”, 한국전자과학회 논문집, vol. 11, no. 3, pp. 410~418, 2000

[11] K. Fujimo and J. R. James, Mobile Antenna Systems Handbook, AH, 2001.

저 자 소 개



**李尙洙(正會員)**  
 1997년 2월 : 단국대학교 전자공학과(공학사). 1999년 2월 : 단국대학교 대학원 전자공학과(공학석사). 1999년 3월~현재 : 단국대학교 대학원 전자공학과 박사과정. <주관심분야 : 안테나 및 전파전파, 마이크로파>

<주관심분야 : 안테나 및 전파전파, 마이크로파>



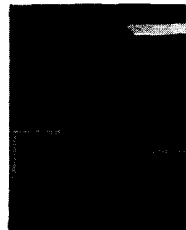
**李東振(正會員)**  
 1986년 2월 : 한양대학교 기계공학과(공학사). 1991년 2월 : 한양대학교 대학원 기계공학과(공학석사). 1997년 8월~현재 : 단국대학교 대학원 전자공학과 박사과정. 1986년 3월~현재 : (주)하이게인안테나 이사.

<주관심분야 : 안테나 및 전파전파, 마이크로파>



**崔學根(正會員)**  
 1979년 2월 : 고려대학교 전자공학과(공학사). 1981년 2월 : 고려대학교 전자공학과(공학석사). 1988년 8월 : 고려대학교 전자공학과(공학박사). 1991년 3월~현재 : 단국대학교 전자·컴퓨터학부 전자공학전공 교수.

<주관심분야 : 안테나 및 전파전파, 마이크로파>



**金峻鐵(正會員)**  
 1994년 : 인하대학교 전자공학과(공학사). 1996년 : 인하대학교 전자통신전공(공학석사). 1996년~현재 : KT 연구개발본부, 무선망설계연구실, 선임보연구원. <주관심분야 : 무선망 설계 및 최적화 기술, 무선망 설계틀, 전파전파모델링>

<주관심분야 : 무선망 설계 및 최적화 기술, 무선망 설계틀, 전파전파모델링>



**朴原顯(正會員)**  
 1984년 : 경희대학교 전자공학과(공학사). 1986년 : 경희대학교 전자공학전공(공학석사). 1998년~2000년 : KT 연구개발본부, 무선망구조연구실장, 무선망설계연구실장. 2001년~현재 : KTICOM 네트워크부문 무선망설계팀장.

<주관심분야 : 무선망 설계 및 최적화 기술, RF 시스템 개발>