

실내 환경에서 다층 퍼셉트론 모델과 전파 전파 특성파라미터를 이용한 무선 근거리통신망의 최적 셀 설계 (Optimum Cell Design using MLP Model and Wave Propagation Characteristic Parameters for Wireless LAN in Indoor Radio Environments)

김 광 윤* 문 용 규**
(Gwang-Yoon Kim) (Yong-Gyoo Moon)

요 약

본 논문은 MLP 모델과 전파 특성 파라미터를 이용하여 실내환경에서 무선근거리통신망에 대한 전파 경로 손실 예측 알고리즘을 제안하였다. 100mW의 송신출력과 2.4GHz의 주파수를 갖는 무선근거리통신망에 대한 실내 경로손실을 예측하고 측정된 값과 비교하였다. 비교된 측정값과 예측값 사이의 차이는 다양한 경로손실 요인들에 대한 정확한 분석을 통하여 감소시킬 수 있다.

제안된 전파 경로 손실 예측 모델을 이용하여 특정 실내환경에서의 AP 위치를 선정함으로써 최적 셀 설계를 수행하였다.

ABSTRACT

This paper was proposed a wave path loss prediction algorithm using multilayer perceptron (MLP) model and wave propagation characteristic parameters for Wireless LAN in indoor radio environments. Receiving power was predicted by calculating indoor path loss in a Wireless LAN that has transmission power of 100mW and frequency of 2.4GHz, and was compared with measured. In the result of measurement shows that there is a difference between predicted and measured receiving power which can be reduced by an accurate analysis of the various path loss factors.

In order to fix the access point(AP) positions was used the proposed a wave path loss prediction algorithm, and designed the optimum cell for Wireless LAN.

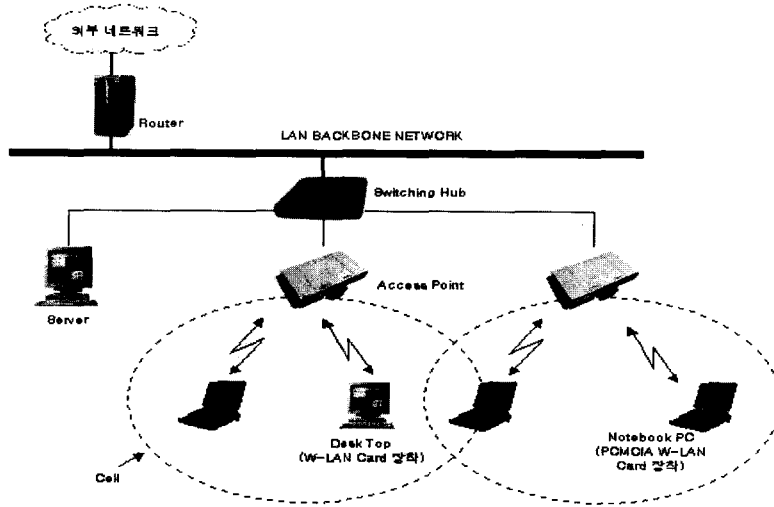
1. 서 론

무선 근거리통신망(Wireless LAN)은 [그림 1]에 나타낸 것과 같이 LAN의 Back-bone에 연결되어

기지국 역할을 하는 AP(Access Point)와 무선 LAN 카드가 장착된 리모트 단말로 구성되며, 이들 사이에 전파를 매체로 정보가 전송된다.

* 정회원 : 서대대학 전자계산과 교수
* 정회원 : 전주공업대학 정보통신과 조교수

논문접수 : 2002. 2. 28
심사완료 : 2002. 4. 3



[그림 1] 무선 근거리통신망 구성도

[Fig. 1] Wireless LAN configuration

무선 근거리통신망은 대부분이 실내에 구성됨에 따라 최적의 네트워크를 구성하기 위해서는 실내 무선 채널 환경에서의 전파 전파 특성에 대한 정확한 분석이 필요하다. 실내환경의 경우 전파의 세기는 건물의 벽, 천장, 가구 및 기타 기자재 등의 재질, 구조, 배치, 밀도의 영향에 의한 신호세기 감쇄(Attenuation)로 환경에 따라 송수신간 거리의 3~5 제곱에 반비례하여 감소하여 거리에 따른 신호세기 감쇄의 기울기가 자유공간에 비해 크다. 또한 신호의 성분들이 이들 장애물들로부터 반사, 회절, 산란되어 신호지연이 발생하므로 수신기에 도착하는 시각이 약간씩 다름으로 인한 다중경로(Multipath) 전파현상이 일어나고, 시스템의 주위로 사람이나 AGV(Autonomous Guided Vehicle) 등이 이동하기 때문에 이들이 작용하여 시간과 공간에 따라 신호세기가 불규칙적으로 급하게 변하는 Deep 페이딩 현상이 발생하며, 펄스의 퍼짐으로 인해 생기는 부호간 간섭(ISI : Inter-Symbol Interference)현상 등이 일어나서 시스템의 성능을 열화시키는 요인으로 작용한다. 따라서 이와 같은 신호세기 변동요인들을 고려한 정확한 전파 전파 특성의 분석 및 예측을 통한 정확한 셀 설계가 실내 무선 근거리통신시스템의 효율과 신뢰도, 경제성을 높이는데 필수적이다.

