

건설현장 RTLS 활용을 위한 전파의 벽체 투과손실에 관한 실험적 연구

Experimental Study on Wall Transmission Loss of Electric wave for the RTLS Application of Building Construction Project

이종국* 이영훈** 박정현*** 손민지***
 Lee, Jong Kook Lee, Young Hun Park, Jung Hyun Son, Min Ji

Abstract

Although the concept of RTLS is very unfamiliar to construction industry, recently it is popular in other industry, such as logistics, ship building, mobile telecommunication based on state-of-the-art information technology. Effective resource management using cutting-edge information technology makes it possible to succeed a project with saving the time and cost. And effective information management in construction project can be achieved by the new technologies such as RFID, WEB-based internet, DB technology, real-time monitoring technology, etc. This paper suggest the characteristics and applicability of the international standard electric waves to be used for the real-time locating system (RTLS) on the viewpoint of transmission loss in construction field to monitor and manage resources of construction project effectively. The two types of electric waves based on the international standard is to be suggested after surveying the as-is technology in the related industries and then is analyzed to find out the characteristics of those by the concept of the electric wave transition loss in the several construction situations. Two main electric waves, the 2.4GHz and the 433MHz technologies as the international standard is researched on the applicability to the indoor environment of construction site.

키워드 : 전파, 투과손실, 위치추적, 건설현장, 2.4GHz, 433MHZ
 Keywords : electric wave, transmission loss, RTLS, Construction Field, 2.4GHz, 433MHZ

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 첨단 무선통신기술의 비약적 발전과 기술에 대한 관심으로 개발 및 그에 따른 투자가 증가 되고 있으며, 이는 기술은 물론이고 사회, 경제적으로도 매우 빠른 속도로 영향을 미치고 있으며, 많은 산업분야에서 이를 도입·활용하고 있다. 이미 의료·교통·운수 등 여러 산업에서 활발히 진행되어 지고 있으며, 첨단 무선 통신 기술의 도입을 통해 각 산업계 활동 전반의 큰 변화를 기대하고 있다(최철호, 2004).

건설산업도 이러한 사회적 변화에 대처해야하며, 특히 그 규모가 더욱 대형화 되고, 경쟁력이 세계화됨에 따라 건설기술의 첨단화와 건설현장의 관리에도 많은 건설사들이 관심을 가지고 있으며, 선진국의 관리체계를 도입하려 시도하고 있다. 더욱이 공사내용이 복잡해지고, 고도화되어 이에 따른 체계적 현장 관리의 필요성이 더욱 증대되고 있다.

이와 관련하여 첨단 무선통신기술의 도입을 통한 선진화된 관리체계가 필요하다. 기존 자동화기술에는 효율적인 공사관리를 위해 바코드 등을 사용하기도 하였으나 낮은 인식률과 정보의 재활용 및 데이터의 저장 등이 불가능(유지연, 2007)하여, 최근 RFID(Radio Frequency Identification)¹⁾의 도입에 많은 관심을 기울이고 있으나 바코드와 RFID기술은 건설현장의 관리자의 입장에서는 실질적인 차원의 손쉬운 공사관리용 도구라고 인식되고 있지는 않다(주현태, 2007). 따라서 본 논문에서는 최근 국내에서 뿐만 아니라 세계에서도 많은 관심과 연구가 진행되고 있는 RTLS(Real Time Location System)²⁾기술의 건설현장 도입 가능성을 살펴보고자 한다. RTLS기술은 직접적으로 현장관리자가 자재관리는 물론이고, 현장 작업자 관리, 중대형 건설장비의 관리에도 효율적으로 사용할 수 있으며, 이러한 건설현장의 효율적 관리체계는 공기를 단축시키고, 작업의 효율을 향상시키며, 공사비의 절감에도 중요한 역할을 할 것으로 판단된다.

* 금오공과대학교 건축공학과 교수, 공학박사
 ** 금오공과대학교 전자공학부 교수, 공학박사
 *** 금오공과대학교 건축공학과
 본 연구는 금오공과대학교 학술연구비에 의하여 연구된 논문임. (과제번호: 2006-104-088)

1) Micro Chip를 내장한 Card, Label, Tag 등에 저장되는 Data를 무선 주파수를 이용하여 리더와 송수신하는 기능을 발휘하는 자동 인식 기술
 2) 무선전파통신 기술을 이용하여 실시간으로 사람 혹은 사물의 위치를 찾아주는 시스템

1.2 연구의 방법 및 절차

본 연구는 그림 1과 같이, 먼저 전파활용 관련 기술 및 현황을 기존 문헌을 통하여 고찰한 후, 건설현장의 실질적 관리를 위해 실시간 위치추적기술과 최근 많이 사용되고 있는 무선위치측량기술들을 조사한다. 이러한 조사결과를 바탕으로 건설현장의 특성을 분석하여 가장 적합한 실시간위치추적기술과 무선위치측량 기술에 착안한 전파의 건설현장 적용성에 관하여 벽체의 종류 및 부재에 따른 전파의 투과손실 실험을 설계, 실험, 분석한다. 마지막으로 결론 및 향후 연구과제에 대하여 제시하도록 한다.

