실감형 화재관리 서비스 선호도 평가: 저층과 고층 건물 근무자의 선호 차이를 중심으로

Preference Evaluation of Realistic Fire Management Services: Difference in Preferences between Workers in Low- and High-Rise Buildings

최우철* · 김태훈**

Choi, Woo-Chul*, and Kim, Tae-Hoon**

Abstract

This study entailed an evaluation of preferences of workers for aspects of realistic fire management services aimed at providing effective fire prevention and real-time response using conjoint techniques. The analysis of the responses indicated that a combination of real-time disaster-situation dissemination and real-time 3D indoor status information displays was preferred. For workers in both low and high-rise buildings, real-time disaster-situation dissemination within the building received the highest evaluation. Workers in low-rise buildings also showed a preference for the 3D indoor status information displays that provide optimal dynamic evacuation routes. Future studies will include demonstrations of such techniques through local governments to put realistic fire management services into practical use, promoting safe living environments from fire.

Key words : Realistic Fire Management, Digital Twin, Preference Evaluation, Conjoint Analysis

요 지

본 연구는 효과적인 화재 예방 및 실시간 대응을 위해 컨조인트 기법을 활용하여 실감형 화재관리 서비스 선호 평가와 건물 규모별 선호 차이 비교분석을 수행하였다. 전체 응답자 분석 결과, 화재발생 시 건물 내 실시간 재난상황정보 전파, 평시 실시간 3차원 실내 현황정보 제공 시나리오의 부분효용값이 높게 나타났다. 이는 실감형 화재관리 서비스의 핵심으로 디지털트윈과 IoT 기술 기반의 정확하고 신속한 현장정보 전달의 중요도가 높게 평가된 결과이다. 저층과 고층 건물 근무자 선호차이를 비교한 결과, 재난발생 시 저층과 고층 근무자 모두 건물 내 실시간 재난상황정보 전파 시나리오가 가장 높은 평가를 받았다. 웹, 모바일, 층별 대시보드, 방송시스템 등을 통해 화재 발생정보를 재실자에게 신속하고 정확히 전달할 수 있는 시스템화가 필요한 결과로 판단된다. 또한 저층 근무자는 재실자 현황정보 제공과 구역별 최적 동적대피경로 제공 시나리오의 부분효용값이 높게 나타났다. 이는 저층빌딩의 미흡한 피난 공간 및 대피로에 대한 안전 불안감을 해소할 정책적 지원이 필요한 결과로 판단된다. 향후 실감형 화재관리 서비스를 실용화하기 위한 실증, 지자체 확산방안 등의 후속연구가 지속적으로 진행되어, 국민들이 화재로부터 안전한 생활환경을 누릴 수 있기를 기대한다.

핵심용어 : 실감형 화재관리, 디지털트윈, 선호도 평가, 컨조인트 기법

*정회원, 한국건설기술연구원 미래스마트건설연구본부 전임연구원(Tel: +82-31-910-0203, E-mail: wchoi@kict.re.kr)

Member, Ph.D., Research Specialist, Department of Future & Smart Construction Research, KICT

**교신저자, 정회원, 한국건설기술연구원 미래스마트건설연구본부 연구위원(Tel: +82-31-910-0618, Fax: +82-31-910-0030, E-mail: kth@kict.re.kr)

Corresponding Author, Member, Research Fellow, Department of Future & Smart Construction Research, KICT

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

화재는 물적 피해 뿐 아니라 대규모 사상자를 발생하여 국민생활에 큰 위협을 줄 수 있는 재난사고이다. 2021년 이전 덕평물류센터, 2020년 울산 주상복합 아파트, 2019년 김포 요양병원, 2018년 종로 고시원 등에서 대형 화재가 발생하여 다수의 인명과 대규모 재산 피해가 초래된 바 있다. 이들 화재가 발생한 건물들은 3층 노후빌딩(종로 고시원), 33층 아파트(울산 주상복합), 연면적 127,179 m²의 대형 물류센터(덕평물류센터), 노인 및 환자 상주 5층 병원(김포 요양병원) 등 건물 형태 및 규모, 거주/근무자 환경이 너무나 상이하다는 특징을 갖는다. 화재는 때와 장소를 가리지 않으며, 관리소홀, 방화 등 인적 원인에 따라 발생할 수 있는 등 화재예방 시스템이 잘 갖추어져 있더라도 그 위험은 항상 도사리고 있다. 보다 진보된 화재관리 및 대응 서비스가 요구되며, 건물 유형별로 핵심요소를 차등 두어 관리되어야 한다. 또한 IoT, 디지털트윈 등 4차산업혁명기술 중 재난분야에 접목이 가능한 기술요소의 적용으로 철저한 화재 예방 및 실시간 대응을 도모할 필요가 있다.