실내환경에서의 전파 전파에 대해 연구, 발표된 논문들을 살펴보면, 일반적으로 통신 채널에서의 신호 감쇄가 건물구조 및 전파경로상의 장애물 재질, 크기, 밀집도 등에 따라 큰 영향을 받는 것으로 나타났다[1], 또한 실내에서의 다중경로 페이딩에 의한 영향을 최소화하기 위해 원형편파안테나를 이용한 편파다이버시티 방법 등이 제안되고 있다[2]. 현재 발표된 전파손실 예측 모델들은 전자기 이론을 이용한 이론적 모델과 필드 측정 데이터를 이용한 통계적 방법인 실험적 모델로 크게 구분할 수 있다. 이론적 모델의 대표적인 것은 UTD(Uniform Geometrical Theory of Diffraction)를 들 수 있는데, 이는 회절손실 예측을 위해 기하광학적인 방법을 사용하였으며[3], 광선추적법(Ray Tracing Technique)을 이용한 전파 예측모델은 광선방출기법(Ray Launching Technique)[4,5]이나 영상법(Image Method)[6]을 사용하여 전파 전파 현상을 모델링하였다. 통계적인 모델로서 대표적인 것은 Okumura, Hata, Egli, Lee 모델 등이 있는데, 이 모델들에서는 특정 주파수와 송신출력을 갖는 통신 시스템을 이용한 특정지역의 필드 측정 데이터를 기준으로 하여 다양한 환경에 적용하기 위한 각각의 통계적인 수식과 다양한 보정인자(correction factor)를 유도해 냈

나, 유도된 보정인자들의 의미가 모호하고, 실제 적용되는 지역의 전파 환경에서 유용한 성능을 얻기 위해서는 그 지역에 맞도록 보정인자를 재조정해 주어야 하는 최적화 과정을 거쳐야 하는 단점을 가지고 있다[7-9]. 이 밖에도 이론적 모델과 통계적 모델을 합성한 방식으로 COST-231 Walfish/Ikegami 모델이 있는데 이는 제한된 건물 정보만을 이용하여 구현은 비교적 간단하지만, 최적화 과정을 거쳐야 한다는 점에서 이전의 통계적 모델과 같은 단점을 가지고 있다[10,11]. 위에서 살펴본 통계적 모델들의 경우, 전파모델링시 유사평면지형(quasi-smooth terrain)과 같은 단순한 전파환경을 가정하기 때문에 고도변화가 심한 복잡한 지형환경에서는 정확성이 더욱 떨어지게 되므로, 실제 지형을 표현한 3차원 지형도의 지형 데이터를 활용하는 point-to-point 방식을 이용하여 예측의 정확도를 높이기 위한 방법들이 시도되기도 한다[12]. 최근 들어 신경회로망 모델을 이용한 전파예측 방법도 몇 가지 소개되고 있는데[13-15], 기존의 여러 모델에서 사용되는 변수들 가운데 성능이 우수한 것으로 알려진 변수들을 조합하여 사용함으로써 보다 우수한 전파예측이 가능한 통합형 모델로 일컬어지고 있다.

본 논문에서는 실내에서의 무선 근거리통신망을 구성함에 있어 효율적인 셀 설계를 위한 방법으로 신경회로망(Neural Networks) 모델의 일종인 다층 퍼셉트론(Multilayer Perceptron, MLP) 모델을 이용한 전파 예측 알고리즘을 구현하고, 송신출력 100mW, 2.4GHz의 주파수를 사용하는 실내환경의 무선 근거리통신시스템에 대하여, 다층 퍼셉트론 모델을 이용한 전파 전파 예측으로 경로 손실 시뮬레이션을 수행한 후, 실내 환경에 대한 실제 측정결과와 비교, 분석함으로써 제시된 모델의 효용성을 보였다. 그리고 이 전파 경로 손실 예측 모델을 이용하여 특정 실내환경에서의 AP 위치를 선정함으로써 최적 셀 설계를 수행하였다.

본 논문의 구성을 보면, 2장에서는 실내 환경에서의 전파 전파 특성을 살펴보고, 3장에서는 전파특성 및 전파환경이 반영된 신경회로망 입력데이터를 얻기 위해 다층 퍼셉트론 모델을 이용한 실내환경에서의 전파 예측 알고리즘을 제안하였다. 그리고 4장에서 시뮬레이션을 통한 전파 예측 후, 실제 측정결과와 비교 분석하여 알고리즘의 예측 성능을 평가하고,

5장에서는 제안된 전파 예측 알고리즘을 이용하여 송신출력 100mW, 주파수 2.4GHz, 한계수신레벨 -110dBm을 갖는 무선 근거리통신망에 대한 강의실이 있는 실내환경에 대한 셀 설계를 수행함으로써 최적의 AP 위치를 선정하도록 하였으며, 6장에서는 본 논문의 결론과 향후 연구방향에 대하여 언급하였다.