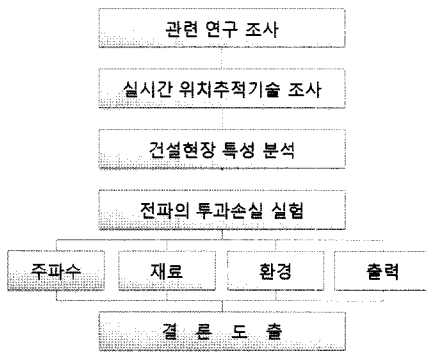


그림 1. 연구의 진행과정

2. 선행 연구 고찰

2.1 건설현장관리 기존 연구

현재 건설현장의 관리를 위해 표 1 과 같이 자동화된 정보 수집기술을 다수 활용되고 있다(박창욱, 2007). 표 1과 같이 기존의 바코드기술에서부터 최근에는 많은 연구를 통해 RFID 기술의 활용에 이르렀다.

표 1. 건설현장의 자료수집 자동화 기술

	바코드	자기카드	IC카드	RFID
인식방법	비접촉식	접촉식	접촉식	비접촉식
인식거리	0~50Cm	리더기 삽입	리더기 삽입	0~27m
인식속도	4초	4초	1초	0.01~1초
인식률	95%이하	99.9%	99.9%	99.9%
투과력	불가능	불가능	불가능	가능
사용기간	-	1만번	1만번	10만번
데이터저장	1~100byte	1~100byte	15~64Kb	64Kb
데이터기록	불가능	가능	가능	가능
카드손상률	매우짙음	짙음	짙음	거의없음
태그비용	가장저렴	저렴	높음	보통
보안능력	거의없음	거의없음	복제불가	복제불가
재활용	불가능	불가능	가능	가능

이미 잘 알려진 바와 같이 S건설사에서 도곡동 타워팰리스 프로젝트에 바코드기술을 이용하여 1개월 정도 공기를 단축시킴으로써, 약 41억원 정도의 직·간접적인 효과를 나타낸 적이 있다(최철호, 2004). 또 미국 벡텔사의 Red Hills 건설공사를 대상으로 미국 건설산업연구원(CII)이 실시한 현장실험에서 RFID기술을 활용하여 자재의 위치파악 및 추적 관리시 30%의 작업단축 효과가 있는 것으로 나타났다(이남수, 2006). 그러나 RFID기술은 특정지역에 리더를 설치하여 자료를 수집하는 기술로 자료의 실시간성이나, 위치파악에는 단편적이라고 할 수 있다.

2.2 연구동향을 통한 고찰

더욱 편리하고 실질적인 현장관리를 위해서는 중요 자재의 정확한 위치는 물론이고, 현장 작업자, 중대형 건설장비의 위치 등을 실시간으로 파악하고 있어야 한다. 이는 현장에 분포되어있는 자재와 인력, 건설장비등을 현장상황에 맞추어 적재 적소 투입하여 각 자원들을 효과적으로 이용함으로써 공기단축은 물론 공사비를 단축 할 수 있으며 이를 위하여 위치추적 기술의 활용은 매우 중요하다고 판단되며, 현재의 관련연구동향은 표 2와 같다.

표 2. 기존연구 동향

구분	저자	주요 내용
위치추적기술	박창욱, 권오철, 윤석현 (2007)	RFID와 GPS를 통한 자재조달을 자동화할 수 있는 방안 제시
	이남수, 송재홍, 윤수원, 진상윤, 권순옥, 김예상 (2006)	RFID와 무선네트워크 기술을 이용한 건설현장 자재위치 파악 방안 제시
	김학용 (2006)	표준 무선랜 기술(IEEE 802.11b)을 이용한 위치기반 서비스(LBS)에 대해 소개
	조영수, 조성윤, 김병두, 이성호, 김재철, 최완식 (2007)	실내외 연속측위를 위해 실내측위와 실외측위로 나누어 각각의 기술동향을 분석하고 이 기술을 구현하기 위한 무선측위 기술을 분류, 설명
	전현식, 우성현, 이호영, 류인선, 윤성근, 박현주 (2006)	NLOS현상을 반영하기 위해 실내환경에서 위치인식기술로 사용되는 Finger print기법을 위치추정 알고리즘으로 활용하여 위치 정확도를 보정하고 전파의 도달거리가 환경에 의해 변화되어 길어지는 위치의 JUMP 현상을 완화하기 위해 KF를 적용한 알고리즘을 제안
	이종훈, 김상동, 정우영, 김선미, 박용완 (2006)	향후 다양한 응용분야에 널리 활용될 수 있고, 시장 및 기술 파급성이 클 것으로 예측되는 실시간 실내외 측위 기술의 개발 동향에 대해 조사
	김수희, 정인환 (2006)	최근 급속히 보급되고 있는 IEEE 802.11 Wireless LAN 인프라를 활용하는 방법을 제안

