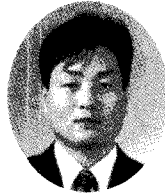


지하공간 재난관리를 위한 IT융합 기술 동향

Tunnelling Technology

지하공간 재난관리를 위한 IT융합 기술 동향



김창수
부경대 전자컴퓨터정보통신
공학부 교수

1. 서론

지하공간의 활용은 대도시의 토지가격 상승과 지상공간의 한계로 대형 복합시설물과 연계된 지하역사 및 지하상가 등이 계속 확대되고 있다. 우리들의 일상생활은 지하역사, 백화점 등과 연계된 지하통로 및 지하상가 등을 이용하고 있으며, 이러한 지하공간은 우리들에게 편리함을 제공하지만 여러 가지 원인에 의해 다양한 재난이 발생할 수 있다. 이러한 관점에서 지하공간에 대한 재난관리는 새로운 지하공간 시설물을 구축하는 것은 물론 기존의 지하공간 시설물에 대해 재난관리를 위한 IT기술을 융합하여 이용자들에게 안전한 대피경로와 재난을 예방할 수 있는 설비·장비들에 대한 연구가 필요하다. 이를 위해 본 내용에서는 두가지 분야에 대해 접근하고자 한다. 첫째는 지하역사, 지하상가, 대형 지상 건축물과 연계된 지하공간 등에

대해 기존의 법령 구조에서의 문제점, 지하공간 특성을 고려한 설비 및 장비의 개선 방안, 지하공간에 대한 현장 중심의 안전관리 매뉴얼 개발, 그리고 지하공간 통합 정보화 시스템 구축 방안 등에 대해 설명한다. 둘째는 대도시의 차량 통행에 중요한 역할을 하는 기존 터널들에 대해 IT기술을 적용하여 사고발생시 인명피해를 줄이는 것은 물론 2차 충돌 예방과 운전자에게 우회도로 정보를 신속하게 제공하는 방안 등에 대해 기술한다.

2. 지하공간 재난관리를 위한 IT융합 기술 동향

2.1 지하공간 활용의 필요성

도시의 인구집중과 지가 상승으로 토지 및 도로 공급은

한계에 도달하면서 도시의 평면적 확산으로는 해결이 불가능하여 지하공간의 활용은 점차 증가하고 있다. 지하공간의 활용은 아래와 같은 장점 때문에 활용이 증대하고 있다고 볼 수 있다.

- 도시기반시설을 지하에 재배치하여 지상경관을 보전
- 지하철 등 교통수단을 지하에 수용하여 복잡한 지상 교통의 완화
- 도시 생활의 편리함과 쾌적성을 제공
- 토지비용 부담의 경감
- 쾌적성 증대에 따른 도시 전체의 경제성 향상
- 에너지 효율의 향상
- 지상의 거주지 증대

그러나 위의 장점에도 불구하고 지하공간은 지상 시설물과 달리 건설되고 나면 확장이나 개보수가 어렵기 때문에 안전한 지하공간을 형성할 수 있도록 생활공간 및 도시재생이라는 관점에서 접근하는 것이 필요하다. 최근에는 지하공간의 설계가 다양한 주변 환경을 고려하여 설계하는 곳이 많지만, 이전에 구축된 지하공간은 체계적이고 종합적인 시설계획 없이 개별 사업단위로 시행되어 온 것이 많기 때문에 효율성이나 안전도가 떨어지는 단점을 가지고 있다. 그리고 지하공간의 관리는 각 지방자치단체가 관리하고 있거나 민간 기업이 관리하는 경우가 많으며, 특수성을 갖는 공간에 한하여 중앙정부 및 공기업이 관리하고 있다. 표 1은 국내 지하공간의 관리현황을 나타내고

〈표 1〉 국내 지하공간의 관리주체

지하공간 구분	관리 주체
지하역사	철도청, 각 지역의 지하철 공사 등의 공기업
지하도상가	각 지방자치단체, 각 지역의 시설관리공단 등의 공기업, 민간 기업체
지하주차장	각 지방자치단체, 해당 건물주
지하공공보도시설	각 지방자치단체