2. 실내 환경에서의 전파 전파 특성

전파는 반사, 투과, 산란, 회절 등의 성질을 가지고 있어서 송신측에서 일정출력으로 전파를 송신하여도 수신점에서의 신호세기는 송수신간의 거리와 통신로 주변의 환경 등 다양한 요인으로 인하여 복잡하게 변화한다. 이를 전파 전파 특성이라 하며, 일반적으로 송신출력이 일정할 때 수신점에서의 수신 신호세기, 송수신간 전파 경로손실, 송수신간 거리 등으로 표현된다. 실내 환경에서의 전파 전파 특성은 자유공간이나 실외 환경과는 달리 보다 다양한 요인들에 의한 영향을 받으므로, 시스템의 효율과 신뢰도를 높이고, 경제성을 향상시키기 위해서는 이와 같은 요인들을 충분히 고려한 정확한 분석이 필수적이다.

2.1 실내에서의 전파성분

실내 환경에서 수신되는 신호세기의 변화요인이 되는 전파의 성분은 다음과 같은 4가지가 있으며, 이들 요인이 복합적으로 작용하여 전파 전파 특성이 결정된다.

- (1) 투과파 : 벽, 천장, 가구 및 기타 기자재 등을 투과하여 최단거리로 전송되는 성분
- (2) 복도 전송파 : 가시공간을 통해 비교적 작은 손실로 전송되는 성분
- (3) 건물 재침입파 : 창문 등을 통하여 실외로 투과된 전파가 건물 주변환경에 따라 반사, 회절, 산란하여 건물로 재침입하는 성분.
- (4) 실내 전송파 : 흔히 트인 실내를 통해 전송되는 직접파와 주위 장애물 등에서 회절, 산란, 반사된 전파가 합성된 성분.

주위와 격리된 비교적 소규모의 건물에서는 실내 전송파, 투과파, 복도 전송파에 의한 영향이 지배적이며, 건물이 밀집된 지역의 대규모 건물의 경우, 건물 재침입파에 의한 영향이 크다. <표 1>은 사용 주파수별 건축자재 종류별 전파의 투과손실을 나타냈다.

<표 1> 전파의 투과손실

<Table 1> Transmission loss of electromagnetic (단위 ; dB)

주파수(MHz)		457	920	1,450	2,200
시료(두께)	본판(15mm)	0.7	2.6	2.7	3.5
	석고보드(7mm)	0.0	0.3	0.2	3.5
외벽지	벽돌(60mm)	3.2	1.3	0.8	1.4
	벽돌(60mm, 방수용)	6.0	1.9	3.1	5.8
	슬레이트(11mm)	0.2	2.7	3.4	4.5
	기와(15mm)	1.5	1.1	3.3	8.1
	기포 콘크리트(100mm)	4.6	4.9	7.6	10.9
단열지	열차단 필름	25.9	22.6	22.3	25.2
	단열용 유리벽	19.2	36.1	38.6	37.1

2.2 거리에 따른 수신 신호세기의 감쇄

전파는 송신기에서 수신기까지의 전송거리에 따라 수신 신호세기가 감쇄하는 특성을 갖는다. 이와 같은 거리와 수신 신호세기 사이의 관계를 간단히 수식으로 표현하면 식 (1)과 같다.

$$E \propto d^n \tag{1}$$

위의 식에서 E는 수신 신호세기의 평균값, d는 송수신간의 거리, n은 거리에 따른 수신 신호세기의 감쇄상수를 나타낸다. 자유공간에서의 감쇄상수 n은 -2의 값을 가지며, 이는 수신 신호세기가 송신기로부터의 거리의 제곱에 반비례함을 의미한다. 즉, 자유공간상에서 송신기로부터 200미터 지점의 수신 신호세기는 100미터 지점에 비해 1/4로 감쇄된다. 그러나 실내 환경의 경우, 바닥, 천장, 벽, 가구, 사람 등 송수신간에 여러 가지 신호세기 감쇄요소가 존재하므로 자유공간에 비해 감쇄상수 값이 감소되어 일반적으로 n은 -3~-5정도가 된다. 즉, 수신 신호세기는

송신기로부터의 거리의 3~5제곱의 비율로 급격히 감쇄한다. 실내환경에서 거리에 따른 수신 신호의 세기는 특히 실내 장애물의 형태, 종류, 밀도나 건물 구조와 밀접한 관계가 있으며, 이에 따라 감쇄상수의 크기가 변화된다.

