

유비쿼터스 건물 화재안전시스템을 위한 성능지수 개발

- 스프링클러 시스템을 중심으로 -

김 종 훈 · 노 삼 규
광운대학교 건축학과

Development of Performance Index for Ubiquitous Building Fire Safety System

- Focused on Sprinkler System -

Jong-Hoon Kim · Sam-Kew Roh
Kwangwoon University

요 약

실시간으로 건물의 소방시스템에 대한 관리를 위해서는 어느 부분에서 이상상태가 나타났다고 한다면, 그 부분에서 이상이 발생되었기 때문에 부분적, 그리고 전체적으로 화재안전성능수준이 얼마나 하락되었는지를 나타 낼 수 있는 성능지수의 계산 체계가 필요하다. 이러한 성능지수의 체계는 정보를 받아보는 사람들이 시스템에서 발생한 이상이 전체적인 안전수준 하락에 얼마나 영향을 주는 것인지를 쉽게 인지할 수 있도록 하는 데에 기여할 수 있다. 이러한 결과는 건물의 화재안전수준을 나타내는 효율지표로 사용될 수 있을 뿐만 아니라, 광대역규모의 소방 관리에서도 활용도 높은 지수로 사용될 것이라 생각된다. 본 지수 산정체계는 U-건물 소방방화시설관리 운용시스템의 성능 효율지수 산정을 위한 시스템으로 개발되었다.

1. 서 론

유비쿼터스 기술을 응용하여 건물에 대한 소방시스템의 관리상황을 모니터링하고 문제 발생에 빠르게 대응할 수 있는 기술의 개발은 현재 진행 중에 있다.¹⁾ 이러한 건물의 소방시스템에 대한 관리를 위해서는 소방시스템의 성능수준을 나타낼 수 있는 지표가 필요하다. 즉 어느 부분에서 이상상태가 나타났다고 한다면, 그 부분에서 이상이 발생되었기 때문에 부분적, 그리고 전체적으로 화재안전성능수준이 얼마나 하락되었는지를 나타 낼 수 있는 성능지수의 계산 체계가 필요한 것이다.²⁾ 이러한 성능지수의 체계는 정보를 받아보는 사람들이 시스템에서 발생한 이상이 전체적인 안전수준 하락에 얼마나 영향을 주는 것인지를 쉽게 인지할 수 있도록 하는 데에 기여할 수 있다. 또한 광대역 규모의 건물 화재안전정보에 대한 관리를 할 경우에도 이러한 지수의 계산 및 평가 체계는 매우 유용한 분

류 및 의사결정 기준이 될 수 있다. 이러한 결과는 건물의 화재안전수준을 나타내는 효율 지표로 사용될 수 있을 뿐만 아니라, 광대역 규모의 소방 관리에서도 활용도 높은 지수로 사용될 것이라 생각된다. 이러한 체계의 구성을 위해 건물의 화재안전에 관한 시설을 분류하고, 시스템의 상위부터 하위까지를 분석하여 계층을 구분하고 계산 단위를 설정하였다. 또한 각 단위의 영향을 계산하는 체계를 구성하여, 지수계산체계 및 결과의 평가 체계도 구축하였다. 본 연구에서 개발하고 있는 지수 산정체계는 U-건물 소방방화시설관리 운용시스템의 성능 효율지수 산정을 위한 시스템을 위한 것으로, 실시간 USN네트워크의 정보전송을 받아 처리하기 위한 부분적 체계로 개발된 것이다.

3. 건물 소방방화시설의 구분

건물에 화재안전의 성능을 부여하여 화재안전수준을 유지하고자 하는 수단으로는 소방 시설들이 있다. 소방시설 설치유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령의 별표1을 보면, 소방시설을 5가지 그룹으로 나누고 각각에 25가지로 구분하고 있다. 그러나 이러한 구분은 소화설비에 관한 부분이며, 건물의 화재안전수준 유지를 위한 성능 부여 체계라는 관점에서 볼 때 소화설비 부분에 더하여 방화구획 화에 기여하는 부분도 포함되어야 한다. 그러므로 추가적인 부분을 포함하여 구성하였다.