이에 본 연구는 행정안전부의 실감형재난연구단(과제명: 공간정보 기반 실감 재난관리 맞춤형 콘텐츠 제공 기술) 연구성과를 기반으로 진보화된 실감형 화재관리 서비스를 선정하되, 화재 관련 전문가 200여명을 대상으로 컨조인트 기반의 해당 서비스별 선호 평가를 수행한다. 또한 저층과 고층 근무지별 응답자를 분류하여 실감형 화재관리 서비스의 선호도를 비교 분석한다. 이를 통해 실감형 화재관리 서비스의 세부 서비스별 중요도와 응답자 근무지의 건물 규모별 선호 차이를 파악하여 그 시사점을 도출하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

공간적 범위는 설문 응답자의 직장 건물 층수에 따라 4층 이하 건물을 저층빌딩(저층 주거지 포함)과 5층 이상 건물을 고층 빌딩(주상복합 건물 포함)으로 설정하여 분류하였다. 해당 층수 분류는 「화재예방, 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령」 제25조 공동 소방안전관리자 선임대상 특정소방대상물의 기준으로 활용된다. 해당 특정소방대상물은 업무시설, 교육연구시설, 노유자시설 등 본 연구의 대상인 다중이용시설이 포함되어 있으며, 소방안전관리자의 선임 여부가 화재 관제에 중요한 역할을 함에 따라 해당 기준으로 설정하였다. 내용적 범위로는 IoT, 디지털트윈 등 첨단 기술을 기반으로 한 실감형재난연구단의 연구성과를 활용하여 실감형 화재관리 서비스 및 세부 시나리오를 구성하였다. 연구대상을 기존의 서비스 구상 수준이었던 Choi and Kim (2020) 연구에서 실제 기술 개발된 연구성과 위주로 보완하여 연구의 실용성을 향상시키고자 하였다. 그 결과, 평시에서의 안전정보 제공, 소방점검 및 훈련, 재난

상황에서의 재난상황정보 확인/전파, 최적 피해 저감 대응 등 4대 실감형 화재관리 서비스와 15개의 세부 시나리오 모델이 최종 도출되었다.

연구방법으로는 소방, 화재 관련 전문가 집단 215명을 대상으로 내용적 범위인 실감형 화재관리 서비스의 내재적 선호도를 알아보기 위해 컨조인트 분석을 수행한다. 이를 위해 첫째, 컨조인트 분석의 설문 및 분석 방식과 효용 추정 모형을 선정한다. 둘째, 컨조인트 분석을 위한 속성 및 속성 수준을 설정한 뒤, 셋째, 이를 기반으로 프로파일의 조합을 구성한다. 넷째, 설문을 위한 설문 설계 및 표본을 설정하여 본 설문을 수행한 뒤, 다섯째, 이를 토대로 컨조인트기법 기반의 실증분석을 수행한다. 실증분석의 경우 전체 응답자 대상의 컨조인트 분석 결과를 제시하여 총괄적 선호도를 파악하고, 저층과 고층 빌딩 근무 응답자의 선호 차이를 분석하여 빌딩의 규모별로 실감형 화재관리 서비스 제공방안을 모색하고자 한다.

2. 관련 연구 고찰

선행연구는 내용적 범위인 실감형 화재 관리서비스 관련 연구와 선호도 조사 관련 연구방법론인 컨조인트 분석 관련 문헌을 조사하였다. 실감형 화재 관리 서비스 관련 연구를 살펴보면, Ko et al. (2018)은 재난대응 역량 강화를 위해 위기관리매뉴얼 기반의 재난유형별 발생 시나리오 및 기관별 대응 시나리오의 가이드를 제시하였으나, 기존 재난 시스템 위주로서 고도화된 재난기술에 대한 제시는 미흡한 편이다. Kim and Hong (2018)은 Building Information Modeling (BIM) 기반의 재난통합정보 시스템에서의 주요 설비 관제, 대응, 공간관리 서비스 방안을 제시하였다. BIM과 같은 디지털트윈 기술이 접목되어 미래의 재난 관제 방향성을 제시한 의의를 가지나, 그 대상이 초고층빌딩(또는 주상복합) 위주로서 건물의 절대 다수를 차지하는 저층 빌딩에 대한 대안 제시는 미흡한 편이다. H.J. Kim et al. (2012)은 소방 및 화재 전문가 설문 기반으로 시나리오 요소별 위험성과 적절성에 대하여 평가 분석을 수행하였으나, 주로 피난 위주의 서비스로서 전반적인 화재대응 프로세스는 반영되어 있지 않다. Kim and Youn (2019)은 공간정보 기반의 3D 안전상태정보 플랫폼 아키텍처 설계 연구를 진행하여, 실감형 화재관리 서비스의 기반인 시스템 개발방안을 제시하였다. Choi and Kim (2020)은 공공과 민간 분야의 전문가 인식 차이를 중심으로 실감형 재난대응 서비스 구현방안을 제시하였으며, 그 결과, 공공에서는 안전, 민간에서는 기술 혁신의 가치가 높게 나타났다. 해당 연구는 디지털트윈 기반의 실감형 재난대응 서비스를 처음 제시한 의의를 가지나, 규모별 차별화된 서비스를 제공하기 위한 중요도 차이는 반영되지 못하였다.