2.3 페이딩 현상(Fading Effect)

페이딩 현상이란 신호가 전송 중에 장애물로 인하여 반사, 흡수, 회절되거나 여러 경로를 거쳐 수신측에 도착하는 신호들의 위상에 의해 수신측에서의 신호의 진폭이 변동하는 현상을 말한다. 육상이동통신에서, 수신되는 신호는 전파경로상에 존재하는 건물이나 산의 언덕 등 여러 가지 반사체로 인해 반사 혹은 회절되어 전송경로의 길이가 서로 다른 2파 이상이 수신되는 지연확산파 이동체의 속도변화에 따른 도플러 천이 현상을 수반한다. 다시 말하면 도플러 현상이 부가된 여러개의 다중경로 반사파가 서로 더해져서, 수신된 신호는 진폭과 위상이 불규칙하게 변화하므로 수신파의 포락선이 일정한 세기를 갖지 못하는 페이딩 현상을 나타낸다. 이러한 페이딩 현상으로 인해 디지털 이동통신 시스템에서 부호화된 음성 및 데이터를 전송할 때 불규칙 에러 및 연속 에러가 유발되므로 페이딩 현상은 실내무선통신을 비롯한 이동통신 환경에 있어서 통신 품질 저하의 커다란 원인이 된다.

2.3.1 그림자 효과 페이딩(Shadowing)

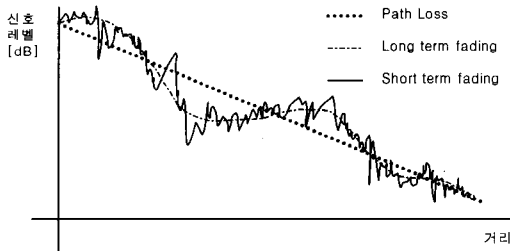
그림자효과 페이딩은 전파의 전송을 막는 건물 기자재에 의한 것으로 건물내의 기둥과 주로 금속자재에 의해 발생하는데 철망 등으로 구분되어 있거나 거대한 금속 랙(Rack)이 설치되어 있는 곳, 두껍고 축축한 벽 등에서 발생하며 전파가 장애물에 의해 차단되거나, 회절에 의해 변동함으로 발생한다. 이 효과는 주파수가 높을수록 현상이 두드러져서 주파수가 높을수록 셀반경은 더욱 조밀해지므로 시스템의 효율면에서 성능이 저하된다.

2.3.2 다중경로 페이딩(Multipath Fading)

다중경로 페이딩은 무지향성의 전송신호가 실내

건축 구조물이나 주위 장애물로부터 반사되어 경로에 따라 수신기에 도착하는 신호의 위상차로 인하여 이들의 합성으로 이루어지는 수신신호의 진폭이 시시각각 변동하는 현상을 말한다. 다중경로에 의한 영향은 저속 데이터 전송시에는 레일리(Rayleigh) 페이딩으로 나타낼 수 있으며, 고속 데이터 전송시에는 통신대역내의 분산도 고려해야 한다.

레이리 페이딩은 [그림 2]와 같이 수신 신호레벨에 큰 변동을 유발하는데 이를 short term fading이라고도 하며, 통신대역내의 분산은 부호간 간섭을 발생시켜 전송채널의 최대 데이터율을 제한한다. 그러므로 일부 사용자는 높은 비트에러율로 인해 순간적으로 채널 사용이 불가능해지는 현상이 발생한다. 이와 같은 다중경로 페이딩의 대처방법으로 공간다이버시티, 편파다이버시티, 각다이버시티, 시간다이버시티 등의 방법이 이용되며 최근에 발표된 연구 결과를 보면 실내환경에서는 편파다이버시티 방식을 이용하는 것이 성능이 우수한 것으로 보고되고 있다[2].



[그림 2] 레일리 페이딩 효과
[Fig. 2] Effect of rayleigh fading

3. 다층 퍼셉트론 모델을 이용한 실내환경에서의 전파예측

신경회로망이란 인간의 두뇌 작용을 신경세포들간의 연결관계로 모델링한 것으로, 극히 단순한 기능을 갖는 다수의 인공 뉴런(neuron)들과 이들간의 신호전달을 위한 연결가중치를 갖는 네트워크 형태의 계산 모델이다. 신경회로망에는 네트워크의 구조나

학습규칙에 따라 Hopfield, 단층 퍼셉트론, 다층 퍼셉트론, ART 등 다양한 모델이 존재하는데, 화상처리, 문자 및 음성인식과 같은 패턴 인식이나 일부 유실되거나 변형된 자료로부터 완전한 정보를 추출하는 연상기억, 최적화를 수행하는데 널리 활용되고 있다.