있는데, 서울을 제외하면 지하상가 등은 민간 기업이 관리하는 곳이 많이 있다.^{1),2),3)}

2.2. 지하공간의 안전관리 규정 개선

지하공간에 대한 안전관리와 관련하여 다수의 연관된 법들이 존재하고 있으며, 이러한 법 규정은 부처별 개정법안 및 신규 법령들이 제출되어 변경되기 때문에 지하공간과 관련된 전체적인 법령 구성을 파악하는 것은 쉽지 않다. 그림 1은 2008년 4월을 기준으로 지하건축물, 지하철역사, 지하상가, 지하공공보도시설과 관련된 주요 법령들을 나타낸 것이다. 그러나 지하공간의 범위와 지하공간 관련 시설물의 사용 용도에 따라 관련된 규정은 매우 다양하게 적용될 수 있기 때문에 관련 분야의 전문가가 아니면 분산된 법령의 연계성을 이해하는 것이 쉽지 않다.⁴⁾

현재 건축법에서 규정하고 있는 건축물의 안전관리 규정은 지하공간 시설물을 기준으로 법령을 만든 것이 아니라 지상물의 건축에 따른 지하층의 설치 규정을 병행하여 제시한 것이 대부분으로, 이러한 규정을 지하공간의 특성에 적합한 규정이 포함될 수 있도록 개선되어야 한다. 그

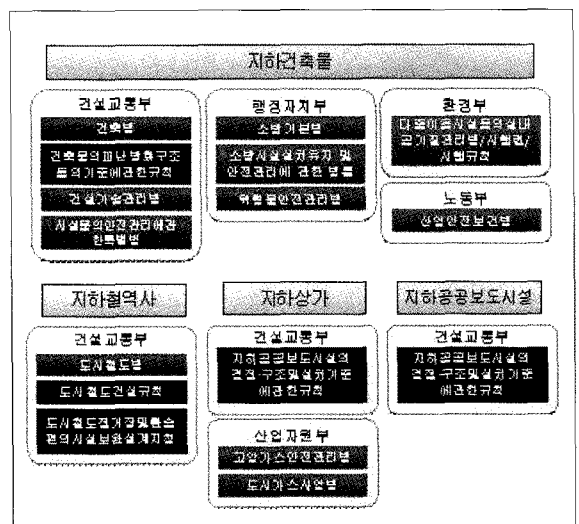


그림 1. 지하공간 시설물별 안전관리 법령

리고 국토해양부의 “지하공공보도시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙”에서는 대부분 지하공공보도시설만을 대상으로 시설 기준을 제시하고 있으나, 중요한 것은 사람들이 많이 통행하는 지하역사, 지하도상가, 지하주차장의 시설 기준에 대해서는 규정이 건축법의 규정 외에는 명확하게 정의된 것이 없다. 또한 소방방재청에서 고시한 화재안전기준의 규정들 중에는 지하공간의 특성을 반영하지 못한 설비·장비의 규정들이 있으며, 최근의 지하공간은 지하역사, 지하상가, 백화점, 호텔 등 대형 건축물과 연계되어 관리되는 경우가 많이 있어, 이와 같은 복합시설물의 지하공간 재난 발생에 대비한 센서장비 및 IT기술과 연계된 통합방재 정보화시스템, 실내 공기질 규정 및 현장 중심 대응 매뉴얼 등에 대한 규정 개선이 필요하다.

지하공간의 안전관리를 위해 관련 법령에서 고려되어야 할 내용으로는 다음과 같은 것이 있다. 예를 들면, 재난안전법의 안전문화 활동지원에서 안전문화 실천을 위해 교육 및 홍보에 인터넷 등을 이용한 정보 공유 부분이 추가될 필요가 있으며, 재난안전시행령에서는 현장 중심의 대응 매뉴얼 제작의무 등이 고려될 필요가 있다. 그리고 소방법 시행령이나 특별법으로 대형 복합지하공간 연계 건축물에 대한 안전관리 규정을 추가하는 부분과 다중이용업소법에서 지하공간 시설별 피난안내도 및 IT기술을 활용한 대피 정보시스템을 갖추는 부분들이 포함될 수 있으며, 이러한 기능들이 시설물의 크기와 활동 인구에 따라 현실을 고려하여 관련 규정을 도입하는 것이 필요하다. 이 외에도 특정 규모 이상의 지하공간 건설에서는 사

