

## 건설현장용 실시간위치결정시스템 구축을 위한 전파환경 실험

### Experiment of Propagation for Development of the RTLS to the Consturction site

박재선<sup>1)</sup> · 임상범<sup>2)</sup> · 편무욱<sup>3)</sup> · 홍태민<sup>4)</sup> · 이병길<sup>5)</sup>

Park, Jae Sun · Lim, Sang Boem · Pyeon, Mu Wook · Hong, Tae Min · Lee, Byoung kil

#### Abstract

Recently, researches on the construction information for construction of high-tech cities are under performed. RTLS(Real-Time location system) for gathering the dynamic location information of construction resources in construction sites, such as workers, materials and equipments, is one of the developments. Especially, construction resources can be managed efficiently with the dynamic location information and the improvement of safety and the reduction of cost are expected. To introduce the RTLS to the construction sites, the installation location of AP(Access Point) must be simulated using the 3-dimensional visibility analysis considering the propagation distance of AP.

In this research, 3-dimensional signal simulation software based on the spatial data using surveying terrestrial LiDAR is developed. The simulated results are compared with the signal strength of field experiments for 4 test sites. As a result, the signal strength from the propagation model is most similar to that of field experiment at the front of the main building and the main playground of Konkuk University. The visibilities in that sites are higher than other sites. among 4 test sites.

Keywords : AP, Experiment of Propagation Environment, RTLS, Terrestrial LiDAR

#### 초 록

최근 첨단도시 건설을 위한 건설정보화 연구가 활발히 진행 중이다. 건설현장의 건설요소인 인력, 자재 및 장비의 동적인 위치정보를 취득하기 위한 RTLS(Real-Time location system) 개발이 그 중 하나이며, 특히 자재, 장비, 인력과 같은 건설요소의 동적 위치정보를 획득하여 그 요소들을 효율적으로 관리하여, 안전 및 공사비용을 절감 효과를 꾀하고 있다. RTLS 시스템의 건설현장에 도입하기 위해서는 RTLS Reader, 즉 AP(Access Point) 전파가 도달하는 거리를 고려한 3차원 분석을 통해 사전에 AP의 설치 위치를 모의해야 할 필요가 있다.

본 연구에서는 지상라이다를 사용하여 구축된 공간정보를 기반으로 한 3차원 전파세기 모의 소프트웨어를 제작하였다. 또한 4곳의 실험지역을 선정하여 모의 실험결과와 실제 실험을 통해 측정된 전파세기를 비교하였다. 그 실험 결과로 4곳의 실험지역 중 가시 확보가 좋은 곳에서 측정된 전파세기가 전파모델식을 통하여 모의된 전파세기와 가장 흡사한 결과를 나타냈다.

핵심어 : AP, 전파환경 분석, 전파경로손실모델, 실시간 위치추적 시스템, 지상라이다

1) 정회원 · 건국대학교 신기술융합학과 박사과정(E-mail:xteen88@konkuk.ac.kr)

2) 교신저자 · 건국대학교 신기술융합학과 조교수(E-mail:sblim@konkuk.ac.kr)

3) 정회원 · 건국대학교 토목공학과 부교수(E-mail:neptune@konkuk.ac.kr)

4) (주)로딕스, 연구원(E-mail:netionics@gmail.com)

5) 정회원 · 경기대학교 토목공학과 조교수(E-mail:basil@kyonggi.ac.kr)

## 1. 서 론

건설정보화를 위한 해외 연구 동향으로는 일본에서 국가차원으로 추진되고 있는 ICT(Information & Communication Technology)기술로서, 건설시공에 적용하여 다양한 정보의 활용을 도모하는 정보화시공을 들 수 있다. 실제 현장에서는 3차원 정보를 적용범위와 필요성, 정보의 취급성 등 많은 시행착오와 필요과제가 발생되고 있다. 따라서 정보화시공은 품질이 높은 지리공간 정보기반의 존재가 전제되고 있기 때문에, 이러한 필요성에 의해 정비할 필요가 있다고 판단되어 추진 중이다(森下, 2008). 이렇게 지형정보, 설계정보, 시공정보를 지리공간정보와 연동하고, 또한 프로젝트에 관한 지리공간의 기반정비가 진행되면, 데이터의 취득, 축적, 공유, 혹은 가시화가 용이해지고, 효율적으로 품질의 높은 시공관리가 가능해 질 것으로 기대된다. 우리나라에서도 건설요소(자재, 장비, 인력)의 동적 위치정보를 획득하여 그 요소들을 효율적으로 관리하여, 안전 및 공사비용을 절감 효과를 꾀하고 있다. 이러한 건설요소들의 동적 위치정보를 실시간으로 획득하기 위한 RTLS (Real Time Location System) 장비의 연구가 진행 중이다(편무욱 등, 2009).