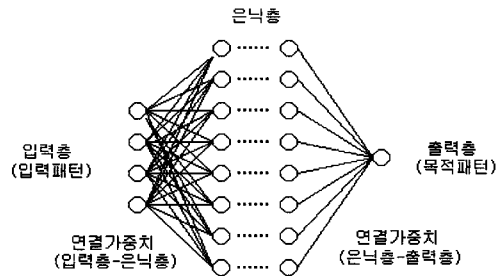
3.1 다층 퍼셉트론 모델

[그림 3]과 같이 입력층, 출력층, 다수의 은닉층을 포함하는 계층 구조를 가지고 오류 역전파(Error Back Propagation, EBP) 알고리즘[16]으로 학습을 수행하는 신경회로망 모델을 다층 퍼셉트론(Multilayer Perceptron, MLP) 모델이라 하는데, 사용이 비교적 쉽고, 성능이 우수하여 신경회로망 모델들 중에서도 널리 이용되고 있다.

[그림 3]에서 각층은 원으로 표시되는 인공 뉴런으로 구성되며, 각 뉴런의 연결은 학습을 통하여 적절한 연결가중치가 주어지게 된다. 기존의 전파 예측과정에서 사용되는 지형 및 환경변수들을 신경회로망의 입력 패턴으로 하고 측정된 경로 손실값을 목적 패턴으로 하여 신경회로망의 학습이 이루어진다. 모든 변수들과 경로 손실값 사이의 함수 관계는 식 (2)와 같이 표현할 수 있다.

$$L_p = y(x ; w) \tag{2}$$

여기서 L_p 는 경로 손실값을 나타내는 목적패턴이고, x 는 각각의 지형조건 및 환경과 관련된 특성변수로 신경망의 입력을 나타내는 입력 벡터이며, w 는 x 와 y 를 이용하여 최적화된 연결가중치 벡터이다.



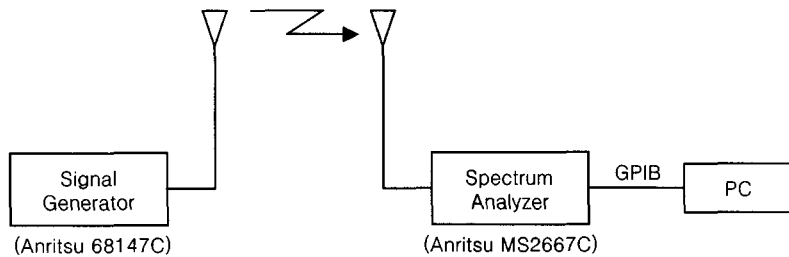
[그림 3] 다층 퍼셉트론 모델
[Fig. 3] Multilayer perceptron model

3.2 학습패턴 구축

신경회로망의 학습시 효과적인 전파 예측을 위하여 실내환경의 다양한 변수들로 구성되는 입력패턴을 적절하게 선택하는 것이 필수적이다. 따라서 하나의 변수를 선택한 후 실제 그 변수가 신호세기 감소에 미치는 영향을 실측 데이터를 분석하여 구체적으로 알아보아야 한다. 이와 같은 변수들을 추출하기 위하여, 원천 데이터로는 [그림 5]와 같이 건물의 내부 구조가 표현된 건물지도와 목적패턴을 이루는 경로 손실값이 이용되었으며, 측정값은 페이딩의 영향을 보상하기 위하여 경로 손실의 중앙값을 얻었다. 변수의 추출과 검증은 각 변수를 추출한 후 측정된 경로 손실과 비교함으로써 연관성을 분석하였다.

3.2.1 목적패턴

신경회로망의 목적패턴을 구성하는 측정 데이터는 서해대학내 연구실, 강의실, 강당, 체육관, 복도 등의 실내환경에서 [그림 4]에 나타난 것과 같이 수직편파 무지향성 안테나를 이용하고, 송신출력 100mW, 2.4GHz의 주파수를 사용하는 측정 시스템을 이용한 실측 데이터이다.



[그림 4] 수신전력 측정 시스템

[Fig. 4] Receiving Power Measurement Systems

식 (3)에서 측정 수신전력값(E_r)과 자유공간에서의 손실치(L_f)의 차인 자유공간에서의 손실을 기준으로 하는 상대적 손실 L_p 가 목적패턴으로 사용되었으며, 자유공간에서의 손실치는 식 (4)에 의해 계산된다.

$$L_p = P_r - L_f \tag{3}$$

$$L_f = 32.44 + 20 \log_{10} f[\text{MHz}] + 20 \log_{10} d[\text{km}] \tag{4}$$

3.2.2 입력 패턴

본 논문에서 이용한 다층 퍼셉트론 모델의 입력 패턴 변수로는 송수신기간 거리(d), 프레넬 반경을 고려한 높이 인자(h_n), 비가시 영역에서의 송수신지점의 기울기를 초과하는 최대높이(h_r), 주파수(f), 송수신기간 장애물의 평균높이(h_m), 복도의 넓이(w), 전파 장애물들간의 평균 거리(r), 장애물의 평균면적(a) 등 8가지로 구성하였으며, 8개의 변수로 구성된 입력패턴에 대한 타당성을 살펴보기 위해 실내에서 측정된 수신전력 데이터중 500개의 임의로 선정된 측정점에 대한 L_p 와 각 변수의 최대값을 1로 정규화한 뒤, 식(5)에서 정의된 상관관계를 살펴보고 그 결과를 <표 2>에 나타내었다. 여기서 상관계수의 값이 1에 가까울수록 해당 변수가 경로 손실 예측에 중요한 인자임을 판단할 수 있다.