전재해영향성 검토협의 대상기준으로 제시하고, 지하역사 및 복합지하공간의 수방기준에 대한 기준들이 강화될 필요가 있으며, 지하탱크가 아닌 지하공간에서의 위험물 취급에 따른 기준 제시 등에 대한 연구가 필요하다.⁶⁾

2.3. 지하공간의 설비 및 장비 규정 개선

지하공간에는 다양한 설비 및 장비들이 존재하고 있다. 이러한 설비 및 장비들에 대해 지하공간에서의 특성을 고려한 기준이 필요하다. 표 2는 피난설비에서 유도등의 현재 기준에 대해 개선안을 제시한 것이다. 이러한 원인으로 지하공간은 화재가 발생되면 외부로부터 빛이 차단되어 있기 때문에 연기 등으로 전방을 확인할 수 없으며, 화재가 발생되면 정전상태가 발생되기도 하여 이용자들의 피난을 방해하게 된다. 따라서 지하공간에 설치되는 유도등은 설치간격을 줄이거나 방향 유도선을 설치하는 것이 타당하며, 연기가 발생되면 전방을 주시할 수 없어 유도등의 설치 높이를 75cm 보다 낮게 설치하거나 바닥에 설치하는 것이 이용자들의 대피에 도움이 된다.

이 외에도 지하공간에서의 화재 발생은 곧바로 연기가 가득 차 피난자에게 시야장애가 발생하게 된다. 이럴 경우 기존의 유도등의 경우 불빛을 통해 피난자를 출구로 유도하는 설비로서 이것만으로는 충분한 피난 효과를 얻기 어렵기 때문에 방향 지시음이나 빛을 이용하여 점멸 혹은 여러가지 색을 반복하여 보여주어 시각적인 유도 설비를 설치하는 규정을 고려할 필요가 있다. 최근에는 유도등이나 방향지시 설비에 IT기술을 적용한 화재 발생지

〈표 2〉 유도등의 설치기준 및 개선안

구 분	설치높이	설치간격	조명도	개선안
복도통로 유도등	1m 이하	20m	-	설치간격 : 5m~10m 설치높이 : 75cm 이하
피난구 피난구	1.5m	-	피난구로부터 30m 거리에서 식별 가능해야 함	식별거리 확대

점을 고려하여 다양한 방향으로 대피 유도도를 도와주는 제품들이 연구되고 있어, 이러한 기술들을 활용하는 것도 필요하다.

소화설비 분야에서 소화기의 경우는 화재 발생시 연기 등으로 식별이 곤란하기 때문에 소화기 표시를 발광형으로 의무화하는 것과 방화시설에서는 지하공간의 용도 및 재실자 수, 공간특성 등의 가중치를 고려하여 구획을 세분화하는 방안과 인명피해를 줄이는 데 목적을 둔 방화구획의 설정을 구체화하는 연구가 필요하다. 본 내용에서는 지하공간의 안전관리를 위한 IT기술과 연계된 내용으로 전기분야에서는 비상용 전원설비의 설치와 CCTV의 비상전원 사용과 관련된 규정 개선이 필요하다고 본다. 그리고 COEX 몰(mall)과 같은 지하역사와 연계된 복합 건축물의 경우 재난통합 정보화센터 구축에 대한 강제적인 규정이 없다. 이를 위해서는 다음과 같은 기준들이 포함되어야 한다.^[5]

- 재난상황에서 신속히 대처할 수 있도록 통제센터(중앙관리실 혹은 방재센터) 설치
- 지하공간 시설물의 크기 등을 고려한 통제센터 설치 기준 제시
- 방재실의 크기, 근무인원, 근무방법 등 세부 규정
- 통제센터에서 신속히 정보를 획득하고 대응하기 위한 정보화 시스템의 구축과 설비기준 등에 대한 규정
- 피난자에게 직접적인 정보를 줄 수 있는 경보시스템과 위험감지 체계의 설비 기준