RTLS는 제한된 공간내에서 RFID 기술 또는 무선랜 기술을 활용하여, 사물이나 사람의 위치를 실시간으로 확인하기 위한 시스템이며, 시스템의 구성요소는 크게 위치추적 대상이 되는 RTLS TAG, 정보를 송수신하는 RTLS Reader와 그 송수신된 정보를 계산 및 분석하는 Positioning 알고리즘으로 분류가 되어 구성된다(최창수 등, 2008). 그 중 RTLS Reader는 AP(Access Point)로 불리기도 한다. 이러한 RTLS 시스템의 사용범위는 RTLS Reader, 즉 AP에서 송신하는 전파도달 영역에 종속되어 있다. 따라서, RTLS 시스템의 정확한 구현을 위해서는 AP의 전파도달영역에 대한 계산이 필수적이며, 이를 위해 전파도달영역에 대한 시뮬레이션이 필요하다(홍태민 등, 2009). 보다 정확한 시뮬레이션을 위해 보다 정밀한 공간정보가 밑받침이 되어야 하기 때문에 최신 측량장비인 지상라이다를 이용한 공간모델링에 대한 연구도 진행되고 있다(김형태 등, 2008 ; 김중화 등, 2009).

이처럼 건설현장용 RTLS 시스템 개발을 위하여 하드웨어 및 소프트웨어 등으로 구분되어 다양한 연구가 진행되고 있으며, 본 연구는 소프트웨어 측면에서의 측위 범위가 되는 지형과 측위 도구인 전파의 관계를 위한 기

초적인 연구이며, RTLS의 전파환경의 최대한 활용, 보완하기 위한 연구라 할 수 있다. 본 연구에서는 AP의 전파도달 영역 시뮬레이션을 위해서 지상라이다와 GPS, 토털스테이션을 이용하여 실제 구축된 3차원 지형공간 상에서 AP 전파환경을 분석하였다. AP에서 송신하는 전파를 경로손실모델 적용하여 전파환경 계산하여, 실제 현장 실험을 통해 그 실제 환경에서의 결과값과 비교하였다. 이러한 연구는 RTLS 개발의 그 활용과 적용성 확대를 위함 그 목적이 있다.

## 2. RTLS 시스템과 전파환경

본 연구에서 적용되는 WiFi RTLS은 무선통신망을 이용하여 위치결정 및 추적을 하는데 있어서 무선통신 송신기(AP)의 위치를 선정 및 파악하고 수신기(RTLS Tag)가 송신기(AP)로부터 받는 수신신호를 이용하여 거리정보를 얻으며, 이 정보들을 이용한 위치결정 알고리즘을 통해 구현된다.

### 2.1 위치결정원리 ; RSSI(Received Signal Strength Indicator) 위치결정 방식

WiFi기반의 RTLS는 위치계산 방식에 따라 3가지로 분류 할 수 있다. 첫째는 삼각측량법에 따른 위치계산 방식이 있고, 둘째는 Reference TAG를 이용한 LAND-MARC 방식이 있으며, 그리고 마지막으로 본 연구에서 고려하고 있는 전파 맵을 이용한 RSSI(Received Signal Strength Indicator) 방식이 있다(최창수, 2009).

RSSI 방식은 신호를 수신하는 측에서 신호의 세기를 통계적인 방법에 근거하여 확률분포와 대조하여 위치를 측정하는 방법이다. RSSI 방식을 이용하기 위해서는 우선적으로 미리 정의된 다양한 지점에서의 신호 세기들

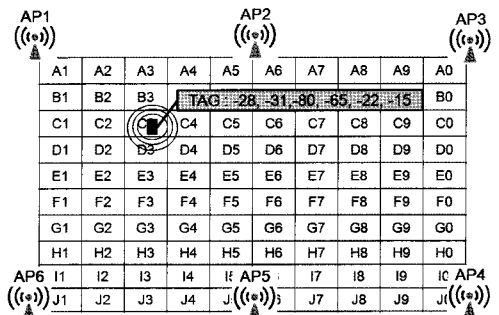


그림 1. RSSI 표본과 매핑\_1

을 RSSI 표본 수집을 통해 측정하여야 한다. 이러한 과정을 수행하고 나면 타겟의 송신 신호를 각 센서들이 수신할 때 발생하는 신호의 감쇠 정도를 측정하여 확률적 방법을 통해 미리 수집되었던 RSSI 표본과 매핑하여 타겟의 위치를 측정한다(그림1, 그림2 참조)(김보미 등, 2007 ; 최창수, 2009).