4. 지수계산을 위한 체계구성

본 시스템은 시스템의 특정부위에서 이상이 발생하였을 경우 이로 인한 성능의 저하를 지표로 나타내는 것에 목적이 있다. 그러므로 이상 발생의 원인으로부터 이상이 발생되어, 세부단위의 점수가 변화하게 되고 이는 각 단위별로 부여된 점수로 환산되고 가중치가 적용되어 계산이 진행되게 된다. 또한 이상발생의 원인은 세부적인 원인이 모여 직접 이상 발생의 원인이 될 수 있으므로, 이를 고려하여 계층에 대한 개념을 도식화하면 다음 그림 2와 같이 나타낼 수 있다. 위에서 이상상태의 발생은 고장이나 분실 등의 원래 설정된

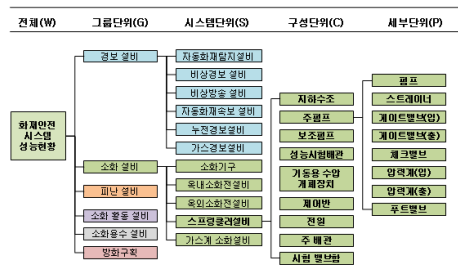


그림 1. 시스템 구성 체계

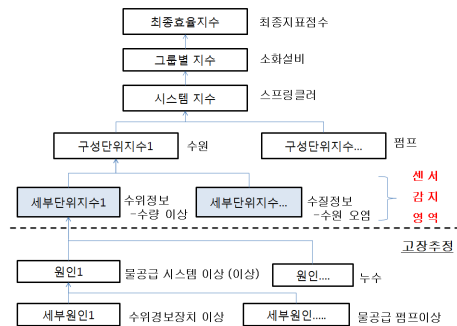


그림 2. 효율지수 계층 구성 및 고장 추정 영역

기능이 실패하는 상황을 의미한다. 전체 시스템에서 이상의 발생은 유비쿼터스 센서 네트워크를 통해 감지되고 판단되도록 구성이 되어있다. 그러므로 이상의 발생 유무는 센서에 의해 감지되는 정보와 이를 통한 판단에 의해 결정되는 것이며, 이 판단의 결과를 반영하여 각 지수를 계산하고 이 지수화된 정보를 다른 정보와 함께 대상자에게 전달하게 되는 것이다.

5. 건물 화재안전 시스템 성능 지수계산 체계 설계

최종적인 건물 화재안전 시스템 효율지수 산정을 위한 계산 체계의 구성은 위에서 설명한 계층적 구성과 같다. 즉 계산 체계는 5개의 단위로 구성이 되며, 각 단위별로 계산 방식이 있다. 전체적인 단위계산의 순서는 다음과 같다. 세부단위의 계산에서 점수는 미리 부여된 것으로 그 기능 이상의 여부는 센서를 통해 들어온 정보를 판단하여 결정되게 된다. 세부단위의 점수는 그 중요도에 따라 구분되고 이에 의하여 미리 결정되게 된다. 각 단위별의 구성요소들이 그 단위가 목표하는 바에 기여하는 정도에 따라 3가지로 구분하며, 이는 표 1에서 보는바와 같이 직접, 보조, 간접으로 나뉜다.

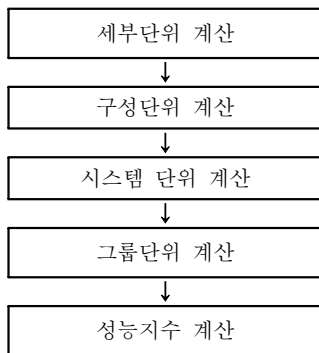


그림 3. 성능지수계산 절차

표 1. 목표 기여 구분

구분	내용
직접	단위가 목표하는 바에 직접 기여한 경우, 만약 이상 발생시 그 단위는 목표하는 바에 도달할 수가 없다.
보조	단위가 목표하는 바에 직접으로 기여하지는 않지만 보조적으로 참여하고 있는 요소를 의미한다. 만약 이상이 발생한다고 하더라도 그 단위가 목표하는 성능은 부분적으로 구현될 수 있다.
간접	단위가 목표하는 바에 직접 또는 보조적으로 기여를 하지 않지만, 간접적으로 기여하는 경우로 대부분 그 단위의 성능을 유지관리하는 데 필요한 역할을 하고 있는 경우가 많다. 만약 이상이 발생하더라도 그 단위가 목표하는 성능에 도달하는 데에는 직간접적인 기여가 없다. 다만 시스템의 유지관리에 관련된 부분에 기여하는 것이다.

