

## 소방작전을 위한 협소거주 공간의 무선 통신 환경 분석

박현주\*, 홍상범\*\*, 최혁조\*\*\*

# Analysis of the Wireless Communication Environment in the Narrowed Residential Space for the Fire fighting Operation

Hyun-Ju Park \*, Sang-Beom Hong\*\*, Hyuk-Jo Choi\*\*\*

**요약** 최근 급속한 경제성장에 따른 인구의 도시 집중화 현상이 발생하고 있으며 이로 인해 도시 건물의 밀집화, 고층화, 용도의 다변화에 따라서 화재 및 사고·범죄의 위험이 상당히 증가하는 추세이다. 이런 협소거주공간은 무창층의 특성을 가지고 있어 화재 발생시 급격한 연기확산 속도에 따른 거주자의 피해가 큰 게 현실이며 소방작전에 사용되는 무선통신의 전파 투과율 및 송달거리 또한 건축자재 및 건축물의 형태에 따라 통신 성능의 차이가 발생한다. 따라서 효율적인 소방작전을 위해 본 논문에서는 협소거주 공간의 건물 자재(철근콘크리트벽체, 샌드위치 패널 벽체, 경량칸막이 석고보드 벽체, 유리 출입문, 방화철문) 및 구조 특성을 분석하고 이에 따른 무선 통신의 전파(주파수 대역 424MHz, 2.4GHz) 투과율 및 송달거리 측정실험을 통해 최적의 소방작전을 위한 협소거주 공간의 통신 환경 솔루션을 도출하였다.

**Abstract** Recently, Population has been concentrated in cities due to rapid economic growth. As a result, urban buildings are becoming more dense, high-rise, and diversified. The shape of these urban buildings increases the risk of fire, accidents and crime. The narrow living space has the characteristic of the unchanged floor. In case of a fire, the living space of the narrow residence is large in the damage because the smoke diffusion rate is fast. The radio wave transmittance and transmission distance of wireless communication used in fire fighting operations vary depending on the type of building materials and buildings. Therefore, this paper analyzes the building materials and structural characteristics of the narrow residential space for efficient fire fighting operations. We have developed a communication environment solution for a narrow residential space for the optimal fire fighting operation through the measurement of the radio wave transmittance and the transmission distance of the wireless communication.

**Key Words** : Narrowed Residential Space, Wireless Communication Environment, Fireman, NLOS, Radio Transmission

### 1. 서론

협소거주공간은 무창층의 특성을 가지므로, 급격한 연기확산 속도에 따른 거주자의 피난허용 시간이 매우 짧은 실정이다. 작은 화재중 하나인 쓰

레기통 화재에 의해서도 주거공간의 연기 충전이 발생되어 지는 특징이 있다. 또한 피난경로와 연기의 유출 방향이 동일하여 피난자의 연기흡인 가능성이 매우 높은 실정이다[1,2,4].

This research was supported by the Fire Fighting Safety & 119 Rescue Technology Research and Development Program funded by the Ministry of Public Safety and Security(MPSS-소방안전-2015-69).

\*Infoworks Corp

\*\*Korea Polytechnic I

\*\*\*Corresponding Author : Infoworks Corp

Received June 02, 2017

Revised June 19, 2017

Accepted June 25, 2017

이러한 협소거주공간은 대규모 인명피해의 우려가 매우 높다. 화재발생시 매우 짧은 시간의 골든타임이 적용될 여지가 매우 높다[7,8,9]. 따라서 골든타임내 스마트한 발화지점 판단 및 피난 경로 예측에 따른 재실자 탐색장비 개발의 필요성이 절실하다 할 수 있다[3,5,6].