2.3 위치추적기술

위치추적기술에는 표 3과 같이 크게 실외 위치추적과 실내 위치추적으로 나눌 수 있다. 실외위치추적에는 위성망 기반의 무선위치추적기술과 이동통신망 기반의 무선위치추적 기술 등

이 있으며, 실내 위치추적 기술에는 WLAN 기반 무선위치추적 기술, 적외선 기반 무선위치추적 기술, 초음파 기반 무선위치추적 기술, RFID 기반 무선위치추적 기술, UWB 기반 무선위치추적 기술 등이 있다.

표 3. 위치추적기술의 종류

분 류	세부 관련 기술
실외위치추적기술	위성망을 이용한 위치추적 기술
	이동통신 기반 위치추적 기술
실내위치추적기술	WLAN 기반 위치추적 기술
	적외선 기반 위치추적 기술
	초음파 기반 위치추적 기술
	RFID 기반 위치추적 기술
	UWB 기반 위치추적 기술

2.4 무선위치측량 기술

실시간 위치추적에 사용되는 무선위치측량 기술에는 Cell ID방식, 삼각법을 이용한 방식, Fingerprint방식 등이 있으나, 현재 가장 많이 사용되고 있는 방식은 삼각법을 이용한 방식이다. 삼각법이란, 세 개의 기준점으로부터 대상물의 거리를 알아냄으로써 대상물의 위치를 추적하는 방법이다. 삼각법에는 여러 가지 방법이 있는데 크게 전파의 세기를 이용한 방법, 전파의 도착시간을 이용한 방법, 전파의 각도를 이용한 방법으로 나눌 수 있다.

3. 건설현장의 위치추적의 특성

3.1 건설현장의 특성

건설현장의 위치추적의 특성은 크게 발신기와 수신기 사이에 장애물이 없는 환경(LOS : Line of Sight)과 장애물이 있는 환경(NLOS : Non Line of Sight)으로 나눌 수 있다. 건설현장은 일반 위치 추적과 달리 건설현장의 특성상 공사가 진행됨에 따라 LOS환경에서 NLOS환경으로 바뀌는 경우가 많다. 특히 NLOS환경은 LOS환경에 비해 장애물로 인한 전파의 반사나 회절, 굴절 등으로 인해 다중경로(multipath)의 발생이 예상된다. 그리고 일반 실내환경과 달리 공중에 따라 적재 또는 사용되는 자재가 다르기 때문에 각각의 자재에 의해 주변 환경이 바뀔 수 있다는 것을 고려하여야 한다. 특히, 이런 가변적인 환경과 더불어 작업자의 작업형태 또한 완공된 건물에서의 일반 행동과 다르기 때문에 그에 대한 고려도 필요하다.

3.2 NLOS 특성

건물의 실내에서는 장막벽 등의 내벽으로 인해 전파는 직선

거리를 가지 못하고, 반사나 굴절에 의해 다중경로가 발생하며 이러한 다중경로의 발생은 전파의 전파거리가 실제 직선거리보다 더욱 멀어지게 된다(전현식, 2006). 실내공간에서의 정확한 위치를 추적하기 위한 중요한 과제 중 하나는 이러한 장애물에 의해 발생하는 다중경로의 문제 해결이다. 정확한 NLOS의 식별이 가능하다면, 실내 위치추적의 정확도를 더욱 높일 수 있다.

3.3 건설현장 주요 자재

앞에서 살펴본 바와 같이 전파는 장애물에 의해 영향을 받을 수 있다. 특히, 건축현장의 경우 공정에 따라 다양한 재료의 자재가 사용되기 때문에 이에 의한 영향은 클 것으로 생각된다. 대표자재의 선정은 표 4와 같이 미국의 CSI (Construction Specification Institute)의 마스터포맷(Master-format)의 기준에 따라 각각의 디비전(Division)을 대표하는 자재를 선정하여 실험에 활용하였다.

표 4. Masterformat Division 별 대표 자재

Division	Materials
03 - Concrete	Concrete, Reinforcing rod, Cement
04 - Masonry	Brick
05 - Metals	Aluminum, Steel sheet
06 - Wood and Plastics	Wood, Plastics, Veneer board
07 - Thermal and Moisture Protection	Insulation
08 - Doors and Windows	Glass
09 - Finishes	Marble, Tile, Paint

4. 전파투과실험

4.1 전파의 개요 및 특성

전파란 그림 2와 같이 전자기파를 말하며, 전자기파는 전기장과 자기장으로 이루어진다. KS C IEC 60050 - 713 : 2002에서는 “전파란 인위적인 유도장치 없이 공간 내에 퍼지게 되는 전자기파로서 관례상 3000GHz이하의 주파수를 갖는다” 라고 정의하고 있다.