AP Cell	AP1	AP2	AP3	AP4	AP5	AP6
....	....	....	....	....	....	....
B9	-86	-26	-27	-43	-72	-22
B0	-52	-86	-86	-86	-86	-52
C1	-62	-55	-87	-19	-34	-87
C2	-16	-84	-36	-21	-54	-28
C3	-28	-31	-80	-65	-22	-15
C4	-15	-51	-73	-43	-64	-11
....	....	....	....	....	....	....

그림 2. RSSI 표본과 매핑 2

### 2.2 전파경로손실모델

전파경로손실 모델은 자유공간 손실을 기본으로 하고 환경에 따른 영향을 보정값으로 하여 주파수 및 송신기의 높이와 수신기의 높이, 그리고 송신기와 수신기 사이의 거리에 대한 로그식으로 이루어져 있다. 하지만 본 연구에서 적용하는 2.4GHz로 정해져 있는 시스템에서는 송·수신기의 높이에 의한 영향보다는 송·수신기간의 거리에 대한 영향에 대한 분석이 더 고려되어야 한다(최재원, 2006).

실내·외 환경에서의 신호 전파는 지형 특성과 관련하여 무선 파장의 반사, 회절 그리고 산란 등이 고려되어야 한다. 전송하는 신호는 일반적으로 수신단에 도달하기까지 여러 경로를 통해 도달하여 이것은 신호 변동과 함께 전송신호의 왜곡을 야기시킨다. 그러므로 실외 환경에서 RF(Radio frequency) 통신을 이용을 추적하기 위해서는 전파 특성이 고려되어야 한다. 따라서 본 연구에서는 현재까지 연구되어온 다양한 전파 모델 중에서 가장 기본적으로 판단되는 자유경로손실모델을 적용하여 실험하였다(Seybold, 2005). 자유경로손실모델(Free Space Model)은 다중 경로 페이딩(Multipath fading)을 고려하지 않고, 신호 간섭이 없는 상황을 고려하는 전파 모델이며, 관계식(1)은 다음과 같다 (Kitasuka 등, 2005). 관계식(1)을 살펴보면  $P(d_0)$ 는 참조거리의 신호세기, 즉 각각의 AP에 기준거리를 선정하여 그 기준거리 만큼 벌

어진 곳에서의 신호세기가 된다.  $d$ 는 송신자와 수신자, 즉 AP와 TAG 사이의 거리이다.  $n$ 은 경로손실지수로써 자유경로손실모델에서 가장 중요한 지수이다(최재원, 2006). 이 지수는 거리에 따른 AP의 신호세기의 감쇄비를 나타내기 때문에 그 지형 환경 영향을 반영한다. 이러한 경로손실지수는 자유공간에서는 2를 사용한다고 알려져 있다(Anderon 등, 1995). 따라서 본 연구에서도 경로손실지수의 값을 2를 기본으로 하여 전파환경을 시뮬레이션 하였다.

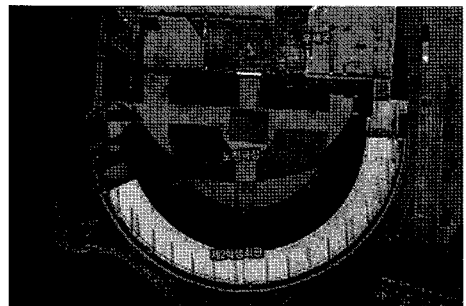
$$P(d)[dBm] = P(d_0)[dBm] - 10n \log\left(\frac{d}{d_0}\right) \quad (1)$$

- $n$  : 경로 손실 지수
- $P(d_0)$  : 참조거리( $d_0$ )의 신호세기
- $d$  : 송신자~수신자 사이의 거리

## 3. 실험 환경 및 방법

### 3.1 실험지역

RTLS의 적용 공간의 전파환경 분석하기 위하여 본 연구에서는 4곳의 실험공간을 지정하였다. 4곳 모두 건국대학교 내에 위치하고 있으며, 본 연구 시스템의 최종 적용 공간은 건설현장이라는 점과 전파도달에 영향을 줄 수 있는 공간의 매질과 가시권 등에 영향을 비교 분석할수 있도록 다양하게 실험공간을 지정하였다. 첫 번째 공간은 노천극장이며 RTLS Reader와 TAG 간의 비교적 높게 가시권을 확보할 수 있었으며(그림 3(a)), 야외 음악당은 대부분 타일(시멘트)를 구성되어 있고, 두 번째 실험공간인 이과대학 앞은 그림 3(b)와 같이 3개의 층으로 구성되어 있으며, 다수의 기둥과 층으로 구분되어 있어서 4곳의 실험환경 중 가시권 확보가 가장 어렵다. 세 번째 실험공간은 대학본부건물 앞에 위치한 잔디밭이다. 이 실험공간의 구성매질이 식물(잔디)이며, 대운