한편으로 외국의 경우 선박 크루즈에 재난발생시 탐색 구조기술에 관한 선진국의 연구가 진행되어 진행되고 있으며, 미국의 뉴욕소방서는 소방관 헬멧에 열화상을 장착하여 구조 및 화점탐색에 활용하고 있는 실정이다. 협소거주공간은 외국보다 국내의 독특한 문화 환경이므로 외국의 재난 탐색 및 구조 기술을 그대로 도입하기도 어려운 형편이다. 우리나라 실정에 맞는 협소거주공간 탐색 및 구조기술의 개발이 요구된다.

따라서 본 연구는 협소거주공간(고시원, 지하노래방 등)의 건물 자재 및 구조 특성을 분석하고 이에 따른 무선 통신의 전파 투과율 및 송달거리 측정실험을 통해 최적의 소방작전을 위한 협소거주 공간의 통신 환경 솔루션 도출을 목표로 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 협소거주공간의 건물 자재 및 구조에 대해 설명하고 3장에서는 건물자재 및 구조에 따른 전파 투과율 및

송달 거리 측정 방법에 대해 설명하고 4장에서는 전파투과율 및 송달 실험 결과를 보이고 이를 분석하며 5장에서 결론을 설명한다.

## 2. 협소거주공간

무선통신의 특성은 크게 발신기와 수신기사이에 장애물이 없는 환경(LOS : Line of Sight)과 장애물이 있는 환경(NLOS : Non Line of Sight)으로 나눌 수 있다. 협소거주공간은 위치상으로는 지상 및 지하, 공간 내에 장애물이 있는 NLOS 환경이 많다.

아래 표 1은 부천지역 유흥주점(단란주점 포함) 및 노래방 업소현황으로써, 고시원의 경우 총면적이 200~500㎡사이의 크기에 가장 많은 것으로 나타났다으며, 유흥주점의 경우 지상보다는 지하에 위치한 경향을 나타내고 있다. 또한 가장 많은 면적의 분포는 200㎡이하에 대부분 분포하고 있으며, 단란주점 및 노래방의 경우도 이와 비슷한 경향을 나타내고 있다.

이는 유흥업소의 경우 너무 큰 규모 보다는 100~200㎡사이의 규모가 가장 효율적인 규모로 판단되며 본 연구의 협소거주공간의 크기인 165㎡과도 상응하는 결과로 판단된다. 협소거주공간은 위

표 1. 부천지역 업소현황  
Table 1. The Status of establishment on Bucheon

		Below 100	100-200	200-300	300-400	400-500	500-600	600-700	700-800	800-900	900-1000
Study Room		2	8	48	38	37	19	7	9	3	14
Merrymaking Place	Ground	40	15	2	6	4	2			1	
	underground	85	56	14	4		2	1		1	2
Karaoke bar	Ground	27	34	1		1					
	underground	7	20	1	1	1					
Karaoke	Ground	9	31	13	1	1	2	1			
	underground	21	34	7		1					
총계		191	198	86	50	45	25	9	9	4	16

표 2. 부천지역 업소 내부 구조 현황  
Table 2. The Status of establishment intra structure on Bucheon

	Typ e 口	Typ e ㄷ	Typ e H	Typ e I	Typ e L	Typ e E
Study Room	20	20	0	43	16	1
Karaoke	15	20	0	38.3	26.6	0
Merry making Place	16.6	11.2	0	31.6	40	0

표 3. 고시원 내부 재질 현황  
Table 3. The Status of Internal Material at Small Accommodation

Small Accommodation	Area (㎡)	Material	Type	Room
	319.22	Gypsum Board, Concrete	ㄷ	38
	337.32		ㄷ	36
	350.04		ㄱ	36
	409.43	Gypsum, Tile, Metal	ㄱ	
	410.63	ALC Block, Tile, Gypsum Board	ㄱ	
	420.73	Gypsum, Tile	ㄷ	16
	440.28	Gypsum Board, Tile, Glass, Semi Fireproof	Grid	32
	477.53	Concrete, Gypsum Board, Glass, Tile	ㄷ	16
	508.00	Gypsum, Tile, Concrete, Metal	ㄱ	22
	792.93		ㄱ	33
	852.33	Fire-resisting wall, Semi Fireproof(Gypsum, Glass)		
	867.78	Glass, Tile, Metal, Gypsum, Concrete		
	885.08	Tile, Gypsum Board	ㄱ	19

치상으로는 지상 및 지하, 공간 내에 장애물이 있는 NLOS 환경이 많다.

