

고층 빌딩에서의 인명안전

초고층 빌딩에 대해 제안된 NFPA Code의 개정

2001년 국제무역센터의 붕괴를 비롯한 고층빌딩 화재는 고층 건물의 인명안전에 관한 세상 사람들의 관심을 고루시켰다. 이에 NFPA에서는 자문위원회를 설립하였고, 고층빌딩에서의 인명안전에 관한 코드 2009년판 개정을 앞두고 있다.

출처 / NFPA 저널 2007년 3월호

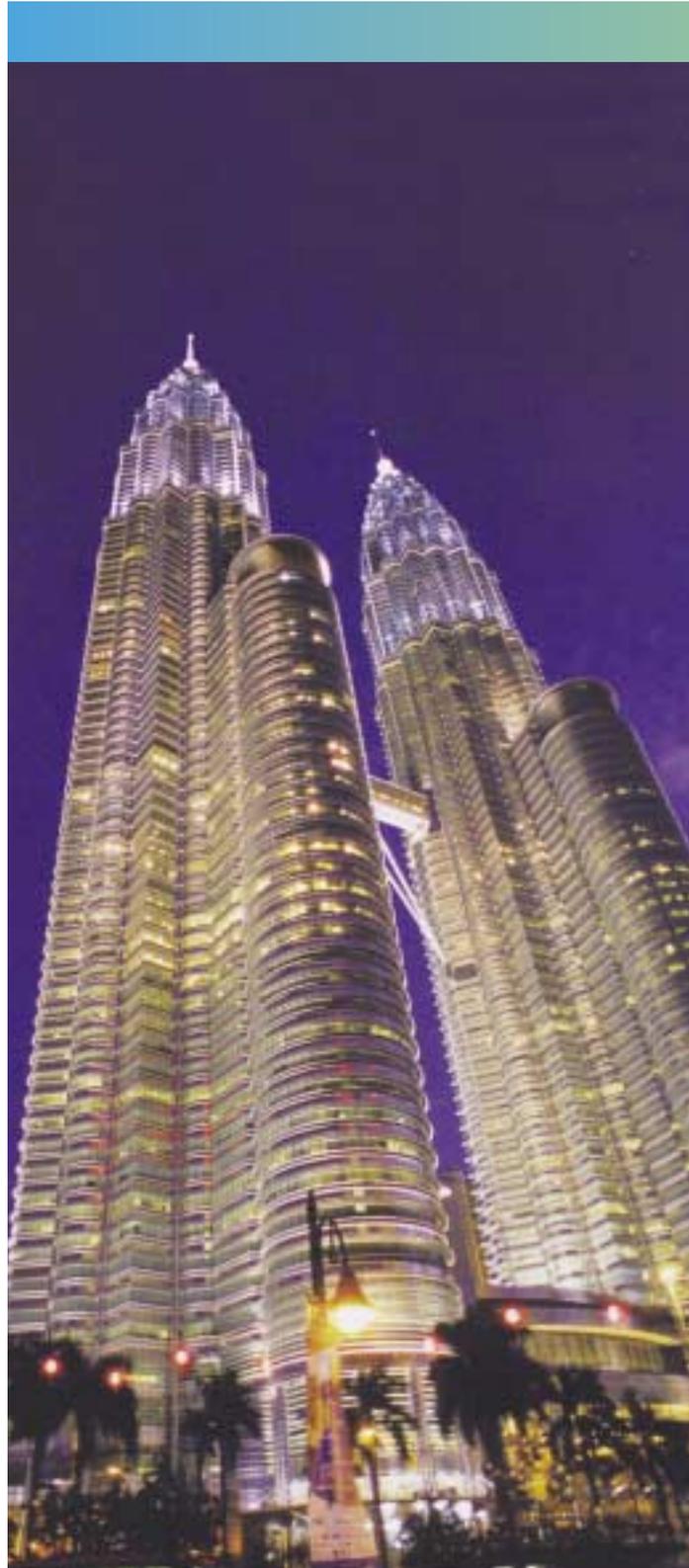
저자 / Milosh Puchovsky, P.E (NFPA 소방엔지니어)

번역 / 최승호, 협회 위험조사부 사원

1. 머리말

NFPA 1. Uniform Fire Code, NFPA 101. Life Safety Code, NFPA 5000. Building Construction and Safety Code의 2009년 판에 제기된 개정과 관련된 첫 번째 회의가 최근 종결되었다. 고층 건물(High-rise building, NFPA 코드에서는 높이가 40m를 초과하는 구조물을 의미한다.)의 거주자와 비상사태 대응 요원들의 안전 향상에 초점이 맞춰진 수많은 제안들이 나왔다. 이 제안된 개정안이 최종적으로 받아들여진다면 앞으로 고층 빌딩을 설계하고, 시공·관리하는 방법에 영향을 미칠 것이다.