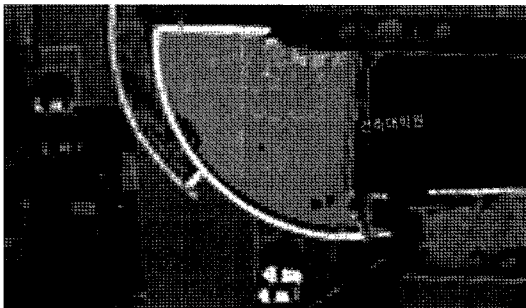


(a) 노천극장

표 1. 실험지역

실험공간	A(노천극장)	B(이과대학)	C(대학본부앞)	D(대운동장)
면적	251.2m <sup>2</sup>	27×12=324m <sup>2</sup>	20×40=800m <sup>2</sup>	40×70=2,800m <sup>2</sup>
매질	시멘트, 돌	시멘트, 돌	식물, 흙	흙, 모래
가시권	중	하	상	상

동장과 같이 가장 높은 가시권 확보가 가능하다. 마지막 실험공간인 대운동장의 구성매질은 흙이며(그림 3(c)), 대학본부 앞 실험공간과 같이 가장 높은 가시권확보가 가능한 특성을 지니고 있다(그림 3(d)와 표 1 참조).



(b) 이과대학



(c) 대학본부 앞



(d) 대운동장

그림 3. 실험지역

### 3.2 3차원 공간정보구축

본 연구는 실제 구축된 3차원 공간정보를 활용하여, 전파환경 실험에 미치는 영향을 정확하게 판단할 수 있도록 하였다. 3차원 공간정보구축을 위하여 다음 표 2와 같은 측량장비를 사용하였으며, 그 구축 방법은 그림 4와 같다.

표 2. 사용된 측량장비

	구분	장비	내용
지상 라이다	Optech ILRIS 360D	- Maximum Range : 3m~1500m(80% 타겟) / 3m~800m(20% 타겟) 3m~350m(4% 타겟)	
	resolution	- vertical : 0.0015° - horizontal : 0.0015°	
	field of view	- Vertical angle : 360° - Horizontal angle : 360°	
토탈 스테이션	Leica TPS 1201	- Angular Accuracies : 1" - Maximum range : 3km (single prism)	
GPS	Novatel	- ProPak-V3 - DGPS 0.45m - RT-20<20cm - RT-2 1cm+1ppm	

4곳의 실험지역별로 지상라이다를 사용하여 전파세기가 측정되는 공간을 위주로 측량하였으며, GPS를 사용하여 각 실험지역별로 기준점 좌표를 취득하였다.

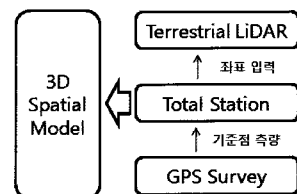
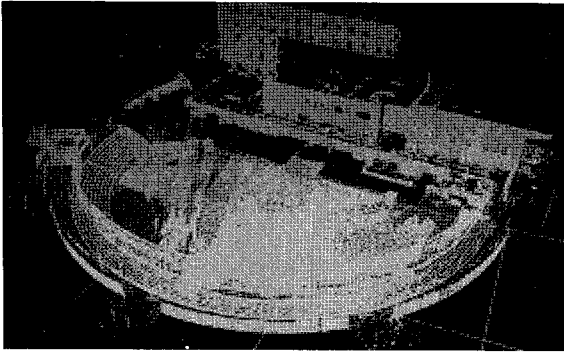
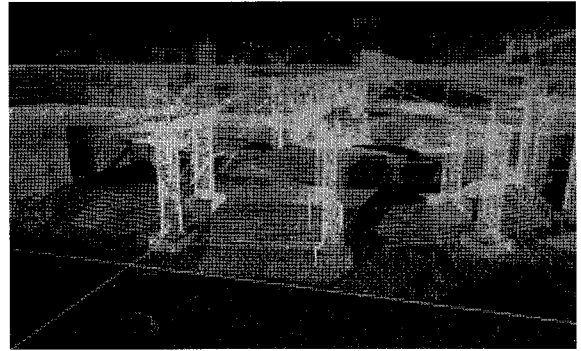