표 2를 기준으로 업소별 내부 구조형태를 분석하건대, 고시원의 경우 방의 개수를 많이 만들 수 있는 I형의 구조가 많은 것으로 분석되었고, 노래방이나 유흥주점의 경우도 I형과 L자 구조가 많은 것으로 나타났다. 특히 노래방이나 유흥주점의 경우 L자 구조가 많다는 것은 구조가 단순하지 않다

는 뜻이며, NLOS환경은 LOS 환경에 비해 장애물로 인한 전파의 반사나 회절, 굴절 등으로 인해 다중경로(multipath)의 발생이 예상된다.

협소거주공간의 공간 내 벽체 등의 재질을 분석해보면, 고시원의 경우 표 3과 같이 석고보드, 콘크리트, 타일, 유리, 철재 등으로 구성되어 있음을 확인할 수 있다.

그리고 일반 실내 환경과 달리 실내의 벽체 구조 및 건물외부벽체구조의 특성이 각각 다르다. 실내는 콘크리트, 조벽, 샌드위치패널 및 문의 특성이 목조, 합성수지, 철재 방화문 등이 있다. 따라서 협소거주공간의 무선통신의 구조적, 공간적 특성을 아래 표 4와 같이 정의할 수 있다.

표 4. 협소 거주공간의 구조적 공간적 특성  
Table 4. Structural and spatial characteristics of narrow space

Characteristic		Contents
Structure	Karaoke	<ul style="list-style-type: none"> <li>Corridor : Min 1.0m</li> <li>Installation of transparent glass windows over 1㎡ on the canal wall</li> <li>Partition walls mainly used fireproof gypsum board and ALC block</li> </ul>
	Study room	<ul style="list-style-type: none"> <li>The boundary wall uses fireproof structure.</li> <li>Reinforced concrete or steel reinforced concrete with a thickness of 10cm or more</li> <li>Plain concrete or stone with a thickness of 10cm or more</li> <li>Concrete block or brick tanks having a thickness of 19cm or more</li> </ul>
Common (Spatial)		<ul style="list-style-type: none"> <li>Average Area : More than 165㎡</li> </ul>

### 3. 실험 방법

협소거주공간에 적합한 통신모듈을 선택하고자 전파의 감쇠와 투과손실을 중심으로 실험을 실시하였다. 다양한 주파수의 전파들 중에서 424MHz와 2.4GHz의 전파를 협소거주공간의 기준 전파로

정의하고 본 실험에서 채용하도록 한다.

RSSI방식의 무선통신투과 및 송달거리 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 감쇠가 아닌, 전파의 투과손실이 발생하게 된다. 전파의 투과손실은 전파의 감쇠에 있어서 소방작전에 커다란 영향을 가져올 수 있다. 이는 단순한 LOS가 확보된 자유공간의 전파 감쇠와는 큰 차이를 보인다.