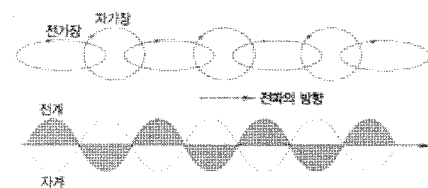


그림 2. 전파의 개념(송정렬, 2006)

일반적인 전파의 특성에는 굴절, 반사, 직진, 투과, 회절, 감쇄 등을 가지고 있으며 그림 3과 같이 다양한 용도로 활용되

고 있다(송정렬, 2006). 본 연구에서는 전파의 다양한 특성 중 RSSI방식³⁾의 특성인 전파의 감쇄와 투과손실을 중심으로 실험을 실시하고자 한다.

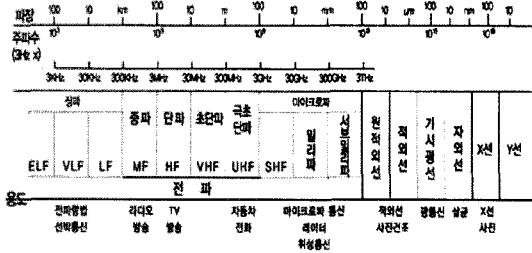


그림 3. 주파수 대역별 주요 용도(국정훈, 2007)

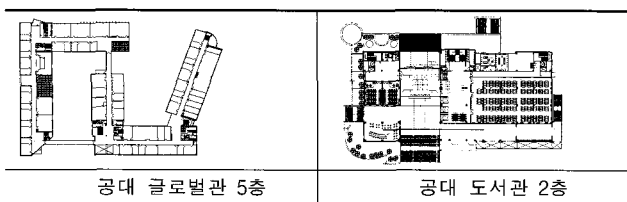
그림 6과 같은 다양한 주파수의 전파들 중에서 RTLS 프로토콜 국제표준인 ISO/IEC에서 제시한 433MHz와 2.4GHz의 전파를 건설현장 RTLS의 기준 전파로 정의하고 본 연구에서 채용하도록 한다.

RSSI방식의 무선위치측량 기술은 거리에 따라 전파의 세기가 줄어드는 것을 기초로 하여 거리와 위치를 구하는 것이다. 실내의 경우 실외와 다르게 수신기와 송신기 사이에 다양한 장애물이 발생한다. 이러한 장애물들에 의해 단순한 거리에 의한 전파의 감쇄가 아닌, 전파의 투과손실이 발생하게 된다. 전파의 투과손실은 전파의 감쇄에 있어서 커다란 영향을 가져올 수 있다. 이는 단순한 자유공간의 전파감쇄와는 큰 차이를 보인다.

4.2 실험 모델

실험의 모델은 표 4의 Masterformat의 Division별 대표자재로 이루어진 벽체를 기준으로 실시하였으며, 실험의 벽체들은 선행연구(국정훈, 2007)를 기초로 선정하여 철근콘크리트 벽체, 조적조 벽체, 경량간막이(석고보드)벽체, 출입문(유리문, 방화철문)등 5가지 재료를 선정하였다. 각 벽체의 투과실험은 표 5, 6과 같이 경북 구미에 소재한 금오공과대학내의 건물들을 대상으로 실시하였다.

표 5. 실험장소 도면



3) 전파의 세기를 이용한 무선위치측량 기술은 RSSI (Received Signal Strength Indication)라고 하며, 전파의 특성 중 하나인 거리에 따른 감쇄를 기준으로 떨어져 있는 물체까지의 거리를 측정하는 방식

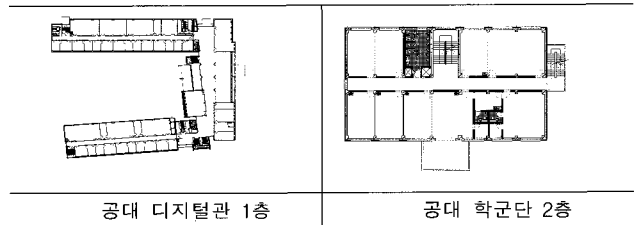


표 6. 투과손실 측정위치

번호	실험장소	재료
C-1	도서관 2층	THK 200 철근콘크리트 + T18 몰탈 + 수성페인트
C-2	학군단 2층	THK 200 철근콘크리트 + T18 몰탈 + 수성페인트
B-1	글로벌관 5층	1.0B 시멘트 벽돌 + T18 몰탈 + 수성페인트
B-2	학군단 2층	1.0B 시멘트 벽돌 + T18 몰탈 + 수성페인트
G-1	글로벌관 5층	T50 그라스울 + 9.5석고보드 2겹
G-2	학군단 2층	T50 그라스울 + 9.5석고보드 2겹
D-1	디지털관 1층	T12 강화유리
D-2	글로벌관 5층	1.0mm ST'L PL양면(정전분체도장)

4.3 실험 방법

국내에 아직 전파의 벽체 투과실험에 대한 기준이 정해져 있지 않으나, 소리, 즉 음파도 일정한 주파수를 가지는 파동의 일종이라는 측면에 착안하여, 아래 그림 4와 같이 KS F 2809(건축물 현장에 있어서 음압레벨차의 측정방법)을 기준으로 실험을 실시하였다.