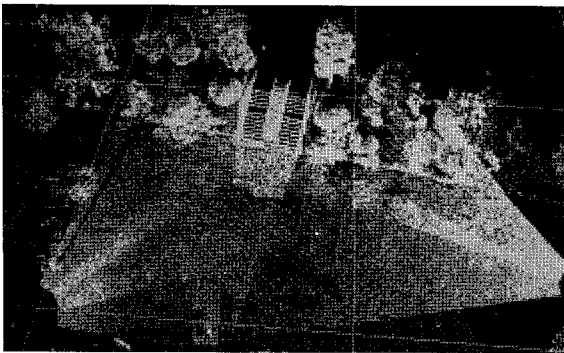
그림 4. 3차원 공간정보 구축 흐름



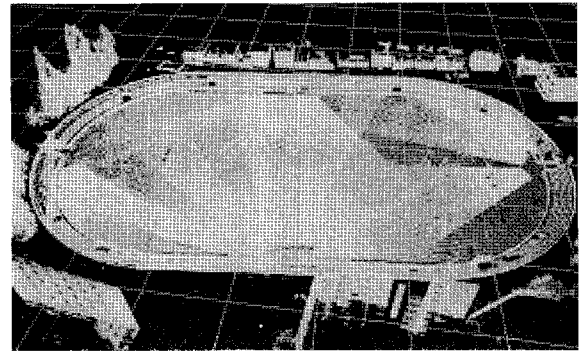
(a) 노천극장



(b) 이과대학



(c) 대학본부



(d) 대운동장

그림 5. 실험지역별 3차원 공간자료

이 기준점에서 토달스테이션을 통해서 얻어지는 각 지역 및 건물의 상대좌표를 취득하였으며, 취득된 각 지점의 좌표를 지상라이다 측량 자료에 입력하여 3차원 공간 모델링하였다. 각각의 최종적인 공간 모델링의 결과는 그림 5와 같다.

### 3.3 전파세기 모의 소프트웨어

본 연구에서는 전파세기 모의 소프트웨어를 구축하였

다. 전파세기 모의 소프트웨어는 앞서 언급한 3차원 공간정보를 기반으로 실제 공간정보 위에 AP와 Tag를 지정하여 2장 전파손실모델을 적용하였다. 전파손실모델을 적용할 때 AP와 Tag간의 기준거리와 전파세기 값을 소프트웨어에 입력하도록 하였고, 그 입력수치는 각각의 실험장소별로 실제 실험을 통해 표와 같은 수치를 입력하였다. 또한 각 실험장소별로 AP의 위치를 절대좌표로 입력할 수 있도록 소프트웨어를 개발하였다. 그림

표 3. 모의 소프트웨어 입력 조건

실험공간		A(노천극장)			B(이과대학)			C(대학본부앞)			D(대운동장)		
AP 구분		AP_1	AP_2	AP_3	AP_1	AP_2	AP_3	AP_1	AP_2	AP_3	AP_1	AP_2	AP_3
AP 좌표 (m)	X	448791.205	448800.23	448795.215	448805.937	448803.405	448807.167	448991.959	449005.188	448980.891	449121.938	449120.934	449122.54
	Y	206811.847	206784.902	206828.066	207020.359	207038.302	207010.92	206630.489	206633.121	206628.425	206837.313	206812.646	206862.596
	Z	15.914	15.931	15.917	23.242	26.343	21.864	18.884	18.856	18.777	18.522	18.488	18.559
기준거리(m)		30			30			30			30		
전파세기(dBm)		-53.77	-55.09	-55.68	-53.80	-53.30	-53.73	-53.27	-53.47	-53.47	-53.43	-54.97	-55.57

6은 전파세기 모의 소프트웨어의 흐름도이며, 그림 7는 모의 소프트웨어 메인화면이다. 참고로 전파세기의 단위인 dBm(desibel meter)는 소리의 상대적인 크기를 나타내는 단위로 소리의 세기의 비를 상용로그 취해준 값에 10을 곱한 값을 의미한다.

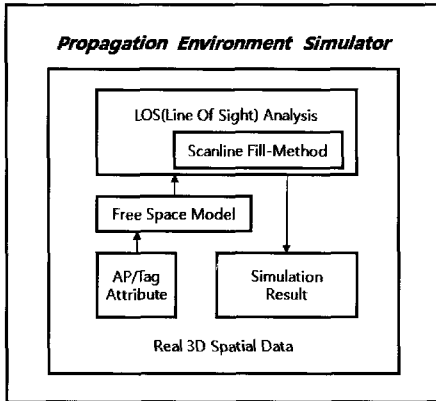


그림 6. 시뮬레이션 S/W 흐름도

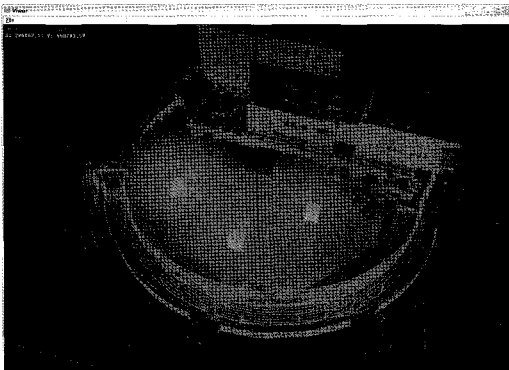
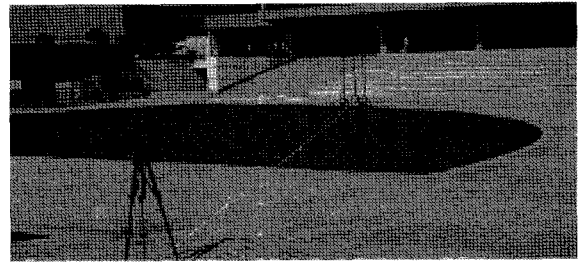