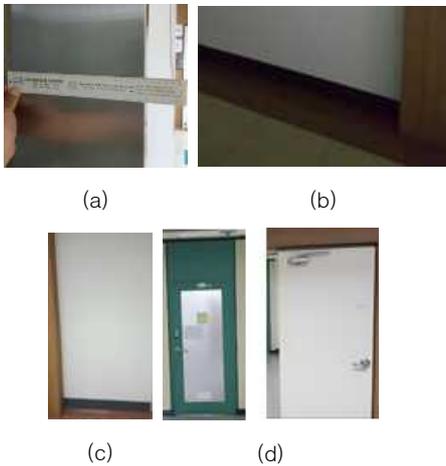


그림 1. 실험 공간의 벽체 (a)철근콘크리트, (b)경량칸막이(석고보드), (c) 조적조, (d)출입문(유리문, 방화문)  
 Fig. 1. Wall of experimental space (a)reinforced concrete (b)lightweight partition (c)masonry, (d)Doors(glass, fire door)

실험의 모델은 그림 1의 협소거주공간 대표자재로 이루어진 벽체를 기준으로 실시하였으며, 실험의 벽체들은 철근콘크리트벽체, 샌드위치 패널 벽체, 경량칸막이(석고보드)벽체, 출입문(유리문, 방화문)등 5가지 재료를 선정하였다.



그림 2. 실험공간  
 Fig. 2. Experimental space

각 벽체의 투과실험은 그림 2와 같이 서울 구로구에 소재한 마리오타워 건물 내부를 대상으로 실시하였다. 전파의 벽체 투과 실험을 위해 사용한 송수신기의 사양은 아래 표 5와 같다.

표 5. 전파 투과 실험용 송수신기 규격  
 Table 5. The Specification of experiment equipment for radio transmission

	Item	Specification
Transmitter	Protocol	802.11a/n
	Max Speed	72Mbps
	Max Datarate	54Mbps
	Antenna	1.9dBi
Receiver	Protocol	802.11a/n
	Max Speed	300Mbps
	Max Datarate	210Mbps
	Antenna	5dBi

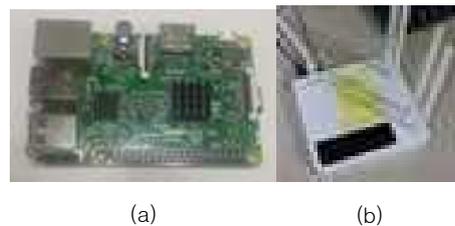


그림 3. 전파 투과 실험 장비 (a)송신기, (b)수신기  
 Fig. 3. Experiment equipment for radio transmission (a) Transmitter (b)Receiver

국내에는 아직 전파의 벽체 투과실험에 대한 기준이 없기에 TTA의 전자파 방사성능(Over the air Performance)에 따른 전파 손실을 측정방법을 기준으로 실험을 실시하였다. 실험벽체에서 1.0m

떨어진 곳에서 전파를 발신, 수신안테나의 위치도 벽체에서 1.0m떨어진 곳에 설치하여 그림 3의 송신기와 수신기기를 이용하여 주파수 투과손실을 비교하였고 사용 주파수의 투과손실이 일정한지를 확인하기 위한 실험을 실시하였다. 실험의 결과 값은 10회 측정하여 평균값을 이용하여 분석하였다.

#### 4. 실험결과 분석

다양한 벽체에 대한 실험 결과는 다음과 같다.

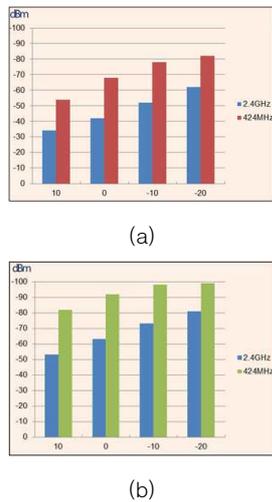


그림 4. 실험 결과 (a)장애물이 없는 환경 (b)철근콘크리트벽체  
Fig. 4. Test result (a) Line of sight (b) Reinforced concrete wall

1) 장애물이 없는 환경(LOS: Line of Sight)  
그림 4(a)와 같이 출력에 따른 전파의 감쇠는 동일하였으며 424MHz 주파수가 2.4GHz보다 전달 손실이 상대적으로 높았다.