2.4. 정보제공을 위한 지하공간 안전관리 매뉴얼 규정 추가

안전관리 매뉴얼은 지하공간(역사)의 경우 소방시설 설치유지및안전관리에관한법률제20조 및 동법시행규칙제14조 규정에서 정의되어 있지만, 대부분의 관리기관에서 자체 제작된 매뉴얼은 표준 포맷 및 현장의 특성을 반영

하지 못한 매뉴얼 구성이 대부분이다. 매뉴얼 제작은 관리를 위한 부분도 있지만 재난 발생시 관리자의 즉각적인 대응과 이용자들의 대피를 위한 정보제공도 매우 중요한 요소이다. 기존의 대응 및 피난 매뉴얼은 일반 사용자들을 위한 정보제공 및 대피방법 등에 초점을 맞추지 않고 관리 기능에 중점을 두고 있기 때문에 재난 발생시 대응 정보 및 인터넷을 이용한 정보제공 매뉴얼 제작이 필요하다. 예를 들면 지하역사와 대형 복합시설물의 지하상가에 대한 현장 중심의 대응 매뉴얼은 아직 표준화된 포맷이 없고, 특정 기관에서 작성된 초안을 기반으로 각 지하역사와 상가 단위로 자체 대응 매뉴얼을 가지고 있거나 상호 연계 방법이라든가 정보공유가 거의 이루어지지 않고 있으며, 아직도 많은 관리기관이 자체 매뉴얼을 제작하지 않은 경우도 있다.

지하공간의 안전관리 매뉴얼은 중앙부처나 지자체가 제작한 매뉴얼보다 현장 중심의 매뉴얼이 이용자들을 위해서는 필요한 것이며, 재난 발생시 평소 자체 교육과 훈련이 되어 있지 않으면 즉각적인 대응이 어렵다. 이러한 관점에서 현장 중심의 대응 매뉴얼을 자체 개발 및 제작하는 것은 매우 중요하며, 이것을 국민들에게 홍보하는 것도 매우 중요하다.^[6]

지하역사 또는 대형 복합시설물의 지하상가 등은 방화

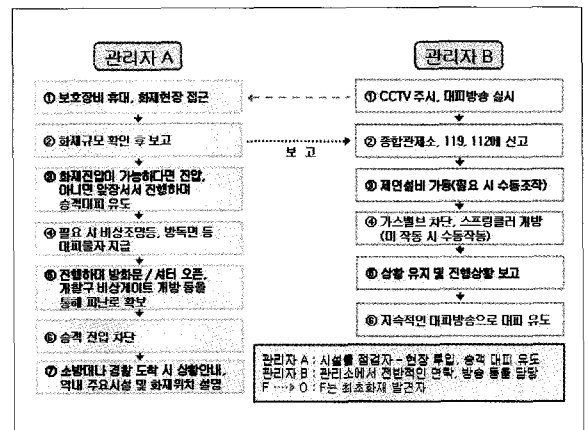


그림 2. 야간 관리자 2명일 경우 재난 대응 매뉴얼

책임자 및 관리자를 의무적으로 두고 있지만, 주간과 야간의 경우 실제 화재가 발생할 경우 대응할 수 있는 인력은 상황에 따라 다를 수 있다, 이러한 현장의 환경을 고려하여 재난이 발생할 경우 자체 대응할 수 있는 방법을 개발하여 교육과 훈련이 반복되어야 할 것이다. 그림 2는 지하역사의 경우 야간에 관리자가 2명일 경우 재난 발생 시 즉각적인 대응을 위해 다음과 같은 단계로 진행할 수 있도록 자체 제작하여 훈련하는 것이 필요할 것이다.^[7,8,9,10]

대구지하철 사건과 같이 지하역사에서 화재가 발생할 경우 대부분의 이용객들은 평소 지하철을 이용한 고객이라 할지라도 당황하여 대피를 하지 못하거나 다른 출구로 탈출을 시도하는 경우가 발생한다. 이러한 경우 평소 지하철을 이용하는 고객들이 화재가 발생할 경우 어떤 방법으로 탈출을 시도하며, 지하역사 내에 방독면, 랜턴 등 피난에 필요한 장비들이 어디에 위치해 있는지 인터넷으로 정보를 제공함으로써 이러한 정보를 알고 있는 고객이 한사람이라도 있으면 매우 유용한 정보가 될 수 있다. 그림 3은 지하역사에서 화재가 발생할 경우 고객들의 대피 방향과 지하역사에 있는 다양한 피난 장비들을 소개하여 고객들이 활용할 수 있는 정보를 제공하는 것이 필요하다.^[11]

