

컴퓨터 피난모델과 인간행동

최근 관심이 고조되고 있는 피난안전에 대한 실태, 피난안전과 관련한 용어 설명, 피난에 영향을 주는 구성요소, 다양하게 적용되고 있는 모델링 기술, 피난모델의 신뢰성을 확보하기 위한 방법, 그리고 향후 발전과제 등을 소개한다.

1. 머리말

피난안전은 공항터미널, 철도역사와 같이 인구밀도가 높은 공공빌딩, 대형소매점, 고층 사무실빌딩, 산업플랜트, 창고건물 등 사람이 빌딩과 상호 작용하는 곳은 어디서나 관심사가 되고 있다. 특히, 긴급한 상황에서 사람들의 움직임과 행동을 예측하는 능력은 오늘날 엔지니어와 건축가들이 갖추어야 할 기본적인 디자인 자질이다. 이 과정에 도움을 주기 위해 점차 컴퓨터 모델의 사용이 증가하고 있다.

피난의 본질에 영향을 줄 수 있는 수많은 요소들이 존재하기 때문에 사람이 거주하는 폐쇄 공간으로부터 사람을 피난시키는 것은 복잡하고 어려운 일이다. 자주 문제가 되는 것 중 하나는 “건물로부터 안전하게 피난하는 데 걸리는 소요시간이 얼마인가?” 하는 것이다.

세계적으로 적용되고 있는 규정들은 이동거리, 비상구의 너비 등에 관한 특별한 외형적 규정만 기본적으로 준수한다면, 미리 정한 승인 소요시간 내에 한 건물에서 피난하는 것이 가

능하다고 말한다. 영국의 공공빌딩에서 이 매직넘버(magic number)는 2.5분이다. 전세계 항공산업에서는 유사한 과정을 통해 여객기에 대해서는 90초라는 결론을 얻었다. 반면에, 여객선에서 승객들의 집합에 대한 매직넘버는 30분이다. 이러한 시간들은 모두 다소 멋대로 정해놓은 면이 있기 때문에 매직넘버라는 용어를 사용하며 피난과정에 영향을 끼칠 수 있는 중요한 요소들을 간과하였다.

성능위주규정들은 안전탈출 가능시간(ASET)과 안전탈출 소요시간(RSET)의 개념을 통해 이러한 문제를 해결하려고 시도하고 있다. 안전탈출 가능시간은 일반적으로 연기층이 사람의 머리 높이까지 하강하는 데 걸리는 시간을 말한다. 반면에 안전탈출 소요시간은 사람이 건물에서 탈출하는 데 걸리는 시간으로 정의한다. 간단히 말하자면, 안전탈출 가능시간은 안전탈출 소요시간 보다 커야 한다.

안전탈출 가능시간과 안전탈출 소요시간을 결정하는 데 도움을 주기 위해 점차적으로 컴퓨터 피난모델의 사용이 증가하고 있다. 이런

식으로 피난모델은 검토되는 디자인 시나리오 하에서 건물의 복잡한 상호작용시스템, 환경 및 인구를 평가할 수 있는 방법을 제공한다.

지난 20년 이상 동안 첫 세대인 수력공학 모델과 두 번째 세대인 불베어링 모델부터 현재의 적응성을 갖춘 행동모델까지 피난모델링은 이러한 요구사항을 해결하기 위하여 발전해 왔다. 인간을 파이프 속을 흐르는 유체로, 개인을 마음이 없는 자동판매기 정도로 취급했던 이전 모델과는 달리, 새로운 세대의 피난 모델은 건물에 대한 개인의 지식 정도, 통신에 의한 반응, 부수적 행동, 동기 부여, 반복 행위 등 복잡한 행동에 관한 사항을 포함한다.

이제 피난모델은 화재위험에 대한 특별한 양상의 생리적, 심리적 반응을 표현할 정도로 발전하였다. 따라서, 화재 시뮬레이션은 연기, 열 그리고 독성가스 속에서 피난에 영향을 줄만한 것에 대한 지침을 제공하기 위해 피난 시뮬레이션에 결합될 수 있다.