2) 철근콘크리트벽체 환경  
그림 4(b)와 같이 철근 콘크리트 벽체에 의한 투과손실이 매우 컸으며 2.4GHz 주파수에서는 장소의 변화에 영향을 적게 받고 일정한 전파의 투과손실을 확인할 수 있었다. 424MHz에서는 전파의 투과손실이 많은 것을 확인하였다.

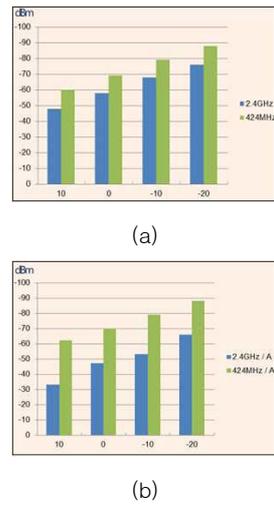


그림 5. 실험 결과 (a)시멘트조적 벽체 (b)석고보드 벽체  
Fig. 5. Test result (a)Cement wall(b)Gypsum board wall

#### 3) 시멘트조적 벽체 환경

그림 5(a)와 같이 철근콘크리트와 달리 상대적으로 안정적인 투과손실을 가지고 있으며, 철근콘크리트보다 투과손실량이 상대적으로 적었다.

#### 4) 석고보드벽체 환경

그림 5(b)와 같이 LOS 통신 환경과 비교했을 때 전파의 손실이 거의 없었다.

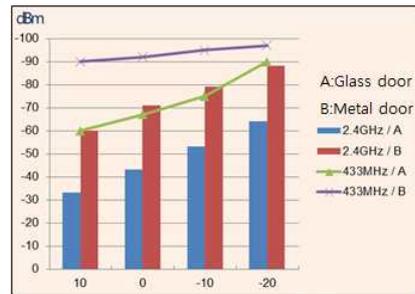


그림 6. 출입문(유리문, 철제문) 실험 결과  
Fig. 6. Test result of door(Glass, Metal)

#### 5) 출입문(유리문, 철제문) 환경

유리문의 경우 투과손실률이 상대적으로 적었으며 철제문의 경우 투과손실률이 매우 높았다. 424MHz의 경우 투과에 의한 손실이 매우 큰 결과

를 보여주었다.

다양한 벽체에서의 전파 투과손실의 경향과 주파수의 크기에 따른 특성을 확인하였으며, 강화유리 출입문과 석고보드 벽체는 전파의 투과에 의한 손실이 거의 없음을 실험 결과를 통해 확인할 수 있었다.

또한 시멘트 벽체는 철근콘크리트 벽체에 비해 비교적 전파 투과 손실이 적은 결과를 보여주었으며 철근콘크리트의 경우는 투과 손실이 많음을 확인할 수 있었다. 마찬가지로 철재 방화문의 경우 또한 투과 손실이 많음을 확인할 수 있었다. 2.4GHz의 전파의 경우 장애물에 의한 투과손실이 424MHz에 비해 작은 것 또한 확인할 수 있었다. 실내 구조물이 있는 공간 및 송달거리 시험에서는 2.4GHz는 전파의 특성상 회절율이 낮으며 Air to Air 상태의 데이터 전송은 PER(Packet Error Rate) 측정에서 일부 감쇠되지만 통신 단절현상은 일어나지 않았다.

## 5. 결론

본 논문에서는 협소거주 공간의 건물 자재 및 구조 특성을 분석하고 이에 따른 무선 통신의 전파 투과율 및 송달거리 측정실험을 통해 최적의 소방작전을 위한 협소거주 공간의 통신 환경 솔루션을 도출하였다.

먼저 협소거주공간의 실내는 콘크리트, 조벽, 샌드위치패널 및 문의 특성이 목조, 합성수지, 철재 방화문 등으로 구성되어 있기에 협소거주공간의 무선통신의 구조적, 공간적 특성을 정의하였으며 이를 바탕으로 424MHz, 2.4GHz 주파수 대역의 전파의 투과손실율과 투과 손실량을 실험을 통해 도출하였다. 이 결과는 향후 협소 거주공간의 무선 통신시스템을 개발하는 연구에 무선통신환경에 대한 분석 자료로 활용이 될 수 있다.