2008년 7월 제기된 코드 개정의 최종 결과가 결정될 때





까지 앞으로 수 개월 동안 제안된 수정안들에 대한 더 많은 공식적인 논의가 있을 것이다.

2001년 국제무역센터의 붕괴뿐만 아니라 그 이후의 마드리드, 베네수엘라, 시카고, 캠브리지, 메사추세츠에서의 고층 빌딩 화재는 고층 건물의 인명안전에 관한 세상 사람들의 관심을 고무시키고 새롭게 하였다. 이러한 사건들은 고층 빌딩의 현 안전규정과 비상시 대응 절차의 적정성에 대한 의문들을 일으켰다. NFPA는 고층 빌딩의 안전성에 관한 새로운 관심에 대한 반영의 일환으로서 고층 빌딩 안전 자문위원회를 설립하였다.

자문위원회는 NFPA 기술위원회가 문서를 개정할 때 고려할 필요한 사항들과 고층건물의 환경과 관련되어 대두된 문제들, 그리고 진보된 수행 목록을 확인하기 위해 노력했다. 이 수행 목록들을 개발하는데 있어서 자문위원회는 미국표준기술연구소 (National Institute of Standards and Technology)의 '국제무역센터의 붕괴에 관한 연구'에서 언급된 건의사항들을 고려하였다. 그 수행 목록들이 수많은 코드 개정 제안서들의 서두에 나왔고, 다음의 주제들은 현재 논의되고 있는 문제점들이다.

2. 적의 있는 행동

NFPA 101과 그 밖의 코드들은 목표, 목적, 기본적인 가정들에 대해 자세히 언급한다. 새로운 용어는 이러한 정보를 보다 명확하게 하고, 심지어 화재와 유사하거나 동등한 비상사태의 경우에도 해당된다. 이러한 점에서 테러리스트의 행동은 더욱 직접적으로 언급된다.

NFPA 101과 NFPA 5000에서 모두 적용된 기본적인 가정은 코드에 의해 규정된 보호 조항이 단일 화재가 발생했을 때, 건물과 그 거주자에 유사한 영향을 미친다

른 사건들과 관련된 재해에 기초한다는 사실을 명백하게 가리킨다. 새로운 용어는 테러리스트의 행동에 대한 보호가 일반적으로 코드의 조항에서 규정한 것 이상의 보호 수단을 요구할 것이라고 한다.

3. 비상사태를 대비한 계획

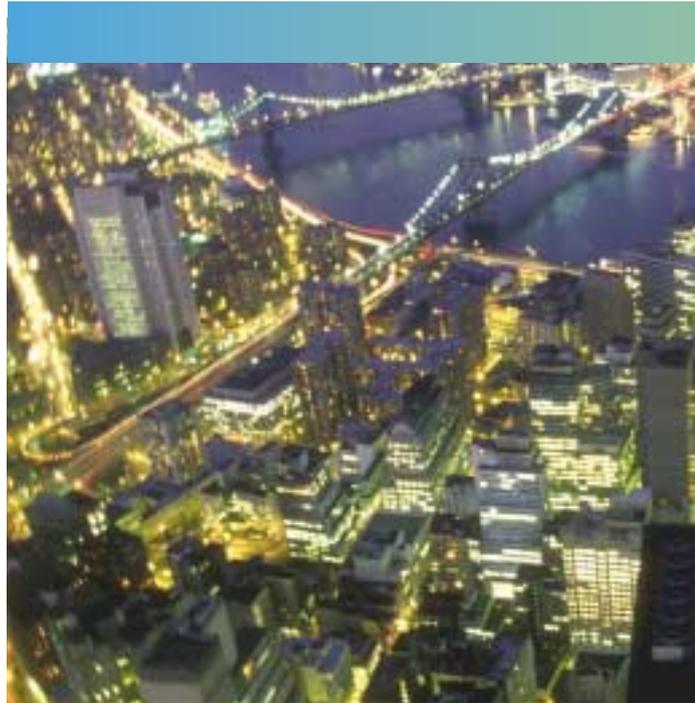
건물 소유주들이 모든 고층 빌딩의 비상계획을 준비하고 실시하는 것에 책임져야 한다고 제안되었다. 코드는 거주자를 위한 의료시설 등 특수한 비상계획이 개발되어야 한다고 요구하지만 과거에는 고층빌딩에 대한 특별한 사항이 존재하지 않았다.