피난모델들은 설계자, 감독기관 그리고 법률 제정자들이 특정한 디자인 형태에 따라 발생하는 위험의 수준과 성질을 알아내고 이해하는데 도움을 주기 위해 만들어졌다. 다시 말하면, 특정 디자인 시나리오와 관련한 가정의 문제(만약 이렇게 한다면 어떻게 될까 하는 가정)의 해결에 도움을 주는 데 그 목적이 있는 것이다. 다양한 디자인들을 시험하고 그 시뮬레이션을 분석함으로써 최적의 솔루션(해결방안)을 얻기 위해 까다로운 입안 문제들이 평가될 수 있다. 그러나 피난성능의 예측은 정확한 과학이 아니므로 피난모델링 소프트웨어는 건물의 피난성능을 평가하는 데 단지 참고사항으로 사용되어야 한다.

2. 피난에 영향을 주는 요소들

건물화재에서 비롯된 피난과 같이 극한 상황에서 훈련받지 않고 경험이 없는 사람들은 일반적으로 패닉상태(정신적인 공황)가 되어 비이성적이고 자기파괴적인 행동을 하게 된다는 것이 상식적인 견해이다. 그러나 화재와 관련한 사고에서, 비록 심각하고 생명을 위협하는 상황일지라도 이러한 형태의 적응성 없는 행동은 작은 비율을 차지하는 것으로 나타나고 있다.

상대적으로 드문 행동인 패닉을 확인하는 것이 중요한 이유는 본능적, 비이성적 또는 무작위적인 행동 등을 다루는 다양한 행동적 모델을 정당화시켜 주기 때문이다. 피난모델은 지능적인 사람들로 하여금 그들 주위에서 일어난 사건들을 근거로 판단할 수 있도록 요구하지만, 많은 사람들로 가득 찬 통로와 같이 좋지 않은 장소에서 피난할 때는, 그 결과에 심각한 영향을 줄 수 있기 때문에 패닉이 완전히 무시되어서는 안 된다.

빌딩의 잠재적인 피난 효율성을 제대로 평가하기 위해서는 피난과정의 외형적, 환경적, 행동적, 절차적인 측면을 기본적으로 다루어야 한다.

- ① 외형적인 고려사항은 일반적으로 전통적인 방법에서 다루는 부분으로 시스템의 배치, 출구수, 출구형태, 복도너비, 이동거리 등에 관한 것이다.
- ② 화재사고에서 환경적인 측면들을 고려해야 하는데, 이것은 열, 독성 및 자극성 가스가 사람에게 끼치는 영향과 증가하는 연기밀도가 이동속도 및 통로 발견능력에 미치는 영향력을 포함한다.
- ③ 절차적인 측면은 건물 내부 및 긴급신호

등에 대한 사전 지식이 없는 사람들의 행동에 관한 것이다.

- ④ 빌딩에 거주하는 사람들의 행동반응을 고려해야 하는데, 이것은 피난신호에 대한 사람들의 초기반응, 이동속도 및 이동방향, 가족/그룹간 상호작용 등에 대한 측면을 다룬다.

이러한 4가지 측면은 각각 물리적, 심리적, 그리고 사회학적 양상으로 개개인의 행동에 영향을 끼칠 것이다. 피난설계에 관한 전통적인 방법들은 설계자의 판단과 지시규정에 거의 절대적으로 의존하기 때문에 정량적인 방법으로 이러한 모든 문제를 해결할 수는 없었다. 이러한 지시규정은 이동거리, 비상구 너비와 같은 외형적인 고려사항에만 절대적으로 의존하고 있기 때문에 너무 제한적이라는 평가를 받을 수 있다. 게다가 전통적인 방법들이 일반적으로 인간의 행동 또는 비상 시나리오에 민감하지 못하기 때문에 피난 효율성의 관점에서 적절한 솔루션을 제공할 수 있는가에 대해서는 의문이 생긴다.

피난모델들이 피난상황을 잘 처리하기 위해서는 이러한 모든 문제들을 잘 다룰 수 있어야 한다.

3. 피난모델

1982년 첫 번째 컴퓨터 피난모델이 등장한 이후, 긴급 피난상황에서 인간의 반응에 대한 이해와 이 반응을 모델화 하려는 분야에서 많은 발전이 있었다. 대체적으로, 피난을 모의실험하는 모델들은 기본적으로 다음의 세 가지 방법에 의해 이 문제를 다룬다.