$$\rho_{x,y} = \frac{\text{Cov}(X, Y)}{\rho_x \cdot \rho_y} \tag{5}$$

$$\text{Cov}(X, Y) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu_x)(y_i - \mu_y)$$

여기서, $\rho_{x,y}$ 는 상관계수, $Cov(X,Y)$ 는 영분산, μ_x 와 μ_y 는 각각의 평균값을 나타낸다.

<표 2> 경로손실 파라미터와 상관 계수

<Table 2> Parameters and correlation coefficients of path loss

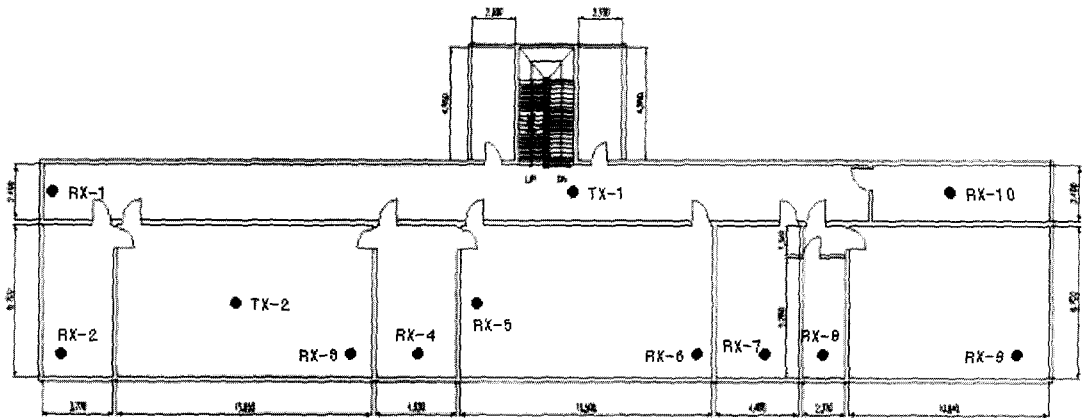
구분	d	h_t	h_r	f	h_m	w	r	a
ρ_{xy}	0.82	0.61	0.42	0.76	0.38	0.27	0.32	0.69

4. 시뮬레이션 결과

본 논문에서 제안한 다층 퍼셉트론을 이용한 전파 예측 모델은 은닉층을 2개층으로 모델링하여 전체 계층은 4개층으로 하였고, 각 층별로 입력층 8개, 제1은닉층 10개, 제2은닉층 5개, 출력층 1개의 뉴런을 가지고 있으며, 입력패턴의 인자로 선정된 변수들은 신경회로망의 입력으로 사용되었다.

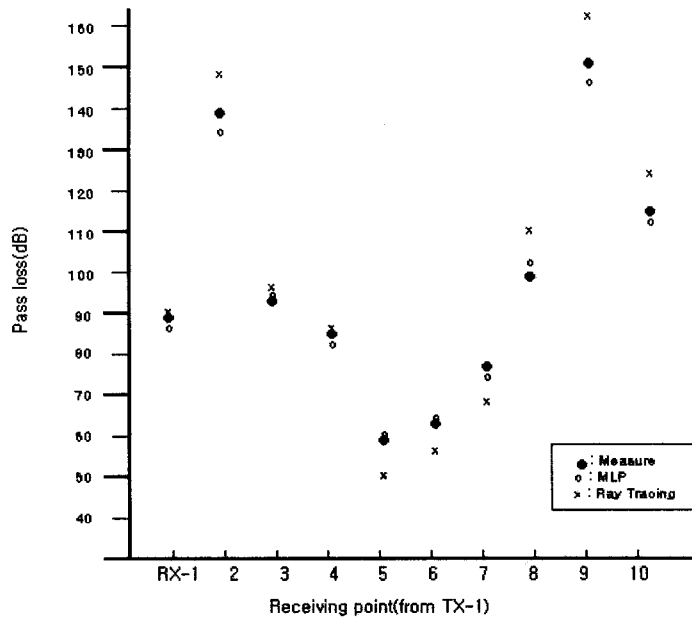
다층 퍼셉트론 모델을 이용한 실내 환경에서의 경로 손실 예측모델을 생성하기 위하여 사용된 필드 측정 데이터 중 500개를 임의로 선정하여 학습에 이용하였으며, 필드 측정에 포함하지 않은 [그림 5]의 실내 환경에 대하여 TX-1, TX-2 두 지점을 AP로 하는 두 지점을 지정하고 임의로 선정한 10개 수신점에 대하여 제안된 모델의 예측결과를 실측 데이터와 비교, 분석한 결과를 [그림 6]과 [그림 7]에 나타내었다.