특수한 고층 물건에 맞춰진 비상계획의 개발과 시행은 더욱 효과적인 사건 전 운영, 대응, 건물 거주자들과 비상사태대응요원들 그리고 그 밖의 사람들의 협력, 최종적으로 사건 후에 따르는 더욱 바람직한 결과를 이끈다고 믿어진다.

가능한 범위에서 비상 계획은 화재에 제한하지 않고 태풍 등의 자연재해, 사전에 준비된 행동, 또는 우연한 사고에 의해 시작되는지 아닌지에 무관하게 인명안전에 영향을 미치는 다른 재해들까지 고려되어야 한다. 이러한 비상계획의 개발을 돕기 위해 그러한 계획들의 관리와 개정과 관련된 정보를 보유할 때는 비상계획의 요소들을 확인하는 부가물이 또한 제안되었다.

4. 피난 전략

미국 표준기술 연구소의 건의 사항들 중 한가지는 고층 건물은 대규모 정전, 대지진, 화재, 테러리스트의 공격 등과 같은 대규모의 비상사태에서 거주자가 적절한 시



간 내에 완전한 피난이 가능하도록 설계되어야 한다는 것이다.

NFPA 101과 NFPA 5000이 건물로부터 거주자의 적절한 피난이 가능하도록 피난 설비의 설계에 대한 최소한의 기준을 세웠지만, 일반적으로 구치소와 의료시설의 경우에는 건물 내부의 안전 지역으로 거주자를 적절하게 이동시키는 것도 인정한다. 그러한 경우처럼 전체적인 동시 피난, 단계적 피난, 부분 피난, 그리고 화재로부터 방어가 현재 코드에 의해 인정된다. 제안된 새로운 주제들은 다양한 피난 형태와 코드에 의해 제안된 방어 개념, 그리고 특정 거주형태에 왜 특정 피난 전략이 다른 전략보다 선호되는지에 대해 더 많은 세부사항을 제공한다.

또한 대규모 빌딩들, 특히 고층 빌딩 안에서의 모든 피난-부분 피난 혹은 전체 피난이든지-은 거주자가 원래 있던 장소로부터 벗어나거나 유용한 피난로를 사용하는 순서를 연속적이고 더 잘 통제하도록 관리되어야 한다



는 것을 더욱 명확하게 알려준다. 이것은 일시적 혹은 영구적 장애를 가진 거주자의 피난 능력과 필요한 사항들에 대한 고려사항을 포함한다.

5. 피난구의 인지

고층 빌딩에서 계단이 비상구 옥외통로 층으로 이어질 때 계단실은 수평 통로 이동로로 통합된다. 국제무역센터의 피난에서 경험한 것처럼, 건물 거주자는 피난 계단의 수직로에 연결된 복도를 따라 수평 피난로를 따르는 것에 대한 어려움을 얘기했다. 그래서 새로운 규정에서는 피난로의 연속성이 분명하지 않은 장소에서 비상구 안에서의 피난로의 수평 요소는 승인된 비상구 혹은 방향 표지에 의해 명확하게 표시하도록 권장한다.

이 사항은 새로운 건물과 기존 건물 모두에 적용될 예정이다. 특히 비상 사태시 피난로가 수 차례 꺾여 있어 가장 가까운 출구로 가는 피난방향이 어떤 쪽인지 혼란을

일으키기 쉬운 경우에는 실제 층 배치와 출구 위치를 반영한 피난도표에 새로운 정보가 제공된다.