- ① 최적화
- ② 시뮬레이션
- ③ 위험평가

이러한 접근방법들과 관련된 기본 원칙들은 모델의 성능에 영향을 끼친다. 어떤 접근방법이 선정되든 필수적으로 건물의 형태, 인구 및 사람의 행동에 대한 내용이 포함되어야 한다. 이러한 양상들은 각각 몇몇 접근방법 중 하나를 사용하여 모델화할 수 있다.

현재의 모델링 기술을 사용하여 피난 대상 건물을 세밀한 네트워크 또는 거친 네트워크로 표현할 수 있다. 건물의 형태에서처럼, 사람에게 대해서도 개인적 또는 전체적으로 사람을 모델화하는 두 가지 접근방법 중 하나로 표현된다. 사람이 사용한 의사결정 과정을 설명하기 위해, 모델은 사람의 행동을 판단하기 위한 적절한 방법을 채택해야 한다.

대체적으로 지금까지의 모델들은 다음 다섯 가지 행동에 관한 시스템 중 하나를 사용해왔다.

- ① 행동적 구성요소가 없는 시스템
- ② 기능적으로 유추하는 행동 시스템
- ③ 맹목적인 행동시스템
- ④ 규정에 근거한 행동시스템
- ⑤ 인공지능에 근거한 행동시스템

그러나 실행된 행동모델과 상관없이, 확인된 모든 피난의 행동 양상들을 완벽히 다루는 피난모델은 없다. 게다가, 이것이 실제로 피난모델을 사용할 수 없다고 말하는 것은 아니지만, 모든 행동에 관한 양상들이 충분히 이해되거나 정량화 되지 않고 있는 것이다.

4. 유효화

피난모형을 사용하기 전에 그것의 예측능력에 대한 신뢰성을 확보하기 위해 유효성을 측정해야 한다. 비록 관련업무 종사자, 관찰기관 및 모델 개발자들이 그 용어를 자주 사용하지만, 그 의미를 자주 오해하기 때문에 어려운 문제가 되기도 한다. 유효화란 모델이 예측하는 것과 신뢰성 있는 정보를 체계적으로 비교하는 것을 말한다. 유효화를 위해 사용되는 정보로는 실험자료, 수량데이터, 경험적 통찰력 또는 이 정보들의 조합이 될 수 있다

관련업무 종사자들이 자주 망각하는 중요한 점은 모델의 정확성을 증명해 줄 유효화에 대한 승인기준이 없다는 것이다. 그러나 그 기술이 더 자주 증명 적용 범위에서 최대한 광범위하게 성공하는 것을 보여준다면, 그 신뢰성은 한층 더 확보될 것이다. 실제로 이러한 과정에 대한 더 적합한 표현은 '유효화' 보다 '증명' 일 것이며, 피난모형의 증명은 적어도 4가지 구성요소로 분류될 수 있다.

가. 구성요소 증명

이것은 주요 소프트웨어에 속하는 구성요소들에 대하여 일상적으로 행하는 확인을 말한다. 예를 들어, 1m/s의 이동속도를 가진 사람은 10m를 이동하는 데 10초가 소요된다는 것 또는 일정한 호흡속도를 가진 사람이 익숙한 환경에서 주어진 시간 내에는 특정한 독성량을 취하게 된다는 것을 확인하는 것이다.

나. 기능적인 증명

이것은 모델의 성능과 본래의 가설이 의도한 용도에 부합하는 지를 확인하는 것이다. 기능적인 증명을 잘 수행하기 위해서는 모델 성능

과 본래 가설의 완전한 범위가 모델 개발자에 의해 알기 쉬운 방법으로 설명되어야 하고, 모델 성능의 정확한 사용법에 대한 안내가 있어야 한다. 이 정보는 그 소프트웨어와 함께 하는 기술매뉴얼에서 쉽게 이용할 수 있어야 한다. 그리고 소프트웨어 사용자들은 모델이 제시된 적용상황에 적합한 가를 판단할 수 있는 자질을 갖추고 있어야 한다.

다. 정성적(定性的)인 증명

여기서 예측된 인간의 행동은 잘 알려진 기대치와 비교된다. 이것이 단지 질적 형태의 증명이지만, 그럼에도 불구하고 모델에서 활용되는 행동에 관한 성능들이 실제적인 행동을 생산할 수 있다는 것을 보여주기 때문에 중요하다. 논증의 예시는 의도하는 적용과 관련이 있어야 하며, 고객 또는 승인기관이 만족할만한 충분한 가치성을 가지고 있어야 한다.