그림에서 보는 바와 같이 두 개의 송신 지점에 대한 10개 수신점에 대한 다층 퍼셉트론 모델의 예측 및 실측 결과, 평균 예측오차가 5dB로, 실내환경에서 많이 이용되는 이론적 모델인 UTD와 광선추적법을 비롯한 기존의 전파 예측모델들보다 우수한 성능을 보였다.



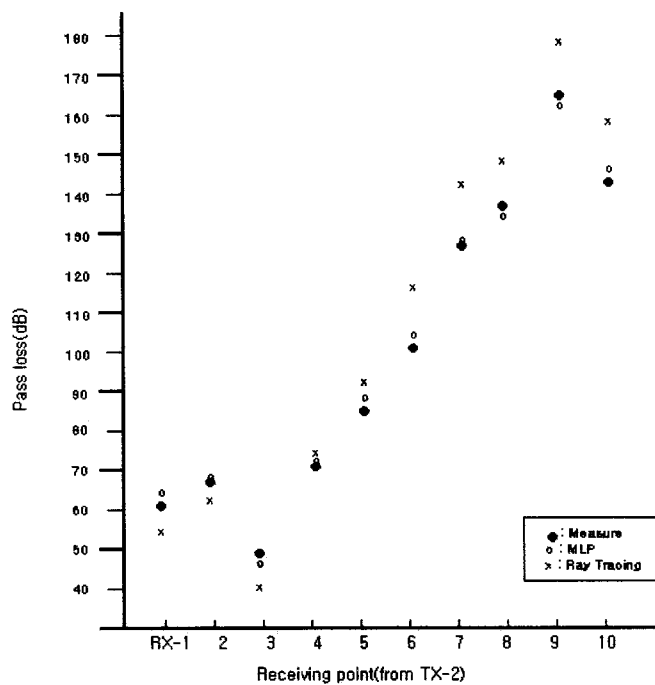
[그림 5] 실내 환경 구성도

[Fig. 5] Indoor Environments



[그림 6] TX-1으로부터의 수신전력 예측치와 측정치 비교

[Fig. 6] Comparison between predicted and measured receiving power from TX-1



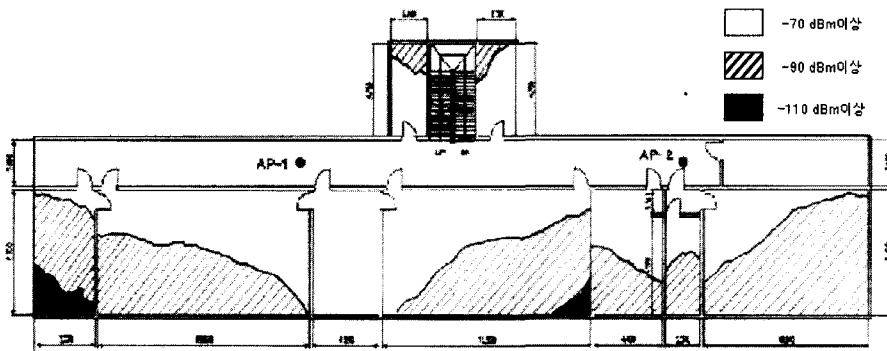
[그림 7] TX-2로부터의 수신전력 예측치와 측정치 비교

[Fig. 7] Comparison between predicted and measured receiving power from TX-2

5. 무선 근거리통신망 셀 설계

[그림 8]은 제안된 전파 예측 알고리즘을 이용하여 송신출력 100mW, 주파수 2.4GHz, 한계수신레벨 -110dBm을 갖는 무선 근거리통신망에 대한 [그림 5]의 실내 환경에 대한 AP의 위치를 선정함으로써 실내 환경에서의 최적 셀 설계를 수행하였다. AP-1과 AP-2의 위치를 그림과 같은 위치에 설치한다면, 모든 실내 공간이 서비스 영역에 포함되어 무선 근거리통신망 서비스를 연속적으로 이용할 수 있을 것으로 예상된다. 이와 같이 각 AP의 서비스 영역 중첩과, 음영지역 발생을 최소화함으로써 효율적인 망 관리와 불필요한 설비 투자에 소요되는 비용을 줄임으로써 경제성을 도모할 수 있을 것으로 기대된다.

의 평균값이 5dB로 기존의 전파 예측 모델들에 비하여 우수한 특성을 나타냈으며, 이 모델을 이용하여 AP의 위치를 선정함으로써 실내 환경에서의 최적 셀 설계를 수행하였다. 실내·외의 구분없이 보다 다양한 전파환경에 대하여 범용으로 적용될 수 있는 우수한 성능의 전파 예측 모델로 발전시키기 위해서는 본 논문에서 고려되지 못한 다양한 입력변수의 선정이 앞으로의 연구 과제이며, 다양한 전파환경에 대한 다층 퍼셉트론 모델의 보다 많은 학습과정이 필요하다.