현재까지 화재분야 컨조인트 분석 연구는 전무하다고

볼 수 있다. 재난분야는 제공되는 서비스의 내재된 속성 차이보다는 주로 연구자 및 전문가의 직관적이며 주관적인 사고 중심의 연구가 진행되기 때문에 판단된다. 하지만 본 연구의 대상인 근무지 건물 규모와 같이 자신의 생활환경에서 겪으며 자연스럽게 내재되어 평가되는 선호 가치가 서비스 설정에 더욱 중요한 요인이 될 수 있다. 화재분야는 아니더라도 기술 대상의 컨조인트 기반 선호평가 연구는 다수 진행된 바 있다. H.K. Kim et al. (2012)는 U-City 적용기술 평가를 위해 컨조인트 기법을 활용하였다. 스마트 센서의 시장 상황적 유사성을 고려하여 시장성 예측 분석을 수행하였다. Lee et al. (2020)는 하이퍼튜브 초고속철도에 대한 선호 구조를 파악하기 위해 컨조인트 분석을 수행하였다. 다양한 속성에 대한 이용자 가치 추정이 가능하며 다속성 결합분석이 가능한 컨조인트 분석을 통해 신교통수단에 대한 이용자 선택, 교통수요 예측 등을 분석할 수 있었다. Kim et al. (2020)은 Virtual Reality (VR) 장비를 활용하여 컨조인트 분석 기반의 도시광장 선호도 연구를 수행하였다. 기술 자체에 대한 선호 평가는 아니지만, VR을 접목한 가상환경을 피실험자에게 제공하여 연구 신뢰도를 높은 의의를 갖는다. Konig et al. (2018)은 컨조인트 분석 기반의 Ridepooling 서비스(사용자 중심 대중교통 서비스)의 선호도를 평가하였다. 도시 이동성 향상을 위한 신개념 기술 서비스에 대한 정책 방향을 제시한 의의를 갖는다. 이와 같이 컨조인트 기법은 점차 다양한 기술 분야에서 미래 혁신기술 선정을 위한 정책 결정의 주요 연구방법론으로 활용되고 있다.

3. 모형 설계

3.1 컨조인트 분석 개요

항목 간 중요도를 분석하는 대표적인 방법론으로 다기준 의사결정법(Multi Criteria Decision Making, MCDM)이 있다. 그중 학계, 산업계 등 전반적으로 가장 많이 활용되는 Analytic Hierarchy Process (AHP) 분석은 쌍대비교를 통해 평가자의 경험, 지식에 대한 포착에 의한 과학적 우선순위 도출이 가능한 방법이다. 허나 AHP 기법은 해당 분야 및 설문구조에 대한 전문성 확보가 반드시 필요하여 대중적으로 활용하기에는 한계가 있으며, 항목간의 직관적인 평가 방식임에 따라 평가자의 내재된 선호가치 측정은 어렵다는 단점을 갖는다. 본 연구에서 활용하고자 하는 컨조인트 분석은 다양한 요소별 개별 가치 및 최적의 조합을 도출하는데 용이하다. 응답자의 내재된 선호도인 숨은 가치(part-worth)를 예측하여, 요소별 선택 또는 비선택하는 갈등상황에 대한 대체판단이 가능한 장점을 갖는다. 화재분야 역시 다소 정형화된 방법론에서 벗어나, 컨조인트 분석을 통해 응답자의 내재된 선호가치를 추정하고 이를 실제 서비스에 반영하는 노력이 필요할 것으로 판단된다.

본 연구의 내용적 범위는 총 4개의 실감형 화재관리 서비스

스별(속성) 15개의 세부 시나리오 모델(속성수준)로 구성되며, 한정된 재원에 따라 우선순위 선정 및 요소 결합을 통한 조합 설정이 필요하다. 또한 컨조인트 기법은 목적에 따라 응답자를 분류하여 분석이 가능하여, 본 연구는 저층과 고층 건물 근무자의 선호 차이를 비교 분석하고자 한다.

3.2 컨조인트 모형 설계

컨조인트 분석은 Luce and Turkey (1964)에서 처음 제시된 컨조인트 측정이론을 토대로 개발되었다. 초기 컨조인트 기법은 소비자의 내재된 선호 파악을 위한 마케팅 분야에서 주로 활용되었으나, 경영과학, 사회과학, 제품관리 등 응용과학 분야로 그 범위가 넓혀지고 있는 추세이다. 본 연구는 학계에서 통상적으로 사용되는 평정형 컨조인트 기법(Rating-Based Conjoint, 이하 RBC)을 활용하였다. RBC 중 선호순위 매점과 선호점수 매점 방식으로 분류되는데, 본 연구는 속성 및 속성수준 개수를 고려하여 성실한 설문응답 유도를 위해 선호점수 매점방식을 사용하였다. 자료 수집 방법으로는 모든 속성을 고려하는 Full Profile 방식을 활용하되, 프로파일 개수가 많을 경우 설문지의 성실성, 효과성이 저하되므로 직교설계에 의한 부분요인 설계 기반의 Partial Profile 방식을 활용하였다.