건물 타입이나 거주형태에 의해 특별히 요구되는 피난도표는 관할 기관이 승인한 위치에 놓여져야 하고, 승인된 방법으로 만들어져야 한다. 관련 제안은 새로운 고층 빌딩의 내부 복도의 바닥에 근접해서 피난 통로 표시를 제공할 것을 요청한다. 이 제안은 안전에 분명한 정량적 효과가 제안자에 의해 검증되지 않았기 때문에 기술위원회에 의해 받아들여지지 않았다. 더불어 위원회는 적절하고 획일적인 적용과 그러한 표시 시스템 규정에 대한 강제성에 관심을 표현했다.

6. 피난로의 배치

NFPA 101과 NFPA5000 모두 비상구와 비상구 접근문의 거리에 대해 언급했다. 그러나 비상구 옥외통로 또는 비상구 접근로의 원격에 대해서는 특별히 언급하지 않았다. 이러한 규정을 해석하면 비상구 접근로나 비상구 옥외통로는 단일 화재 사고가 발생했을 때, 거주자가 쉽게 안전한 장소로 이동하도록 배치되어 있다.

이 문제에 대한 위원회의 입장을 분명히 하기 위해 피난로의 거리에 관련된 규정에 특별히 비상구 접근로와 비상구 옥외통로를 포함하도록 개정되었다. 또한 복도를 따라 비상구사이의 거리가 얼마나 되는지를 결정하기 위한 개정도 제안되었다.

7. 피난로 폭과 용량

2006년판 NFPA 101과 NFPA 5000에는 이미 2,000명 또는 그 이상의 거주자를 위한 계단의 최소폭으로 124cm(56inch)이 필요하다는 내용이 포함되어 있다.

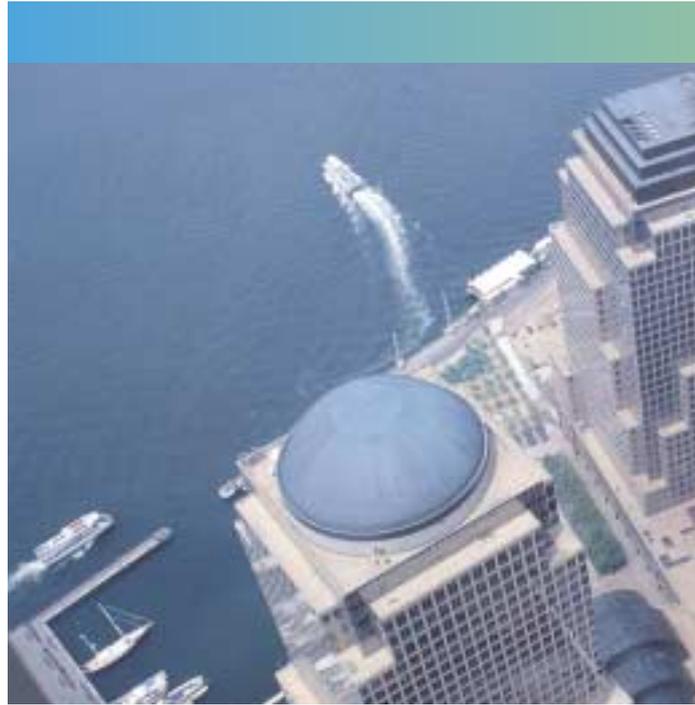
이 규정은 14층 이상의 전형적인 고층 건물에 적용되었고, 거주자들의 피난방향과 계단을 따라 올라가는 비상 사태대응요원들의 역방향 흐름을 원활하게 하는데 이용되었다.

2009년판에 대한 제안은 특별히 모든 피난 계단에 대해서 이 규정을 확대할 것과 현재 111cm(44inch)의 최소 폭 기준을 삭제할 것을 요구한다. 이 제안은 현재 계단 설계에 관한 불충분한 입증자료 문제로 위원회에 의해 거절되었지만 제안에 관련된 다른 사항들은 받아들여졌다. 폭이 111cm를 초과하는 계단에 코드의 새로운 공식들에 의해 계산된 증가된 거주자 용량을 수용하는 것이 가능해졌다. 이것은 빌딩 개발자들이 자발적으로 계단 폭을 증가시키도록 유도한다. 또한, 피난계단 설비에서는 피난계단로로 연결되거나 수평 이동 복도로 사용되는 피난 통로에 거주자들을 수용할 수 있을 만큼 충분한 폭을 고려하여 개발하도록 규정이 변경되었다.