[그림 8] 실내 환경에서 무선 근거리통신망 최적 셀 설계
 [Fig. 8] Optimum cell design for Wireless LAN in indoor environment

6. 결론 및 향후 연구방향

본 논문에서는 신경회로망 모델의 일종인 다층 퍼셉트론 모델을 이용하여 실내환경에서의 무선 근거리통신시스템 구축을 위한 무선채널 전파 예측 알고리즘을 제안하였다. 100mW의 송신출력과 2.4GHz의 주파수를 사용하는 무선 근거리통신망에 대한 연구실, 강의실 및 실험실 등의 실내환경에서의 실측 데이터와 비교한 결과, RMS(Root Mean Square) 오차

※ 참고문헌

[1] 조성준, “실내무선 통신시스템의 전파특성”, 한국 무선국관리사업단 전파 제48호, pp. 40~44, Jul. 1992.
 [2] 하덕호, “실내무선환경에서의 다이버시티 효과의 최적조건에 관한 고찰”, 마이크로파 및 전파 학술대회 논문집, 제20권 제1호, pp. 196~201, May. 1997.

[3] D. A. McNamara, C. W. I. Pistorius, J. A. G. Malherbe, "Introduction to the uniform geometrical theory of diffraction", Artech House, Boston, 1990.

[4] K. R. Schaubach, N. J. Davis IV, "Microcellular radio-channel propagation Prediction", IEEE Trans. Antennas Propagat. Mag., Vol. 36, No. 4, pp. 25-34, Aug. 1994.

[5] T. S. Rappaport, S. Y. Seidel, "A ray tracing technique to predict path loss and delay spread inside building", IEEE Globecom '92, pp. 1825-1829, Dec. 1992.

[6] S. Y. Tan, H. S. Tan, "A theory for propagation path-loss characteristics in a city-street grid", IEEE Trans. on Electromagn. Compat., Vol. 37, No. 3, Aug. 1995.

[7] Y. Okumura, "Field strength and its variability in VHF and UHF land-mobile radio service", Rev. Elec. Common Lab., Vol. 16, pp. 825-873, Sep.-Oct. 1968.

[8] M. Hata, "Empirical formula for propagation loss in land mobile radio services", IEEE Trans. Veh. Technol., Vol. VT-29, No. 3, pp. 317-325, Aug. 1980.

[9] 강창언, "이동통신입문", 양서각, pp.34-35, 1997.

[10] J. Walfish, H. L. Bertoni, "A theoretical model of UHF propagation in urban environments", IEEE Trans. Antennas and Prop., Vol. 36, pp. 1788-1796, Dec. 1988.

[11] F. Ikegami, T. Takeuchi, S. Yoshida, "Theoretical prediction of mean field strength for urban mobile radio", IEEE Trans. Antennas and Prop., Vol. 39, pp. 299-302, Mar. 1991.

[12] T. Kurner, D. J. Cichon, W. Wiesbeck, "Concepts and results for 3D digital terrain-based wave propagation model : an overview", IEEE Journal on Selected Area in Communi., Vol. 11, No. 7, Sep. 1993.

[13] K. E. Stocker, "Neural network approach to prediction of terrestrial wave propagation for mobile radio", IEE Proc. H., Vol. 140, No. 4, pp. 315-320, Aug. 1993.

[14] P. R. Chand, W. H. Yang, "Environment-adaptation mobile radio propagation prediction using radial basis function neural networks", IEEE Trans. Veh. Technol., Vol. 46, No. 1, pp. 155-160, Feb. 1997.

[15] 양서민, 이혁준, "신경회로망과 3차원 지형 데이터를 이용한 마이크로셀 전파손실 예측", 한국전자과학회논문집, 제10권 제3호, pp. 419-429, Jun. 1999.

[16] S. Hykin, "Neural Network", Macmillan, pp. 139-157, 1994.

김 광 윤



1983 ~ 1984 삼성반도체
통신 기술 연구소
1980. 숭실대학교 공학사
1983. 숭실대학교 공학석사
1999. 군산대학교 이학박사
수료
1983. 삼성반도체 통신기술
연구소
1984. ~ 현재 서해대학 전
자계산과 교수
관심분야 : 데이터 통신, 컴
퓨터 네트워크

문 용 규



1987. 원광대학교 공학사
1993. 숭실대학교 공학석사
2000. 숭실대학교 공학박사
수료
1991 ~ 1997 아시아나항공
시스템부문 시스템기술팀
1997 ~ 현재 전주공업대학
정보통신과 조교수
관심분야 : 초고주파통신, 광
통신, 컴퓨터 네트워크 전
파환경