라. 정량적(定量的)인 증명

이것은 모델이 예측하는 바와 신뢰성 있는 실험 데이터를 상세히 비교하는 것이다. 따라서 실험 데이터의 완전성, 실험의 적합성 및 실험의 반복성과 관련 있는 요소들에 증명이 요구된다. 피난 실연(慰濟)이 수행될 때 보통 단 한 번의 피난시도가 실행되기 때문에 이 마지막 증명이 필수적이다.

가장 엄격하게 관리되는 실험환경에서도 반복 실험 수행의 필요성이 당연하게 여겨지고 있다. 비록 똑같은 사람들이 반복하는 실험일 지라도 실제 많은 사람과 관련 있는 피난실험에서 동일한 결과가 나오는 경우는 없다. 어떤 건물/인구/환경의 조합에 대한 시스템의 피난

성능은 몇 가지 분포 형태를 따르지만, 단 1회만 피난성능을 측정하는 경우는 어느 곳에서도 정해진 곡선에 따라 피난시간을 제시한다.

피난모델들이 단순히 전체 피난시간만이 아닌 다양한 결과를 도출할 수 있다는 것을 명심해야 한다. 몇몇 모델들은 비상구의 선택, 병목 지점, 비상구 유동속도, 탈출 시작시간, 탈출 종료시간, 연기 속에서의 행동 등을 예측하는 능력을 가지고 있다. 단순히 전체 피난시간을 비교하는 것으로는 예측의 충실도에 관하여 정확한 해석을 내리지 못하는 경우가 많다.

정량적 유효화의 목표는 피난모델이 측정된 행동을 재현할 수 있는 지를 보여주는 것이기 때문에 적절한 승인기준을 정하는 것이 필요하다. 모델예측이 측정값의 5% 또는 50% 이내에 있는 것이 필요한가? 이것은 단지 실험적인 오차뿐만 아니라 실험 데이터의 반복성을 고려해야 한다. 그리고 한 번 또는 여러 번의 실험작업으로부터 얻은 데이터가 이용가능한 지 아닌 지를 검토하여야 한다.

5. 앞으로의 전개방향

피난모델들은 건축산업에서 이미 엄연한 현실로 자리잡고 있다. 이 모델들은 더 안전하고 더 기능적인 디자인 솔루션을 얻을 수 있고 비용면에서도 효과적인 방법이 되고 있다. 그리고 디자이너가 전통적인 접근방법을 사용해서는 처리할 수 없는 문제들에 대한 해결책도 제시해 주고 있다.

수많은 복합적인 행동에 관한 성능들을 결합함으로써 피난모델들은 점차 정밀해지고 있다. 피난모델의 지속적인 발전과 그 도출 결과에 대해 신뢰할 수 있는 승인기준을 제정하기 위

해서는 더 많은 기초 데이터가 요구되고 있다. 피난모델이 잠재능력을 충분히 성취하기 위해서는 산업계 모두가 모델의 유효화에 필수적인 데이터를 제공하는 노력이 필요하다.

또한 관할기관과 승인기관이 직면한 도전은 개발되고 있는 모델링 기술을 이해하고 그 바탕 위에 디자인 프로토콜과 기준을 제정하는 것이다. 승인기준 뿐만 아니라 최소 범위의 관련 디자인 시나리오들이 보편적으로 수용되는 것 또한 필요하며, 여기에는 다음과 같은 사항들이 포함되어야 한다.

- ① 이동능력, 반응시간 등과 같은 조사대상이 되는 사람의 특성
- ② 밤/낮, 화재/비화재 등과 같은 피난이 발생한 상황
- ③ 제안된 디자인이 요구사항을 만족시키기 위해 성취해야 하는 성능조건

산업계와 정부기관은, 이 문제들이 이미 안전한 건물을 더 안전하도록 설계하고, 안전분석을 어렵게 만드는 요소를 제거할 수 있는 잠재적 능력이 있다는 사실을 유념하고 지속적인 발전에 힘써야 할 것이다. ㉞

— Fire Prevention(2001. 5)

— 발췌 : 경영기획부 과장대우 최문수