## REFERENCES

- [1] Changwoo Leea, Beakyoul Choi, Jinsung Kim, Yongsun Cho, Juyoul Yoo, "The Study of Simulation for Reproduce Accidents of Narrow Dwelling Space," Journal of the Korea Society of Disaster Information, Vol.12 No.3, pp.210 - 218, 2016
- [2] Kang Soon-Joo, Choi Jung Min, Kim Yu Na, Kim Jin Young, "Residential Needs and Characteristics of Space Usage according to the Lifecycle of Residents in Flexible Apartment Housing," Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design, 32(4), pp.41-48, 2016
- [3] Kweon Oh Sang, Yoo Yong Ho, "Real Scale Experiment For Assessing Fire Model of Office Compartment," Korean Society Of Hazard Mitigation, Vol.12 No.6, pp.61-65, 2012, Dec.
- [4] Tae Kwon Kim, Jong Choel Park, "Analysis of fire hazard of karaoke utilizing the fire simulation," Journal of the Korea Academia Industrial cooperation Society, Vol. 15, No. 5 pp. 2533-2538, 2014
- [5] Yoo Yong Ho, 신현준 외, "Development of Fire Spread Prevention and Escape Safety Design Technique According to Standard Fire Model," Korea Institute Of Construction Technology, 2009, 12.
- [6] Yoo Yong Ho, Choi Young Hwa, Kweon Oh Sang, "Real Scale Fire Test for the Karaoke Fire Risk Analysis," Journal of The Korean Society of Hazard Mitigation, Vol.12 No.6, 2012, Dec
- [7] Lee, Eui Cheol , Lee, Byung Kon , Jung, Gil Soon, "Fire Analysis of the Refrigeration Warehouse by Fire Simulation Program," Journal of The Korean Society of Hazard Mitigation, Vol.12 No.6, 2012, Dec
- [8] Choi Minji, Park Moonseo, Lee Hyunsoo, Hwang Sungjoo, "Analysis of Building Emergency Evacuation Process with

Interactions in Human Behaviors,” Korea Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 4, No. 6, 2013, Nov.

[9] Choi Jung Min, Kang Soon-Joo, Kim Yu Na, Kim Soo Am, “Analysis of Space Preference for Long-life Housing Based on the Characteristics of Residents.” Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design, 32(4), pp.21-32, 2016

---

저자약력

---

**박 현 주(Hyun-Ju Park)** [중심회원]



- 1998년 1월 ~ 2001년 1월 : (주)삼성전자 연구소 연구원
- 2001년 2월 ~ 2014년 6월 : (주)삼성탈레스 연구소 과장
- 2014년 6월 ~ 현재 : (주)인포웍스 대표이사

<관심분야> 정보경영, 정보통신

**홍 상 범(Sang-Beom Hong)** [중심회원]



- 2016년 8월 : 제주국제대학교 글로벌제주학융합대학원 그린차량시스템공학과 (공학석사)
- 중등교원(기계.자동차) 7년 근무
- 2014년 3월 ~ 현재 : 한국폴리텍대학 제주캠퍼스 교수

<관심분야> 정보경영, 정보통신

**최 혁 조(Hyuk-Jo Choi)** [중심회원]



- 2005년 11월 ~ 2007년 1월 : (주)홈캐스트 연구소 연구원
- 2007년 2월 ~ 2008년 3월 : (주)소프트퓨전 연구소 과장
- 2008년 4월 ~ 2015년 11월 : (주)토필드 연구소 부장
- 2016년 9월 ~ 현재 : (주)인포웍스 연구소 수석연구원

<관심분야> 정보경영, 정보통신