컨조인트 모형의 가치측정 개념의 기반인 효용(Utility)은 속성들의 수준별 부여된 가치이며, 속성 결합 시 효용이 형성되는 하나의 관계로 표현이 가능하다. 본 연구에서 활용한 부분가치 모형은 몇 개의 대표적인 수준을 선택한 뒤 각 수준에서의 효용을 모수로써 추정하는 기법으로, 부분가치 합산을 통해 다수 대안에서의 선호 정도를 비교할 수 있는 장점을 갖는다. 부분가치 모형은 속성 및 속성별 수준들을 결합한 프로파일을 생성한 뒤, 해당 프로파일을 카드 형태로 응답자에게 제시한 결과가 선호도에 따른 순위로 부여된다. 이를 기반으로 회귀분석을 통해 프로파일에 부여된 순위를 설명하기 위한 속성별 부분가치가 추정된다. 부분가치 모형의 계산식은 Eq. (1)과 같다.

$$S_j = \sum_{p=1}^t F_p(Y_{jp}) \quad (1)$$

여기서의 S_j 는 효용 함수이며, F_p 는 Y_{jp} 의 부분가치, Y_{jp} 는 j 번째 수준을 나타낸다. 이 때 각 속성의 최대, 최소 부분가치의 차가 가장 큰 속성이 속성 간 중요도가 큰 것으로 판단한다 (Lee, 2014).

3.3 속성 및 속성수준

본 컨조인트 분석의 속성은 평시에서의 안전정보 제공(상태 모니터링), 소방점검 및 훈련(사전예방), 재난상황에서의 재난상황정보 확인/전파(상황 전파), 최적 피해 저감 대응(현장 대응) 등 4대 실감형 화재관리 서비스로 설정하였다.

Table 1. The Realistic Fire Service

Time	Service	Scenario model
Ordinary times	1) The safety information provision service	1-1) Real-time 3D indoor status information
		1-2) Occupant status information
		1-3) Safety status information for each space
		1-4) Smartphone remote monitoring
	2) Fire inspection and training services	2-1) Damage prediction simulation
		2-2) AR-based firefighting facility inspection service
		2-3) Virtual disaster training system
		2-4) Disaster response manual system
A disaster situation	3) The disaster situation information confirmation/spread service	3-1) Confirmation of real-time disaster situation information by the manager
		3-2) Spread of real-time disaster situation information within the building
		3-3) Spread of emergency disaster situation information to related organizations
	4) The optimal damage reduction response service	4-1) Optimal dynamic evacuation route for each area
		4-2) Optimal response by mobile-based response team
		4-3) Update of real-time disaster situation information for related organizations
		4-4) Damage spread real-time response information

속성수준의 경우 각 서비스별 세부 시나리오 모델 총 15개로 설정되었다. 첫째, 안전정보 제공 서비스는 실시간 3차원 실내 현황정보 제공, 재실자 현황정보 제공, 공간별 안전상태 정보 제공, 스마트폰 원격 모니터링이며, 둘째, 소방점검 및 훈련 서비스는 피해예측 시뮬레이션, 증강현실(Augmented Reality, 이하 AR) 기반 소방시설 점검 서비스 제공, 가상 재난훈련 시스템 구축, 재난대응 매뉴얼 시스템 구축이다. 셋째, 재난상황 정보 확인/전파 서비스는 관리자 실시간 재난상황 정보 확인, 건물 내 실시간 재난상황 정보 전파, 유관기관 긴급 재난상황 정보 전파이며, 넷째, 최적 피해 저감 대응 서비스는 구역별 최적 동적대피경로 제공, 모바일 기반 대응팀별 최적 대응방안 제공, 유관기관 실시간 재난상황 정보 갱신, 피해 확산 실시간 대응정보 제공으로 구성되었다(Table 1).

3.4 프로파일

앞서 선정한 속성 및 속성수준을 토대로 응답자에게 제시할 조합인 프로파일을 구성하였다. 본 연구는 속성 4개, 속성별 수준이 3~4개로 구성되어, 조합 가능한 전체 프로파일 경우의 수는 $192(4 \times 4 \times 4 \times 3)$ 이다. 조합 전체를 평가하는 것은 응답자의 성실성 및 연구 신뢰성을 감소시킬 여지가 크다. 이에 전체 대안을 사용하지 않고도 개별 특성요인의 선호도를 수량화하는 직교배열(Orthogonal Array) 기반의 부분요인 설계(Fractional Factorial Design)를 통해 프로파일 수를 줄이고자 하였다. SPSS Statistics 25.0 직교디자인 생성 기능을 통해 192개 조합 중 분석에 활용되는 16개의 주된 프로파일을 도출하였다(Table 2). 설문 시 해당 프로파일별 세부 시나리오 요소에 대한 삽화를 함께 삽입하여

응답자의 이해도를 높이고자 하였다.

3.5 표본 수집

본 연구의 설문은 리서치 업체에 의뢰하여 2020년 11월 2일~15일, 2주간 온라인으로 진행되었다. 컨조인트 분석은 설문 응답자의 내재된 대안별 효용가치를 산정하므로, 무엇보다 실감형 화재관리 서비스의 이해 및 인지가 필수이다. 이에 소방 관련 기관 근무자(소방학교 등), 연구원 등 화재 관련 종사자를 평가자로 설정하였다. 불성실한 응답을 제외한 유효표본은 총 215개이며, 연구 목적에 따라 분류된 근무지별 응답자는 저층 건물 근무자 146명, 고층 건물 근무자 69명으로 구성되었다.