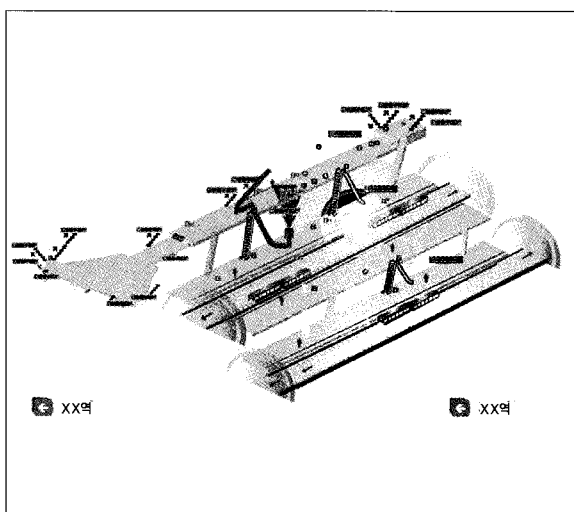


그림 3. 지하역사에서 화재 발생 시 대피 모형도

2.5. 지하공간 연계 복합건축물의 통합 방재시스템

부산의 서면지하역사는 1,2호선 환승역으로 16개의 출입구가 있으며, 하루 유동인구가 약 60여만명으로 롯데백화점, 아이언시티, 대연지하상가, 서면지하상가와 지하통로로 연결된 복합 시설물의 유형을 가지고 있다. 이러한 복합 시설물의 경우 지하상가에 화재가 발생할 경우 연계된 시설물의 관리기관들과 빠른 정보교환 및 시민 대피가 최우선 문제이다. 기존의 지하연계 시설물의 경우 정보공유를 위한 설비들이 거의 갖추어져 있지 않기 때문에 가능한 최신의 IT 및 센서 기술 등을 융합하여 신속하게 재난에 대응할 수 있는 융합기술들이 필요하다. 이를 위해서는 다음과 같은 기능들을 고려할 수 있다.

- 복합시설물 통합방재시스템 : 복합건축물의 경우 다수의 시설물에 대해 관리기관이 지자체인 시설관리공단, 교통공사, 민간관리기관들이 함께 공존할 수 있다. 이러한 경우 대부분의 관리기관들은 자신들이 관리하는 시설물에 대해 재난관리 계획을 담당하고 있기 때문에 상호 공조를 위한 통합방재시스템은 거의 고려하지 못하고 있다. 따라서 재난 발생시 관련 기관들과 신속하게 정보를 전송할 수 있도록 설비장비들을 통합할 수 있는 통합방재시스템을 구축하는 것이 필요함.
- 센서 기반의 재난 모니터링 시스템 : 지하공간에서 발생할 수 있는 다양한 재난(화재, 침수, 유해가스 등) 상황 정보를 유무선의 센서들을 이용하여 실시간으로 수집 및 감시하는 시스템을 구축하여 재난관리 책임자와 소방서 및 경찰서 등 관계기관에 자동적으로 통지하는 시스템 구축이 필요함.
- 지리정보시스템을 이용한 최단경로 대피 시스템 : 지하역사 및 지하상가 등에 대해 2차원 또는 3차원 지도정보를 이용하여 입체적으로 현장 상태를 분석하여 재난이 발생한 위치를 정확하게 인식할 수 있는

기술들이 필요하다. 이러한 기술들을 이용하여 지하 공간에 있는 이용자들을 빨리 대피할 수 있도록 최단 경로 대피 시스템을 구축하는 기술들이 필요함.