그림 7. 모의 S/W 메인화면

### 3.4 실험방법

전파환경분석을 위해 전파손실모델에 통해 모의되는 전파세기와 RTLS를 통해 측정되는 실제 전파세기를 비교하였다. 전파손실모델을 통해 모의되는 전파세기는 앞서 3.3절에서 언급한 소프트웨어를 통해 계산하였다. 실제 전파세기는 측정하는 실험방법은 다음과 같다. RTLS Reader와 Server의 역할을 담당하는 AP는 표 3과 표 4와 같이 각각의 실험지역별로 설치하였으며, 또한 AP 및 Tag의 배치 및 자세에 미치는 영향을 최소한으로 하기 위해 AP의 안테나 위치와 Tag의 전면을 AP\_1으로

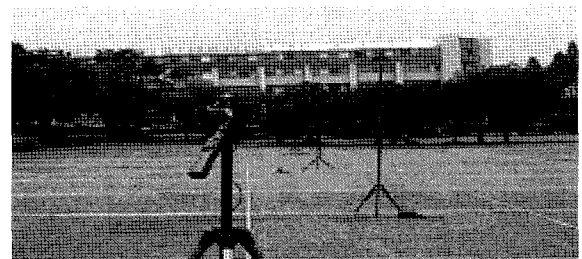
향하도록 설치하였다. 전파세기 측정에 있어서는 각 실험지역별로 약 40점 이상의 지점을 선정하여 1초에 한번씩 1분(60번) 이상의 세기를 측정하였다. AP로부터 실제 전파세기 측정을 위해 사용된 장비는 표 4와 같으며, 이 장비는 실제 건설현장용 RTLS 시스템의 시작품으로 개발된 것이다.(그림 8 참조)



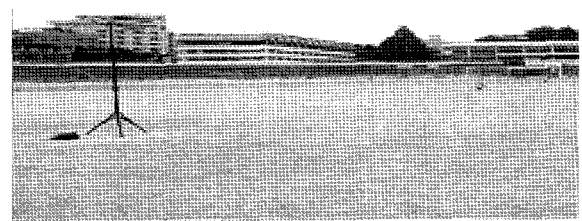
(a) 노천극장



(b) 이과대학



(c) 대학본부



(d) 이과대학

그림 8. 지역별 현장실험

표 4. 전파세기 측정 실험 조건 및 장비설명

실험지역		A	B	C	D	장비설명
AP	갯수	3	2	3	3	
	기계고	3.0m	3.0m	3.0m	3.0m	
Tag	갯수	36	50	66	40	- 2.45GHz RTLS Tag - WiFi 및 ISO24730 동시 지원
	기계고	1.7m	1.7m	1.7m	1.7m	
	측정형태	반원형	격자형	격자형	격자형	
	간격	8m	3×3m	4×4m	10×10m	

### 3.5 실험결과

실험지역별로 전파세기 시뮬레이션 결과값과 실제측정치를 비교하기 위하여 전파지도를 생성하였다. 우선 설치된 AP와 Tag의 절대위치로 고정시키고, 각각의 AP에서 모의되고 측정된 전파세기 지도를 생성한 후, 하나의 전파지도로 중첩하여 크리깅보간을 실시하여 면을 생성하였다. 또한, 동일한 전파세기값을 등고선형태로 표현하였다. 실험지역(a)의 경우 시뮬레이션 결과값과 실제측정값의 범위는 -28~52dBm, -29~55dBm으로 상대적으로 실제측정값의 범위가 넓게 나타났고, 전파세기의 평균값은 실제측정값이 높음을 알 수 있었다. 또한, 실제측정값은 시뮬레이션 결과값에 비해 AP에서 멀어질수록 완만한 감소율을 보이고 있다. 실험지역(b)의 경우 시뮬레이션 결과값과 실제측정값의 범위는 -27~44dBm, -29~49dBm으로 실험지역(a)와 같이 상대적으로 실제측정값의 범위가 넓게 나타났다. 또한 이 실험지역의 경우 실제측정값은 다른 실험지역 보다 상대적으로 불연속적인 전파세기가 측정되었다. 이는 3층으로 구성되어 있는 공간형태의 영향으로 판단되어 진다. 실험지역(c)와 (d)의 시뮬레이션 결과값과 실제측정값의 범위는 -31~48dBm/-25~51dBm, -29~53dBm/-29~56dBm으로 나타