4. 실증분석

4.1 인구 통계학적 특성

유효표본 215명 중 남성의 비중(145명, 67.4%)이 여성(70명, 32.6%)보다 다소 높게 구성되었다. 연령의 경우 20대(95명, 44.2%)와 30대(84명, 39.1%)가 80%가 넘어 편중된 구성비를 보였다. 남성 위주 화재 관련 종사자의 구성과 온라인 설문의 특수성이 반영되어 젊은 층 위주의 응답 비율이 반영된 것으로 판단된다. 이에 본 연구의 분석 결과를 국민 전체 또는 소방 화재 분야 전체의 결과로 일반화하기에는 한계가 있을 것으로 사료된다. 주요 분석 목적인 평가자의 근무지 건물 규모를 살펴보면, 4층 이하 저층 빌딩에 근무하는 응답자는 146명, 5층 이상 고층 빌딩 근무 응답자는 69명이다. Seo (2018) 연구에 따르면, 컨조인트 분석 시 표본 수가 50개 이상일 경우 모집단의 예측 정확도가 60%를

Table 2. Profile List

ID	Ordinary times		A disaster situation	
	The safety information provision service	Fire inspection and training services	The disaster situation information confirmation/dissemination service	The optimal damage reduction response service
1	Real-time 3D indoor status information	Damage prediction simulation	Confirmation of real-time information by the manager	Optimal dynamic evacuation route for each area
2	Safety status information for each space	Virtual disaster training system	Confirmation of real-time information by the manager	Update of real-time information for related organizations
3	Smartphone remote monitoring	Disaster response manual system	Confirmation of real-time information by the manager	Damage spread real-time response information
4	Occupant status information	AR-based firefighting facility inspection service	Confirmation of real-time information by the manager	Optimal response by mobile-based response team
5	Occupant status information	Disaster response manual system	Spread of urgency information to related organizations	Optimal dynamic evacuation route for each area
6	Smartphone remote monitoring	Virtual disaster training system	Spread of real-time information within the building	Optimal dynamic evacuation route for each area
7	Safety status information for each space	AR-based firefighting facility inspection service	Confirmation of real-time information by the manager	Optimal dynamic evacuation route for each area
8	Real-time 3D indoor status information	Disaster response manual system	Confirmation of real-time information by the manager	Update of real-time information for related organizations
9	Smartphone remote monitoring	Damage prediction simulation	Confirmation of real-time information by the manager	Optimal response by mobile-based response team
10	Real-time 3D indoor status information	Virtual disaster training system	Spread of urgency information to related organizations	Optimal response by mobile-based response team
11	Occupant status information	Virtual disaster training system	Confirmation of real-time information by the manager	Damage spread real-time response information
12	Occupant status information	Damage prediction simulation	Spread of real-time information within the building	Update of real-time information for related organizations
13	Safety status information for each space	Damage prediction simulation	Spread of urgency information to related organizations	Damage spread real-time response information
14	Safety status information for each space	Disaster response manual system	Spread of real-time information within the building	Optimal response by mobile-based response team
15	Smartphone remote monitoring	AR-based firefighting facility inspection service	Spread of urgency information to related organizations	Update of real-time information for related organizations
16	Real-time 3D indoor status information	AR-based firefighting facility inspection service	Spread of real-time information within the building	Damage spread real-time response information

상회하고, 100개 이상일 경우 65%에 수렴되는 것으로 제시하고 있다. 본 연구의 경우 고층빌딩에 비해 저층빌딩 근무 응답자가 상대적으로 많은 편이나, 두 집단 모두 표본 수가 50개 이상임에 따라 예측 정확도 면에서는 크게 차이가 나지 않을 것으로 판단된다. 또한 남성 및 젊은 층의 높은 비중에 따라 본 연구의 분석결과를 모집단으로 일반화하기에는 어려울 것으로 보이나, 응답자 특성에 따른 대안별 선호 경향 파악은 가능할 것으로 판단된다.

4.2 전체 응답자 대상 분석결과

전반적인 평가자의 실감형 화재관리 서비스(속성) 및 시나리오 모델(속성수준)의 선호 정도를 파악하기 위해 전체 응답자 215명 대상 컨조인트 분석을 수행하였다. 신뢰도 검증을 위한 켄달의 타우(Kendall's tau)는 0.733으로 프로파