다른 제안들은 피난을 위해 수용인원의 균형있는 배치에 관한 것이다. 하나이상의 피난로가 요구되는 새로운 건축물에 필요한 피난로는 어떤 하나의 피난로가 손실되었을 때 필요한 용량의 최소 50% 이상을 수용할 수 있는 용량과 폭을 가지고 있어야 한다.

이 새로운 규정은 더욱더 피난에 대해 안정된 용량을 확신해준다. 새로운 법규는 특히 하나의 피난로의 손실로 수용인원의 반에게 제공되는 전체 필요 용량이 줄면 안 된다고 요구한다. 예를 들면 두 개의 피난로가 필요한 곳에서 각 피난로는 수용인원의 절반에게 제공되도록 설계되어있다.

세 개 혹은 네 개의 피난로가 필요한 곳에서는 각각의 피난로가 제공해야만 하는 전체 수용인원의 분율이 정해지지 않았다. 그러나 피난로가 하나 손실되었을 때 남은



피난로는 적어도 수용인원의 절반에 대한 용량을 충족해야만 한다.

8. 피난을 위한 엘리베이터

고층 빌딩 거주자의 더욱더 시기적절한 피난에 대한 잠재적인 요구사항을 위해 ASME A17.1 safety code for elevators and escalators의 소방관 비상 운전 규정에 의해 정해진 것처럼 비상 리콜 운전 1단계에 우선하는 어떤 상황에서 엘리베이터를 사용하는 것에 대한 새로운 법규가 주장되었다. 엘리베이터 로비, 기계실, 승강구 안의 연기가 감지되었을 때, 엘리베이터를 소환할 수 없다면 건물 화재 경보 설비가 작동된 후에는 사용할 수 있게 된다. 이러한 경우에 엘리베이터는 조작이 가능하고 거주자의 피난에 사용할 수 있다.

새로운 규정은 현재 연구되고 있는 피난로의 하나로 엘리베이터의 사용을 가능하게 하는 더 확장된 개념을 가



능하게 한다. 현재 쓰여진 대로는 제안은 단지 엘리베이터는 피난을 위해 사용될 수 있다. 그리고 피난로의 배치 또는 용량 수에 대한 요구사항을 만족시키기 위해서는 엘리베이터가 인정되지 않는다. 그렇다 하더라도 제안은 빌딩 거주자가 전통적으로 화재나 유사한 비상사태에 엘리베이터를 사용하지 못 한다고 교육받았던, 비상시 엘리베이터의 사용에 대하여 고려되었던 전통적인 방법의 중요한 변화에 대해 소개한다.

이것 때문에 제안은 거주자 정보 특성과 훈련뿐만 아니라 추가적으로 연동된 감지, 경보, 통신설비, 스프링클러설비, 엘리베이터, 전력과 배선 그리고 거주자 피난 샤프트 설비의 개념에 대한 자세한 사항을 포함한다.

9. 추가 피난 장비와 헬기 착륙 시설

2006년판 코드의 사용 기간 동안 소개된 피난 장비 추가에 관련된 제안은 코드에 포함되지 못했다. 추가설비에

대한 새로운 제안이 2009년판을 위해 소개되었고, 추가 시스템과 장비의 자발적인 사용을 생각하는 건물 소유주와 그 밖의 사람들에게 지침을 제공할 예정이다. 새로운 규정은 추가 피난도구와 설비뿐만 아니라 플랫폼 구조설비까지 포함한다.

만일 피난설비가 추가된다면 더 많은 인원을 수용할 수 있는 만큼의 추가용량을 제공할 것이며 피난로에 관계된 어떠한 법적 요구사항을 충족시키지 않을 것이다. 고층 빌딩에 대한 특수한 제안은 아니지만 그러한 설비들은 높은 건물에 대해서도 고려될 것이라고 기대된다. 추가 피난 장비와 관련된 제안은 모든 고층 빌딩에 헬리콥터 착륙 설비를 요청했다.