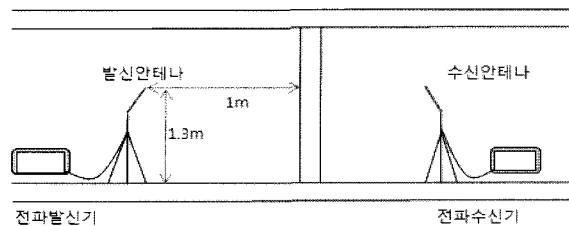


그림 4. 실험방법

KS F 2809에 나와 있는 최소 0.5m이상 최대 1.2m이하의 거리를 준수하기 위해 실험 벽체에서 1.0m 떨어진 곳에서 전파를 발신하였으며, 수신안테나의 위치도 벽체에서 1.0m 떨어진 곳에 설치하였다. 발신·수신 안테나의 설치 높이는 1.3m로 하였으며, 실험의 결과 값은 10회 측정하여 평균값을 이용하여 분석하였다.

본 실험에서 사용되는 단위인 dBm은 전파의 전력에 대한 절대적인 양을 표시하는 것으로 mW 단위의 전력을 dB 스케일로 나타낸 단위를 의미한다. 상용화된 RF에서는 작은 전력을 다루기 때문에 W단위가 아닌 보통 mW단위의 전력을 주로 다루기 때문에, 기준의 간편함을 위하여 mW를 기준으로 만든 dB전력값을 dBm으로 정의한 것이다.

$$dBm = 10\log P_2/P_1 \quad (\text{공식 1})$$

일반적으로 $P_1=1mW$ 를 기준으로 이를 0dBm이라 표시하며, 나머지 출력에 대한 계산은 P_1 이 기준이 되는 전력이라고 할 때 P_2 라는 전력을 표현하면 공식 1과 같다.

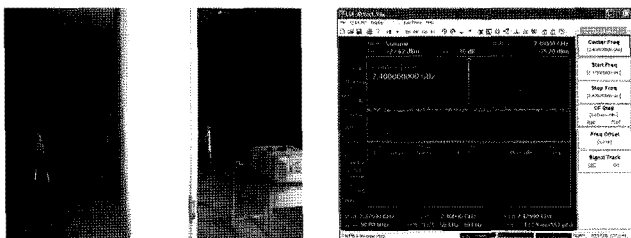
4.4 투과 실험

전파의 투과 벽체 실험을 위해 사용한 전파 발신기와 수신기의 사양은 아래의 표 7과 같다.

표 7. 전파 발신기 및 수신기기

구분	실물사진	주요사항
전파수신기기		모델명 : LSA-30 OS : Window XP 측정주파수 : 3Hz ~ 30GHz 출력 : -150~30dBm
전파발신기기		모델명 : 8648C 측정주파수 : 100KHz ~ 3GHz 출력 : -136dBm ~ 13dBm

표 7의 발신기와 수신기기를 이용하여 RTLS 프로토콜 국제표준인 ISO/IEC 24730-2에서 제정한 2.4GHz 주파수와 ISO/IEC 24730-3의 433MHz 주파수를 이용하여 주파수별 투과손실을 비교하였고, 또 발신기의 출력값의 변화를 통해 사용 주파수의 투과손실이 일정한 지를 확인하기 위한 실험을 실시하였다.(그림 5 참조)



a) 투과실험 사진 b) 실험화면
그림 5. 투과 실험 사진 및 실험 화면

4.5 실험결과

4.5.1 Line of Sight 환경에서의 주파수별 전파 투과 손실

다양한 벽체에 의한 투과손실을 측정하기 위해 먼저 기준이 되는 장애물이 없는 환경에서 실험을 실시하였으며, 그림 6의 실험결과를 살펴보면 주파수에 따라 손실되는 수치에는 차이를 보이나, 출력에 따른 전파의 감쇄는 동일한 양상임을 보여 주고 있다. 특히, 2.4GHz의 경우 433MHz보다 전달손실이 적어 상대적으로 먼 거리를 도달할 가능성이 있음을 알 수 있다.