위의 구분으로 인해 산정된 세부단위의 점수를 기준으로 하여 구성단위 수준의 점수를 계산하게 된다. 이에 대한 수식은 다음 수식 (1)과 같다.

$$EC_x = (1-C_xP_1)(1-C_xP_2)\dots(1-C_xP_n) \quad (1)$$

EC_x : 구성단위 최종지수 C_xP_n : n 항목의 점수

산정된 구성단위의 점수는 시스템 단위의 점수로 계산된다. 시스템 단위의 최종지수의 산정에서 구성단위의 점수는 그 중요도를 고려하게 된다. 이에 대한 방식으로 구성단위 점수에 가중치 점수를 부여하여 그 중요도에 따라 점수를 보정하게 되며, 이를 바탕으로

하여 시스템 단위 최종지수를 산정한다. 이 중요도의 고려에서 중요도 점수가 낮을수록 전체 점수의 하락정도는 낮으며, 중요도가 높을수록 전체점수의 하락정도는 크게 된다.

$$C_x = \{(1-P_{cn})+(P_{cn} \cdot EC_x)\} \quad (2)$$

$$ES_x = C_{x1} \cdot C_{x2} \cdot \dots \cdot C_{xn} \quad (3)$$

ES_x : 시스템 단위 최종지수 C_x : 구성단위 가중치 고려 점수

P_{cn} : 구성단위 중요도 n 항목 가중치

그룹단위별 점수도 위의 시스템 단위별 지수산정체계와 같다. 즉 각 구성단위의 중요도에 대한 부분을 계산에서 고려하여 이를 기반으로 해서 최종적인 시스템 단위의 지수를 계산하여 산정하게 된다.

$$S_x = \{(1-P_{sn})+(P_{sn} \cdot ES_2)\} \quad (4)$$

$$EG_x = S_{x1} \cdot S_{x2} \cdot \dots \cdot S_{xn} \quad (5)$$

EG_x : 그룹 단위 최종지수 S_x : 시스템 단위 가중치 고려 점수

P_{sn} : 시스템 단위 중요도 n 항목 가중치

최종성능지수의 계산도 구성단위 점수계산 및 시스템 단위 점수계산과 같다. 각 그룹단위별로 산정된 최종 지수에 그 그룹의 중요도를 고려하여 산정하게 된다.

$$G_x = \{(1-P_{nG_x})+(P_{nG_x} \cdot EG_x)\} \quad (6)$$

$$F_x = G_1 \cdot G_2 \cdot \dots \cdot G_n \quad (7)$$

F_x : 최종지수 G_x : 그룹 단위 가중치 고려 점수

P_n : 그룹 단위 중요도 n 항목 가중치

최종지수를 100 단위 점수로 환산하여 나타내려고 하면 다음과 같이 계산하면 된다.

$$F_{100} = F_x \cdot 100 \quad (8)$$

6. 건물 화재안전 시스템 성능 지수 가중치 결정

최종적인 성능지수를 계산하기 위해서는 그룹단위, 시스템단위, 구성단위의 가중치와 세부단위의 점수를 결정해야 한다. 최종성능지수를 계산하기 위해 먼저 그룹단위 지수와 시스템단위 지수계산에서의 가중치를 결정해야 한다. 이러한 그룹과 시스템의 중요도에 대해서는 '건물의 화재 위험성 평가를 위한 모델(Model) 개발'이라는 논문에서 유사한 연구 진행의 결과발표를 한 적이 있어, 이 체계를 토대로 하여 결정하고자한다.⁵⁾

(1) 그룹단위 가중치의 결정

이 평가모델에서는 점수항목의 계층을 대분류, 중분류, 소분류의 3가지로 나누고 있다.