났다. 실험지역(a)와 같이 상대적으로 실제 측정값의 범위가 넓게 나타났다.(그림 9 참조)

본 실험의 결과를 비교하였을때, 모의 실험결과와 실제 측정결과와의 차이는 지역별로 대운동장에서 표준편차가 3.14dBm로 가장 적었으며, 이과대학은 5.87dBm로 가장 높은 결과를 보였다.(표 5 참조) 이는 비교적 공간구조에 영향을 받는 가시권 확보가 수월한 대운동장에서 전파세기 차이가 적었으며, 반대로 가시권 확보가 비교적 어려운 이과대학에서의 전파세기 차이가 많이 발생하는 것을 알 수 있었다.

## 4. 결 론

본 실험을 통해 전파환경은 공간의 형태와 구조, 즉 지형정보에 많은 영향을 받음을 알 수 있었다. 2장에서 언급한 전파모델의 경로손실지수와 관련하여 각 지형별 특성을 고려한 경로손실지수를 고려할 필요가 있음을 알 수 있었고, 지형의 형태, 구조, 매질과 같은 지형공간정보의 인자를 적용할 수 있는 전파모델이 필요함을 알 수 있었다. 또한 AP와 Tag의 방향과 배치의 따라서 전파환경의 영향을 미칠 것으로 예상되며, 향후, 이러한 건

표 5. 실험결과

단위 : dBm

구분	A(노천극장)		B(이과대학)		C(본부앞)		D(대운동장)	
	variance	standard deviation	variance	standard deviation	variance	standard deviation	variance	standard deviation
AP_1	12.76	3.57	49.14	7.01	16.09	4.011	7.25	2.69
AP_2	12.91	3.59	21.27	4.61	14.04	3.75	11.46	3.39
AP_3	11.69	3.42	33.08	5.75	13.92	3.73	10.93	3.31
평균	12.76	3.57	34.50	5.87	14.68	3.83	9.88	3.14