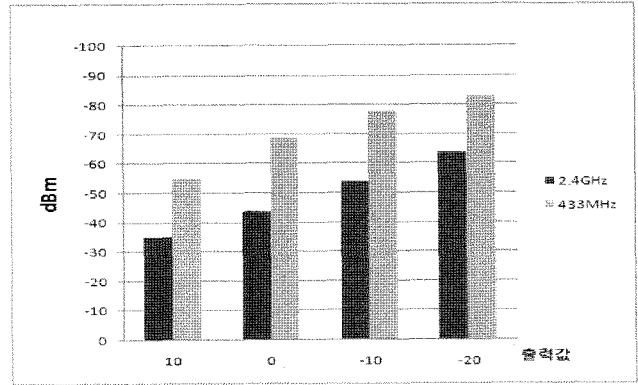


그림 6. Line of Sight (무장애물)환경에서의 주파수별 전파 투과손실

4.5.2 철근콘크리트 벽체의 주파수별 전파투과손실

아파트현장과 같은 벽체식 구조에서 가장 많이 사용되는 철근콘크리트 위 몰탈 마감된 벽의 주파수별 투과손실을 보면 다음 그림 7과 같다.

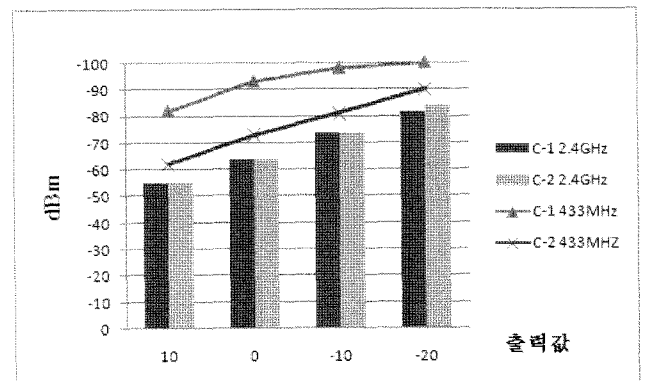


그림 7. 철근콘크리트 벽체의 투과손실

철근콘크리트 벽체의 경우 2.4GHz 주파수에서는 장소의 변화에도 영향을 적게 받고 거의 일정한 전파의 투과손실 값을 확인 할 수 있다. 반면, 433MHz의 경우 그래프에서 보이는 바와 같이 장소에 따른 전파의 투과손실 값에 차이가 있음을 확인 할 수 있다. 이는 C-1의 경우 완공되어 사용중인 건물이며, C-2의 경우 실제 골조공사가 완료된 건설현장으로서, 그 측정결과값의 변동이 큰 것은 각 건물내의 조건에 따른 투과손실의 변동가능성이 크다는 것을 알 수 있으며, 이는 건설현장같은 실내에서의 위치추적용 전파로서의 433 MHz는 규명되거나 극복되어야 할 요소가 많다고 할 수 있다. 이는 실제로 433MHz는 실외환경에서의 측위전파표준으로 활용되고 있음으로도 유추할 수 있다.

요약하면 철근 콘크리트 벽체는 LOS환경과 비교하여 볼 때, 벽체에 의한 전파의 투과손실이 매우 큰 것을 확인 할 수 있었다.

4.5.3 1.0B 시멘트조적 벽체의 주파수별 전파 투과손실

칸막이용 벽체로 많이 사용되는 1.0B 시멘트조적 벽체의 전파 투과손실은 그림 8과 같다. 시멘트조적 벽체는 앞의 그림 7의 철근콘크리트 벽체와 달리 전파의 벽체 투과손실 값이 상대적으로 적음을 알 수 있다. 또한 433MHz에서의 B-1과 B-2를 비교하면 2.4GHz와 같이 두 벽체의 투과손실 값이 거의 유사함을 알 수 있다. 이는 433MHz의 주파수에서 상대적으로 투과손실의 변동율이 컸던 철근콘크리트 벽체와는 달리 시멘트조적 벽체는 상대적으로 안정적인 투과손실율을 보여주고 있음을 알 수 있다.

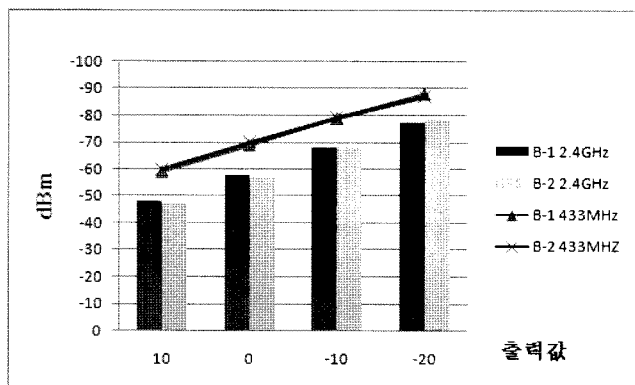


그림 8. 1.0B 조적 벽체의 주파수별 투과손실

4.5.4 석고보드 경량칸막이 벽체의 주파수별 전파 투과손실

석고보드 경량칸막이의 전파 투과손실은 LOS환경의 손실과 비교하면 전파의 투과에 의한 손실이 거의 없음을 알 수 있다.