먼저 대분류와 중분류의 항목들은 본 연구에서 개발하고 있는 체계에서의 그룹단위와 유사하다. 평가모델은 소분류의 점수를 통해 바로 대분류의 점수를 산정하고 있는 체계이다. 건축물의 화재위험을 종합적으로 평가하기 위하여 총 10개의 항목으로 분류하고 있으나, 본 연구에서는 6개의 항목으로 분류하고 있어 목적에 따른 항목 차이가 나타난다. 중요도 점수를 기준으로 가중치 계산은 다음을 기준으로 한다.

$$P_u = \frac{\text{항목\% 기준점수}}{\text{건물 해당 항목\% 기준점수의 총합}} \quad (8)$$

표 2. 그룹단위 적용 점수

평가모델		성능지수모델		
대분류	점수	그룹단위	변환 점수	%기준 점수
1.예방활동	14	-	-	-
2.접화원	10	-	-	-
3.가연물	9	-	-	-
4.비상경보	11	경보설비	11	19.5
5.수동진화	13	소화설비	28	49.5
6.자동진화	15			
7.본격소화 활동설비	5	소화활동설비	6.1	10.8
		소화용수설비	1	1.8
8.확대제어	5	-	-	-
9.건축물	10	방화구획	4.4	7.8
10.노출물 관리	8	피난설비	6	10.6
합계	100		56.5	100

(2) 시스템 단위항목 가중치 결정

시스템 단위는 그룹단위를 구성하는 요소들을 의미한다. 본 연구에서는 스프링클러 시스템을 중심으로 진행하므로 소화설비 부분만을 다루기로 한다. 그룹단위의 소화설비에 대한 시스템 단위의 구성요소는 건물에 따라 다르다. 해당 시스템의 중요도 가중치의 점수산정은 식(9)에 의하여 계산된다.

$$P_{sn} = \frac{\text{항목\% 기준점수}}{\text{건물 해당 항목\% 기준점수의 총합}} \quad (9)$$

표 3. 시스템 단위 적용 점수

평가모델		성능지수모델		
소분류	점수	시스템 단위	변환점수	%기준점수
소화기	40	소화기구	40	20
옥내외 소화전	60	옥내 소화전설비	30	15
		옥외 소화전설비	30	15
스프링클러	40	스프링클러 ^I	40	20
물분무 소화설비	20	물분무 소화설비	20	10
포소화설비	20	포소화설비	20	10
특수 소화설비	20	가스개 및 기타 소화설비 ^{II}	20	10
합계	200		200	100

(3) 구성단위 및 세부단위 점수의 결정

구성단위의 점수는 시스템 단위 점수를 계산하는 요소들이다. 각 시스템들은 방호대상 에 대한 정량적인 성능 목표를 가지고 있으며, 이 성능목표에 도달하기 위한 체계에 각 구성단위들이 기여하고 있다. 목표도달을 위해 구성단위들이 기여를 하는 시스템이므로 각 구성단위는 기여하는 역할에 따라서 직접, 보조, 간접의 3가지 단계로 구분할 수 있다. 즉 직접기여의 경우 이상상태의 발생 시 구성단위에서 목표로 하는 기능에 도달할 수 없 으므로, 구성단위의 성능은 0 가 된다. 보조의 경우와 간접의 경우 그 점수의 부여에 따라 결과의 차이가 발생한다. 이러한 과정은 그 하부단위인 세부단위도 마찬가지가 된다. 세부 단위의 점수 또한 하나의 역할을 목표로 하는 구성단위의 성능에 어떠한 기여를 하느냐에 따라서 직접, 보조, 간접의 3가지 단계로 구분하고 이에 대한 점수를 부여하는 것이다.

세부단위와 구성단위의 점수는 아무런 이상이 없는 경우에는 0을 기본으로 하며, 직접항 목의 이상은 1, 보조항목의 이상은 0.7, 간접항목의 이상은 0.3 으로 설정하였다. 이 점수 들은 임의로 설정된 것이며, 이 점수에 대한 부분은 전체시스템에 대한 연구 진행과 차후 사례적용에 대한 데이터를 축적하여 재설정을 할 예정이다 있다.

감사의 글

본 연구는 소방방재청의 2007년도 차세대 핵심 소방 안전 기술개발 사업 연구비 지원으 로 수행하였으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 김종훈, 노삼규, “유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서의 건물 화재안전에 대한 개념적 접근”, 한국 화재·소방학회 춘계학술논문발표회, (2006)
2. 노삼규, 김종훈, 윤호주, “유비쿼터스 건물 화재안전관리 표준시스템 구축”, 소방기술 연구. Vol. 1 no. 1, 한국소방검정공사, (2008)
3. 김유식, 박용환, 정경문, 방창훈, 윤충국, “소방시설의 구조 및 원리”, 동화기술, (2005)
4. 김수태, “건물의 화재 위험성 평가를 위한 모델(Model) 개발”, 서울산업대학교 석사 논문, (1997)