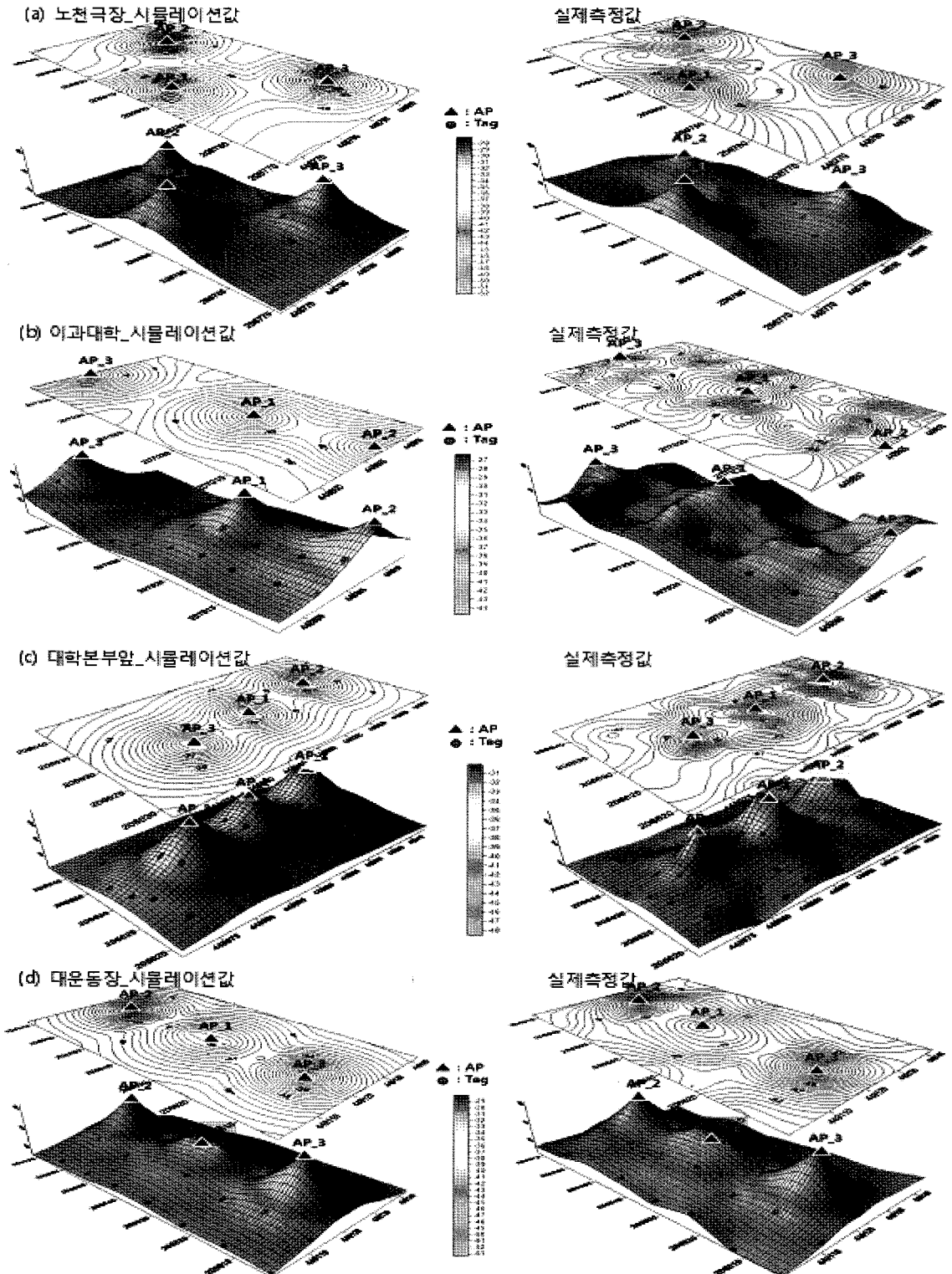


그림 9. 지역별 실험결과\_전파지도



설현장의 특성을 보완하여 보다 정확한 전파환경을 모의하고 이를 기반으로 건설현장 AP 배치 소프트웨어 개발을 추진할 계획이며, 또한 건설현장에 최적화되는 하드웨어에 대한 연구가 추진되어야 한다.

### 감사의 글

본 연구는 국토해양부 첨단도시기술개발사업-지능형 국토정보기술혁신 사업과제의 연구비지원(07국토정보 C04#)에 의해 수행되었습니다.

### 참고문헌

김보미, 심미진, 이종은, 최상호 (2007), 유비쿼터스 센서 네트워크의 위치탐지 기술 및 동향, 주간기술동향지, 정보통신산업진흥원, 통권 1291호, pp. 27-37.

김종화, 편무욱, 김상국, 황연수, 강남기 (2009), 지상 LiDAR 자료의 절토량 산정 실험, 한국지형공간정보학회지, 한국지형공간정보학회, 제 17권, 제 2호, pp. 11-17.

김형태, 편무욱, 박재선, 강민수 (2008), 건물 실내 공간 모델링을 위한 지상라이다 영상 정합 방법에 따른 정확도 분석, 대한원격탐사학회지, 대한원격탐사학회, 제 24권, 제 4호, pp. 333-340.

최재원 (2006), 측위 기준점의 무선랜 신호세기를 이용한 실내측위, 박사학위논문, 서울대학교, pp. 23-43.

최창수 (2009), RTLS(Real Time Location System) 기술 동향과 발전, 대한토목학회지, 대한토목학회, 제 57권, 제 5호, pp. 25-34.

최창수 외 (2008), WiFi 무선랜 기반의 건설현장용 RTLS 시스템의 개발, 제1,2차년도 연구보고서, LS산전(주)

편무욱, 지규인, 이한구, 구지희, 어양담 (2009), 설계정보 기반 실내외 공간정보 구축 및 활용, 1단계 연구보고서, 건국대학교

홍태민, 편무욱, 강남기, 이병길, 김창재 (2009), 격자화된 지상라이다 자료의 3차원 가시선 분석 실험, 한국측량학회지, 한국측량학회, 제 27권, 제 3호, pp. 357-365.

J.B Anderon, T. S. Rappaport, S. Yoshida (1995), Propagation Measurments and medels for Wireless Communications Channels, *Communications Magazine*, IEEE, Vol. 33, pp. 42-49.

John S. Seybold (2005), *Introduction to RF Propagation*, John Wiley & Sons Inc., Hoboken, New York, pp. 208-217.

Terauaki Kitasuka, Kenji Hisazumi, Tsuneo Nakanishi (2005), Positionig Technique of Wireless LAN Terminals Using RSSI between Terminals, *Proceedings of the 2005 International Conference on Pervasive Systems and Computing*, PSC 2005, Las Vegas, Nevada, , pp. 47-53.

森下博之 (2008), 情報化施工推進戰略の 策定について, 地理空間情報フォーラム2008, 日本測量協會, 横濱, pp. 22-23.

---

(접수일 2009. 7. 31, 심사일 2009. 8. 14, 심사완료일 2009. 8. 27)