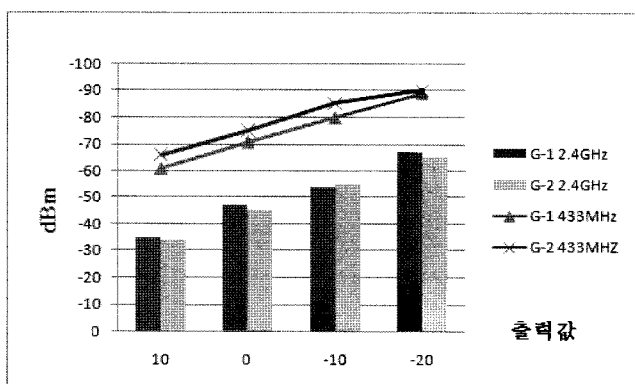


그림 9. 경량칸막이 벽체의 주파수별 투과손실

위의 그림 9를 살펴보면 그림 6의 LOS환경과 비교하였을 때 전파의 손실이 거의 없음을 알 수 있다. 그러나 석고보드 경량 칸막이의 경우, 전파의 투과손실율의 경향이 실험환경에 따라 약간의 차이가 나타났다.

4.5.5 출입문의 주파수별 전파 투과손실

건물 출입문의 전파투과 손실은 아래의 그림 10과 같이 나타났다. 그림 10을 살펴보면 유리문 D-1의 경우 그림 9의 LOS환경과 비교하여 전파의 투과손실이 변화가 없는 것을 알 수 있다. 그러나 철재문 D-2의 경우에는 전파의 투과손실 값이 그림 7의 철근콘크리트 벽체 보다 더욱 높은 투과손실을 보였다. 특히 433MHz의 경우 투과에 의한 손실이 매우 큰 것을 알 수 있는데, 이는 기존 연구나 문헌에서 보고된 철재의 전파의 차폐 특성에 기인한 것으로 판단된다.

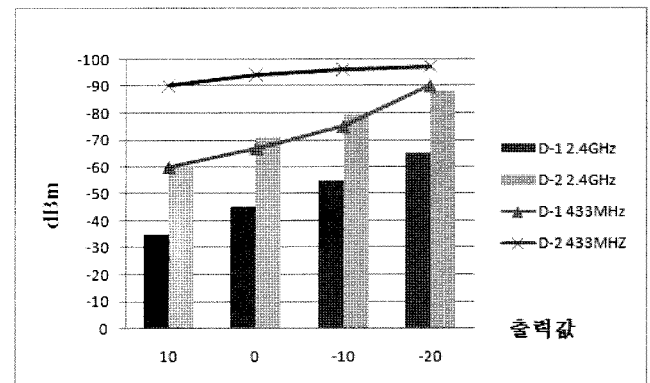


그림 10. 출입문의 주파수별 전파 투과손실

4.6 결과분석

앞의 실험을 통해 다양한 벽체에서의 전파 투과손실의 경향을 알아낼 수 있었고, 주파수의 크기에 따른 특성을 확인 할 수 있었다. 강화유리와 석고보드는 투과에 의한 손실이 거의 없는 것으로 나타났으며, 시멘트 벽돌의 경우 비교적 적은 것을 알 수 있다. 그리고 철근콘크리트와 철재 방화문의 경우에는 주파수에 따라 약간의 차이는 있으나, 전반적으로 많은 투과손실을 보여주고 있다. 주파수 비교실험 결과 주파수의 크기에 따라 투과손실 값이 다를 수 있었으며, 2.4GHz의 경우 장애물에 의한 투과손실이 433MHz에 비해 작음을 알 수 있다. 본 연구에서 채용한 주파수는 현재 의료, 국방, 운수 등 다양한 산업에서 활용하고 있는 RTLS 프로토콜 국제표준 주파수로서 향후 건설현장의 활용에 있어서도 다양한 활용이 기대된다.

5. 결 론

본 연구는 건설현장에서의 효율적인 정보관리를 위해 새로운 자동화 기술의 도입차원에서 문헌과 현재 개발된 IT기술을 조사하여 건설현장의 도입 가능성을 살펴보았으며, 또한 전파를 이용한 위치추적기술의 과학적인 분석데이터를 얻기 위해

전파 투과실험을 실시하여 다양한 벽체에 따른 투과손실 특성을 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 벽체에 의한 투과손실은 Line of Sight 환경에서의 전파 손실과 비교하였을 때 투과손실이 높게 나타났으며, 출력의 변화에도 손실되는 양은 일정한 변화를 보였다.

둘째, 주파수별 투과손실 비교에서는 2.4GHz의 투과손실이 상대적으로 적은 것으로 나타났으며, 433MHz는 실내 환경에서는 투과손실의 변동성이 다소 높은 것을 실험을 통해 확인할 수 있었다.