고층 건물 비상사태는 자연재해, 범죄, 테러리즘 같은 화재 이외의 재해의 결과일 수 있으므로, 이러한 제안의 지지자들은 그런 설비들의 유용성이 거주자의 피난과 비상사태 대응요원들의 배치에 도움이 된다고 주장한다. 기술 위원회는 요구사항들의 적용에 따른 혼란 때문에 개정 과정의 이번 단계에서 새로운 규정을 거절했다.

10. 붕괴방지 시나리오들

NFPA 5000의 chapter 5는 빌딩의 성능위주설계 (Performance-based design)에 대한 규정을 가지고 있다. 고려할 설계 시나리오 중의 한 세트가 붕괴방지를 포함하고 있다. 설계 시나리오에 대한 섹션은 고층 빌딩의 어떤 일정한 타입들에 대해 특별히 언급되도록 개정되었다. ASCE/SEI 7 Table 1-1에 의해 정의된 Category III 또는 IV의 건물들에 대한 붕괴 방지 시나리오에 실의 모든 연료가 소모될 때까지 진행된 완전히 성장한 실화재를 포함할 예정이다.

과거 NFPA 5000에 포함된 화재시나리오들은 주로 인

명안전과 관련된 시나리오였다. 그리고 그러한 시나리오들은 빌딩구조에 대해 충분히 고려되지 않았다. 또한 화재하중을 결정하는 지침도 코드 개정의 일부으로 포함될 것이다.

관련된 제안들을 위해 더욱 튼튼한 엘리베이터와 비상계단실 방호구역화가 필요하다. 높이가 128m(420inch)를 초과하는 빌딩에서는 적어도 하나의 계단실과 하나의 엘리베이터 샤프트가 있어야 샤프트 방호구역화로 붕괴를 방지한다. 샤프트는 또한 샤프트 방호구역 면에 수직인 2psi의 균일한 압력을 견디는 성능을 갖도록 할 것이다. 이러한 요구 조건들로 지진과 바람에 대비한 설계와 관련된 목적과 상충될 거 같아 이 제안들은 모두 거절되었다.

불균형한 붕괴와 같은 증가된 구조적 강도에 관한 전체적인 논제에 관련하여, 전문적 지식연구는 미국토목학회(American Society of Civil Engineers, ASCE)와 다른 구조공학 기관들의 역할이다. 이 그룹들은 관련된 문제들을 연구하고 있고, 코드 개정은 적절하게 개발되어 제안될 것이다.

11. 비상사태 대응요원들을 위한 전용 방호구역

여러 가지 제안들에서 비상사태 대응요원들을 위한 고층 빌딩의 안전 특성 향상이 요청되었다. 한 제안은 높이 36m(120feet) 이상 빌딩에 최초 대응요원의 사용을 위한 전용 엘리베이터를 요청했다. 그런 엘리베이터의 사용을 용이하게 하기 위하여 엘리베이터 로비, 직립 호스 연결, 통신 설비, 전력, 엘리베이터 기계 공간에 대한 추가적인 세부사항이 제안에 포함된다.

고층 빌딩의 개별 비상 대응용 계단에 대한 비슷한 개념의 제안을 소개한다. 이 계단은 비상사태 대응요원들의

전용이어야 하며, 비상통제실의 7.6미터(25feet)안에 있어야 한다. 기술위원회는 그러한 제안들 중 어떤 것도 인정하지 않았다. 비상사태 대응요원들을 위한 엘리베이터 사용에 대한 추가 정보를 개발하는 것은 인정했다. 전용계단과 관련하여 기술 위원회는 초기 대응자의 목적이 건물 운영과 비상계획의 세심한 개발, 훈련 실행을 통해 전용계단 없이 이루어질 수 있다고 믿는다.

12. 내화물질의 검사

화재상황 중에 빌딩 요소들의 종합적 구조 성능을 향상시키기 위하여 NFPA 1의 제안은 관할 기관에 의하여 규정된 강도에 대한 시각적 검사를 하기 위해 초고층 빌딩 안에 쉽게 접근 가능한 내화 조립들을 요청했다.

적어도 매 5년마다 한번씩 승인받은 안전점검요원이 조립을 검사하고 검사결과 발견된 사항들을 적어서 보고서를 관할 기관에 제출할 것이다. 이 새로운 규정들은 내화 스프레이칠 된 물질들이 건물의 수명 동안 적절한 상태로 유지되는 것을 요구할 것이다.