일이 타당성이 양호한 편으로 나타났으며, 모형의 적합도를 나타내는 피어슨 상관계수(Pearson's R)는 0.924로 통계적 적합도가 매우 높은 것으로 분석되었다. 켄달의 타우, 피어슨 상관계수 모두 유의확률(p) 0.001 수준에서 유의한 것으로 나타났다. 속성별 중요도 중 재난상황정보 확인/전파 서비스가 40.9%로 가장 높게 분석되었으며, 세부 시나리오에서는 건물 내 실시간 재난상황정보 전파가 부분효용 0.089로 가장 높게 분석되었다. 이는 무엇보다 건물 내 재실자 대피를 위한 신속하고 정확한 현장상황 전달을 가장 중요하게 판단한 응답자의 평가가 내재된 결과로 해석 가능하다. 평시 상황에서의 안전정보 제공 서비스와 소방점검 및 훈련 서비스는 각각 27.5%, 24.7%의 중요도를 갖는 것으로 분석되었다. 특히 실시간 3차원 실내현황정보 제공의 부분효용은 0.059로 높게 분석되었다. 이는 평시 상황에서의 실시간

Table 3. Analysis Result (All Respondents)

Service	Scenario model (code)	Part-worth	Max-min	Importance
The safety information provision	1-1	.059*	0.10	27.5%
	1-2	.017		
	1-3	-.038		
	1-4	-.038		
Fire inspection and training	2-1	-.008	0.09	24.7%
	2-2	-.039		
	2-3	.000		
	2-4	.047*		
The disaster situation information confirmation/spread	3-1	-.034	0.14	40.9%
	3-2	.089*		
	3-3	-.055		
The optimal damage reduction response	4-1	.010*	0.02	6.9%
	4-2	.003		
	4-3	.000		
	4-4	-.014		

*optimal combination

※ Pearson's R = 0.924 (p < .001), Kendall's tau = 0.733 (p < .001)

센싱정보의 취득이 화재 발생의 징조를 찾거나 사전 대응이 가능하고, 디지털트윈 기반 3차원 정보 제공을 통해 보다 정밀한 시설 모니터링이 가능할 것으로 판단된 결과이다. 재난대응 매뉴얼 시스템 구축 역시 상대적으로 높은 부분효용(0.047)을 갖는다. 이는 1년 2회 개최되는 소방훈련 및 기존 매뉴얼에 대한 숙지가 어렵기 때문에 재난대응절차(Standard Operating Procedure, 이하 SOP) 기반의 재난대응 매뉴얼 시스템화의 요구가 내재된 결과로 해석 가능하다. 재난상황 시 최적 피해 저감 대응 서비스의 중요도는 6.9%에 그쳤다. 시나리오에서는 구역별 최적 동적대피경로 제공의 부분효용이 0.010로 상대적으로 높았으나, 변별력이 큰 결과는 아니다. 화재를 사전에 예방하고 화재가 발생하더라도 초기에 진압, 대응할 수 있는 화재관리 서비스의 요구가 보다 큰 것으로 판단되는 결과이다.

각 속성별 부분효용값이 가장 높은 실감형 화재관리 서비스 시나리오 요소를 선별하여 최적의 속성 조합을 선정하였다. 그 결과, 평시 안전정보 제공 서비스의 실시간 3차원 실내 현황정보 제공(0.059), 소방점검 및 훈련 서비스의 재난대응 매뉴얼 시스템 구축(0.047), 재난상황 정보 확인/전파 서비스의 건물 내 실시간 재난상황정보 전파(0.089), 최적 피해 저감 대응 서비스의 구역별 최적 동적대피경로 제공(0.010)으로 선정되었다. 이는 실감형 화재관리 서비스 패키지 개발 및 한정된 예산 내에서의 서비스 시나리오 선정 시 참조 가능할 것으로 판단된다(Table 3).

4.3 저층과 고층 건물 근무자 선호 차이

본 연구의 공간적 범위 분류 기준인 저층(4층 이하)과 고층(5층 이상) 건물은 소방법 시행령에 따라 공동방화관리 장소, 피난설비, 소화활동설비 등을 설치해야 되는 분류 기준이 된다. 또한 고층 건물 일수목 안전관리자 및 관제실의 확보, 정밀한 화재관리 체계 등 화재관리 측면에서의 장점을 클 것으로 판단된다. 이는 곧 건물 규모별 상주하는 근무자의 위험 인식과 더불어 실감형 화재관리 서비스별 선호에도 영향을 끼칠 것으로 판단된다. 이에 저층과 고층 건물 근무환경에 따른 컨조인트 비교 분석을 수행하고자 한다.

컨조인트 분석 중 실감형 화재관리 서비스, 즉 속성별 중요도를 비교한 결과, 저층 근무자는 재난상황정보 확인/전파 서비스의 중요도가 45.8%로 가장 높게 나타났지만 고층 근무자는 29.7%에 그쳤다. 고층 근무자에게 가장 중요하게 평가된 서비스는 평시 안전정보 제공 서비스(35.1%)였다. 저층 근무자에게는 화재 발생 시 초기 안전한 대피를 위한 실시간 현황 정보 취득의 중요도가 높게 평가된 결과로 해석 가능하다. 이에 반해 고층 근무자는 평시 안전정보 제공 등 건물 공간별 면밀한 안전상태 모니터링을 통해 예방적 화재관리 중요도를 높게 평가한 것으로 보인다. 저층 근무자는 1순위 재난상황정보 확인/전파 서비스 외 2순위 평시 안전정보 제공 서비스(22.6%), 3순위 재난상황 최적 피해 저감 대응 서비스(16.1%), 4순위 평시 소방점검 및 훈련 서비스(15.5%)의 중요도가 큰 편차없이 고르게 평가되었다. 하지만 고층 근무자의 경우 1순위 평시 안전정보 제공 서비스(35.1%), 2순위 재난상황정보 확인/전파 서비스