셋째, 실제 건설현장에서 측정된 투과손실 결과를 확인해보면 개구부 등의 요인으로 인해 2.4GHz가 433MHz보다 투과율이 높으며 안정적인 전파로서 건설현장 실내위치추적에 적합한 것으로 나타났다.

본 연구에서 수행한 다양한 벽체에 따른 전파의 투과손실 실험은 건설현장에서의 전파기술의 활용에 있어 의미있는 근거가 될 수 있다. 또한, 현재 RTLS 국제표준으로 제시된 2.4GHz 와 433MHz의 주파수의 경우, 건설현장의 다양한 벽체와 또 다중의 장애물환경에서도 전파의 활용성을 높이고자 한다면 파장의 길이가 짧고, 투과율이 높은 2.4GHz의 주파수를 활용하여 국제표준에 맞는 RTLS 시스템을 설계하여야 할 것으로 사료된다.

향후 건설현장에서의 RTLS 시스템을 위한 전파의 투과 및 활용에 대한 실험을 기술별, 재료별, 두께별, 실험대별, 개구부 형태별 등으로 더욱 구체화하여 연구할 때 건설현장에서의 전파활용 기술은 활성화 될 수 있으리라 기대된다.

참고문헌

1. 국정훈 외 3인, 건축설비 기계실의 벽체 투과손실에 관한 실험적 연구, 한국소음진동공학회, 학술발표대회논문집, pp.701~705, 2007.5
2. 김수희 외 1인, Wireless LAN 환경 하에서 Access Point의 RSSI 삼각측량 방식을 이용한 RTLS 설계, 한국정보과학회 가을 학술발표논문집 제 33권 2호, pp.330- 333, 2006.10
3. 김학용, 무선랜 기반 위치정보 서비스, Telecommunications review, 제16권 2호, pp.188~202, 2006.4
4. 박창욱 외 2인, RFID 기술을 이용한 철골공사 자재관리 사례분석 및 개선방안제시, 한국건축시공학회 학술발표대회논문집, pp.93~96, 2007.4
5. 송정렬, 전파란 무엇인가. 디지털타임스. 2006.11.1
6. 유지연 외 5인, RFID/USN 연동 시스템의 건설 산업 적용을 위한 성능실험에 관한 연구, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, pp.880~885, 2007.11
7. 이남수 외 5인, RFID와 무선네트워크 기술을 이용한 자재위치 파악 방안, 한국건설관리학회 학술발표대회논문집, pp.523~528, 2006.11
8. 이종훈 외 4인, 실시간 실내의 측위기술 개발동향 분석, 텔레콤 제22권 제2호, pp.85~95, 2006.12
9. 이효진 외 2인, Ray Tracing과 회절이론에 의한 다층 건물 내 전파 감쇄 특성, 대한전자공학회 추계종합학술대회논문집 제 19권 제2호, pp.595~598, 1996.11
10. 전현식 외 5인, 실내 환경에서 효율적인 위치 추적을 위한 알고리즘에 관한 연구, Journal of Information Technology Applications & Management, 제 13권 3호, pp.59~74, 2006.9
11. 정승희 외 2인, 실내 전파특성 모델링을 위한 2차원 광선추적법 구현 및 평가, 한국항행학회논문집 제11권 제4호, pp.454~460, 2007.12
12. 조영수 외 5인, 실내의 연속측위 기술 동향, 전자통신동향분석, 제22권 제3호, pp.20~28, 2007.6
13. 주현태 외 3인, 건설현장에서 RFID 기술의 적용성에 관한 연구, 한국건축시공학회 학술기술논문발표회논문집, 제7권 제1호, pp.97~100, 2007.4
14. 최철호, 건설 분야에서의 RFID 시스템 활용사례 및 발전방향, 한국건설관리학회 학술발표대회논문집, 제5회, pp.145~152, 2004.11
15. <http://www.hykim.net> (January 28th, 2008 present)
16. <http://www.rfdh.com> (March 20th, 2008 present)
17. ISO/IEC 24730-2 : 2003
18. ISO/IEC 24730-3 : 2003
19. KS C IEC 60050 - 705 : 2002
20. KS C IEC 60050 - 713 : 2002
21. KS F 2809 : 2001
22. Lisa Phifer, Understanding WLAN Signal Strength, Feb. 2005. <http://searchmobilecomputing.techtarget.com/>
23. MasterFormat, Construction Specification Institute, 2004
24. Seidel, S.Y. ; Rappaport, T.S., A ray tracing technique to predict path loss and delay spread inside buildings, Global Telecommunications Conference, 1992. Conference Record., GLOBECOM '92. Communication for Global Users. IEEE, pp.649~653, 1992

(접수 2008. 12. 7, 심사 2009. 1. 18, 게재확정 2009. 1. 25)