13. 소방서 연락

NIST의 건의사항들과 자문위원회의 비상 대응, 커뮤니케이션에 관한 수행 목록에 대한 부분적 답변으로서 코드 개정 제안은 새로운 무선 통신시스템과 소방서와 비상사태대응요원이 사용하기 위한 관련장비들을 요청했다. 그러한 장비들의 운영효율과 내부운영성을 위해 개개인, 통제실, 그리고 현장에 신뢰성 있는 통신능력을 확보하는 것이 핵심 고려사항이다. 제안은 시스템의 효율적인 운영을 위해 핵심적인 무선 적용 범위, 확대, 시험과 검사, 지원과 모니터링 그리고 다른 요소들에 대해 언급한다.

보고서에 언급된 것처럼, 기술 위원회는 코드 개정 과정의 다음 단계에서 관련된 문제에 대한 심도 있는 연구와 더욱더 자세한 정보를 만들 것을 지시했다.

14. 상황 인식

최근 초고층 빌딩 화재 사고로 빌딩 거주자들, 비상상태 대응요원들, 관리자들이 비상 상황 동안 변하는 빌딩과 관련 안전 그리고 피난시스템의 상태를 더욱 잘 인식해야 하고, 잘 인식할 수 있도록 만드는 것이 매우 필요하다는 것을 알게 되었다. 이러한 개념은 코드의 기본적인 법칙으로 이것에 대한 공식적인 언급은 없었다. 한 제안은 이러한 개념을 더욱 공식적으로 소개하고 코드의 목표로 개념을 확인하였다.

피난시스템설비의 일부로 비디오 모니터링을 요청한 관련 제안은 기술위원회에 의해 받아들여지지 않았다. 그러나 상황 인식에 대한 개념의 핵심적인 중요성은 인식되었다. 최근 대형 경보설비에 대한 관련 정보는 NFPA 72, National Fire Alarm Code에 통합되었다. 이러한 시스템은 화재 비상 상황, 날씨 비상 상황, 테러리스트 사건, 생물학적, 화학적 또는 핵 관련 비상상태, 또는 이러한 비상사태의 조합을 포함하는 다양한 비상 상황에 대해 거주자와 최초 대응요원들에게 알릴 예정이다.

15. 진행중인 노력

대부분의 2009년판 코드에 관련된 제안들은 2006년판 코드 사용 기간 동안 시작된 작업의 연장선에 있다. NIST와 자문위원회에서 제안한 고층 빌딩의 안전에 영향을 주는 수많은 개정이 이미 2006년판 코드에 통합되었거나 또는 코드의 일부가 되었다.

이미 수많은 제안이 소개되는 동안 의미 있는 개정을 기대한다면 수많은 다른 건의사항들에 대한 깊이 있는 연구가 필요하다. 이는 구조적 화재 내력 결정과 현재의 내력 시험 계획으로부터 얻어진 추가적인 정보가 설계 과정에 사용될 수 있는지에 대한 결정을 포함한다. 다른 사항들은 고층 빌딩거주자의 인식과 안전, 피난에 관한 가정에 대한 이해를 포함한다. 연구기관을 통해 NFPA는 이러한 주제들을 더 잘 이해하도록 개발하고자 노력 중이다. 이러한 연구 결과들을 통해 NFPA 기술위원회가 고려대상으로 생각할 수 있을 것이다.

여기에 언급된 구체적 코드 개정 제안에 대해 기술위원회에 의해 취해진 공식적인 행동은 2007년 6월 22일 출판될 2009년 연례 제안에 대한 보고서에서 찾을 수 있다. 기술위원회가 어떤 특정 제안에 대해 호의적이든 호의적이지 않든 관련 문제들은 문서 개정의 연속적 단계에서 계속 고려될 것이다. 2009년판을 위해 제안된 코드 개정의 결과는 수개월 뒤에 나올 것이다. 그 결과와 무관하게 관련 문제의 적절성에 대한 논의는 고층 빌딩 거주자의 요구사항을 언급하는데 핵심적이며, 그러한 논의가 생기고 기록되는 것이 필수적이다. (6)