Table 4. Analysis Result (Low/High-Rise Comparison)

Service	Scenario (code)	Low-rise building worker (n = 146)		High-rise building worker (n = 69)	
		Part-worth	Importance	Part-worth	Importance
The safety information provision	1-1	.020	22.6%	.141	35.1%
	1-2	.033		-.016	
	1-3	-.040		-.033	
	1-4	-.013		-.092	
Fire inspection and training	2-1	-.011	15.5%	-.002	29.1%
	2-2	-.026		-.069	
	2-3	.024		-.051	
	2-4	.012		.123	
The disaster situation information confirmation/spread	3-1	-.059	45.8%	.021	29.7%
	3-2	.089		.088	
	3-3	-.030		-.109	
The optimal damage reduction response	4-1	.029	16.1%	-.029	6.1%
	4-2	-.001		.011	
	4-3	-.005		.011	
	4-4	-.023		.007	

(29.7%), 3순위 평시 소방점검 및 훈련 서비스(29.1%)와 달리 4순위 재난상황 최적 피해 저감 대응 서비스의 중요도는 6.1%에 그쳤다. 고층 근무자 일수록 평시 또는 화재발생 초기대응의 중요도를 높게 평가한 결과로 해석 가능하다.

실감형 화재관리 세부 시나리오, 즉 속성별 부분효용값을 비교한 결과, 평시의 경우 고층 근무자는 3차원 실내 현황정보 제공(0.141)과 재난대응 매뉴얼 시스템 구축(0.123) 시나리오에 높은 선호도를 갖고 있다. 상시 건물 내 공간 및 시설의 이상유무 점검, 예방적 화재관리에 대한 높은 중요도가 내재된 결과로 해석 가능하다. 저층 근무자는 재실자 현황정보의 부분효용값(0.033)이 가장 높게 나타났는데, 이는 화재 발생 시 상대적으로 피난 대피로가 체계화되어 있지 않고 공간별 재실여부 확인이 어려운 저층 빌딩의 구조적 문제가 응답자에게 내재된 결과로 해석된다. 재난상황의 경우 저층, 고층 근무자 모두 건물 내 실시간 재난상황정보 전파 시나리오의 부분효용값(저층: 0.089, 고층: 0.088)이 가장 높게 분석되었다. 건물 내 재실자에 대한 화재 발생 초기 대피를 위한 정보 전달의 중요성이 다시 한번 강조된 결과이다. 한가지 더 눈여겨 볼 점은 저층 근무자의 경우 구역별 최적 동적대피경로 제공 시나리오의 부분효용값(0.029)이 상대적으로 높게 나타났다. 앞서 설명한 저층빌딩의 미흡한 피난 공간 및 대피로에 대한 안전 불안감이 저층 근무자에게 내재된 결과로 판단된다(Table 4).

5. 결 론

본 연구는 국민안전에 큰 위협이 되는 화재사고를 대상으

로 효과적인 사전예방 및 실시간 대응을 위해 컨조인트 기법을 활용하여 실감형 화재관리 서비스 선호 평가를 수행하였다. 또한 저층과 고층 건물 상주 근무자의 내재된 선호 차이를 파악하고자 응답자 분류에 따른 컨조인트 비교분석을 함께 수행하였다.

전체 응답자 분석 결과, 속성별 중요도에서는 재난상황정보 확인/전파 서비스가 1순위로 분석되었다. 세부 시나리오에서는 화재발생 시 건물 내 실시간 재난상황정보 전파, 평시 실시간 3차원 실내 현황정보 제공 시나리오의 부분효용값이 높게 나타났는데, 이는 정확하고 신속한 현장정보에 대한 전달의 중요도가 높게 평가된 결과이다. 이는 실감형 화재관리 서비스의 핵심 기술로써 디지털트윈과 IoT 기술이 화재관리에 불가결한 요소임이 드러난 결과로 판단된다. 또한 재난대응 매뉴얼 시스템 구축 시나리오 역시 상대적으로 높은 선호가치를 보였는데, 이는 소방훈련, 기존 매뉴얼에 대한 숙지가 어려움에 따라 SOP 기반 매뉴얼 시스템화의 요구가 내재된 결과로 해석된다.

저층과 고층 건물 근무자 선호차이를 비교한 결과, 속성별 중요도의 경우 저층 근무자는 화재 발생 시 초기 대피를 위한 실시간 현황정보 취득에 대한 중요도가 가장 높았지만, 고층 근무자는 평시 안전상태 모니터링을 통한 예방적 화재 관리 중요도를 가장 높게 평가한 차이를 보였다. 세부 시나리오의 경우 재난발생 시 저층과 고층 근무자 모두 건물 내 실시간 재난상황정보 전파 시나리오가 가장 높은 평가를 받았다. 웹, 모바일, 층별 대시보드, 방송시스템 등을 통해 화재 발생정보(발생 위치, 확산 정도 등)를 재실자에게 신속하고 정확히 전달할 수 있는 시스템화가 필요한 결과로

판단된다. 또한 저층 근무자는 재실자 현황정보 제공과 구역별 최적 동적대피경로 제공 시나리오의 부분효용값이 높게 나타났다. 이는 저층빌딩의 미흡한 피난 공간 및 대피로에 대한 안전 불안감을 해소할 정책적 지원이 필요한 결과로 판단된다.

본 연구는 디지털트윈, IoT 등 진보화된 화재 관련 기술이 접목된 실감형 화재관리 서비스를 저층과 고층 선호도를 비교 파악하였다는 의의를 갖는다. 하지만 건물 규모에 대한 분류를 층수로만 제한하여 연면적, 상주인원 등의 추가적인 화재 영향요인은 고려되지 못하였다. 또한 방법론적으로 속성수준 설정 시 기술의 수준이 반영되기 보다는 세부 시나리오 요소의 결합으로 구성되었으며, 표본 선정 시 남성, 젊은층, 저층 근무자의 비중이 높아 분석결과를 모집단으로 일반화하기 어렵다는 한계를 갖는다. 이러한 한계를 극복하고 본 연구를 개선하여, 향후 연구에서는 저층과 고층빌딩, 또는 보다 세분화된 규모별 실감형 화재관리 서비스의 인식 개선 및 구체적인 실증방안 연구가 진행되어야 할 것이다. 또한 실감형 화재관리 서비스의 실용화를 위한 지자체 실증, 상용화 및 확산방안 등의 후속연구가 지속적으로 진행되어, 국민들이 화재로부터 안전한 생활환경이 구축되기를 기대한다.

감사의 글

본 연구는 행정안전부 공간정보 기반 실감 재난관리 맞춤형 콘텐츠 제공 기술개발사업의 연구비지원(과제번호 21DR MS-B146826-04)에 의해 수행되었습니다.

References

- Choi, W.C., and Kim, T.H. (2020). Study of realistic disaster management service implementation plan: Focusing on differential views in public and private experts. *Journal of the Korean Academia-Industrial cooperation Society*, Vol. 21, No. 6, pp. 625-633. doi:10.5762/KAIS.2020.21.6.625
- Kim, H.J., Lee, S.H., Kim, I.H., and Hong, W.H. (2012). A study on the evaluation index through weight analysis of fire and egress scenario factors: Focused on high-rise mixed-use apartment. *Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design*, Vol. 28, No. 12, pp. 371-378.
- Kim, H.K., Kim, J.H., Kwak, Y.C., and Jung, C.M. (2012). A study on the method for economic efficiency analysis of U-City technologies - by using conjoint analysis. *Journal of Korea Planning Association*, Vol. 47, No. 2, pp. 171-186.
- Kim, J.E., and Hong, C.H. (2018). A study on the application service of 3D BIM-based disaster integrated information system management for effective disaster response. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol. 19, No. 10, pp. 143-150.
- Kim, S., Kim, J., and Kim, B. (2020). Immersive virtual reality-aided conjoint analysis of urban square preference by living environment. *Sustainability*, Vol. 12, No. 16, 6440.
- Kim, T.H., and Youn, J.H. (2019). A study on 3D safety state information platform architecture design for realistic disaster management based on spatial information. *Journal of the Korean Academia-Industrial cooperation Society*, Vol. 20, No. 4, pp. 564-570. doi:10.5762/KAIS.2019.20.4.564
- Ko, M.J., Kwak, C.J., Seo, B.R., and Choi, W.J. (2018). A study on an establishment of scenario for the disaster response training. *Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation*, Vol. 18, No. 2, pp. 115-126. doi:10.9798/KOSHAM.2018.18.2.115
- Konig, A., Bonus, T., and Gripenkoven, J. (2018). Analyzing urban residents' appraisal of ridepooling service attributes with conjoint analysis. *Sustainability*, Vol. 10, No. 10, 3711.
- Lee, K.S., Kang, S.M., Eom, J.K., Kim, H.M., and Lee, K.S. (2020). Analysis of HTX (Hyper Tube eXpress) preference and marginal willingness to pay using the conjoint theory. *Journal of the Korean Society for Railway*, Vol. 23, No. 10, pp. 1014-1027.
- Lee, W.C. (2014). *Derivation study of urban-rehabilitation strategies and planning factors for waterfront areas in consideration of revitalization*. Ph.D. dissertation, Hanyang University.
- Luce, R., and Turkey, J. (1964). Simultaneous conjoint measurement: A new type of fundamental measurement. *Journal of Mathematical Psychology*, Vol. 1, pp. 1-27.
- Seo, S.Y. (2018). A study on the predicting utility for incomplete response in the traditional conjoint analysis based on the case based reasoning. *Korean Management Review*, Vol. 47, No. 1, pp. 25-43.

Received	September 10, 2021
Revised	September 13, 2021
Accepted	September 29, 2021