- 환경 관리 시스템 : 지하공간을 이용하는 이용자들의 쾌적성을 저해하고 건강을 악화시킬 수 있는 대기오염(CO₂, 미세먼지, 온도, 습도) 등에 관한 정보를 계절별, 시간별 계측하여 현장 상황에 적합한 공기조화 시스템을 자동으로 제어하는 시스템 구축이 필요함.
- 자동화 설비 관리 시스템 : 조명설비, 전력설비, 엘리베이터 설비 등의 자동화 설비들에 대한 정보 관리 및 최적의 상태를 유지할 수 있도록 자동 제어 기능이 필요함.
- 설비 · 장비 이력관리시스템 : 방재를 위해 설치한 설비 · 장비에 대하여 설치 시점부터 운영 현황, 보수 현황 등의 정보이력 관리시스템 구축.
- 소화능력 DB시스템 : 지하공간의 소화설비의 소화능력 DB를 구축하여 지하공간 시설물 및 관련 장비에 대하여 안전하게 유지할 수 있는 DB 관리가 필요함.^[2]

3. IT 융합 터널 안전관리 모니터링 시스템

3.1 터널 안전관리의 필요성

기존 도시의 터널들은 도시 생성 초기 비계획적인 도시 개발과 낙후된 기술 적용으로 기존 터널들이 노후화되어 있으며, 상대적으로 매우 좁은 도로 구조와 도심에 위치하여 많은 차량들이 이용하는 터널들이 많이 있다. 이러한 터널들은 터널 내부에서 사고가 발생할 경우 초기 대응을 신속하게 하지 못하면 2차, 3차 사고가 발생할 수 있으며, 다수의 인명 피해가 발생할 수 있다. 그리고 도심의 교통량이 많은 터널의 경우 터널내부 또는 주변에서 사고는 인근 도로의 교통 혼란을 유발시킬 수 있기 때문에 긴

급 상황을 신속히 알려 교통 혼잡을 경감시킬 수 있는 기술 개발이 필요하다.

3.2. 재난 대비 터널의 IT융합 기술 활용

터널에서 사고는 다양한 원인으로 발생할 수 있다. 예를 들면 산을 가로지르는 장대 터널의 경우 입구와 출구의 어느 한쪽에서만 눈이나 비가 올 경우 반대편 쪽에서 진입하는 차량은 위험을 사전에 인지하는 것이 쉽지 않다. 이러한 경우 미끄럼센서 또는 노면감지 센서 등을 이용하여 운전자에게 반대편의 노면 또는 기상 정보를 실시간(real time)으로 제공할 경우 운전자는 사전에 방어운전을 할 수 있다. 그리고 터널 내부에서의 차량의 속도를 감지할 수 있는 속도감지센서를 이용하여 차량 추돌이나 고장난 차량이 있을 경우 자동으로 관리자에게 전달함과 동시에 전광판에 이러한 사실을 알려줌으로서 진입하는 차량에 위험을 알리는 정보를 제공할 수 있다. 이러한 기술들은 센서 장비들 가격이 떨어지고 있고, 쉽게 적용할 수 있다는 측면에서 활용이 가능하지만 아직도 오동작이나 열악한 환경에서 항상 정상적으로 수행되는 검정이 되지 않고 있다.

그림 4의 USN(Ubiquitous Sensor Network)기반 안전관리 모니터링 시스템은 다음과 같은 서비스를 제공할 수 있다. 첫째, 터널외부에서는 눈이나 비가 올 경우 미끄럼감지 센서 또는 노면감지 센서를 설치할 수 있으며, 산이나 위험 절벽이 있는 경우 낙석감지 센서 등을 설치하여 정보를 제공할 수 있다. 둘째, 터널 내부에서는 차량 추돌로 발생할 수 있는 화재에 대비하여 화재감시 및 온도감지 센서, 공기질을 점검할 수 있는 미세먼지 감지센서, 온터널 내부의 벽면 균열을 감지할 수 있는 균열감지 센서, 그리고 지진감지센서 등이 포함될 수 있다. 셋째, 터널 내외부에서 센서에 의해 감지되는 내용들은 영상, 소리, 문자메시지 등 다양한 방법으로 정보를 전송할 수 있는 시스템을 구축할 수 있다. 마지막으로 재난 발생시 판

지하공간 재난관리를 위한 IT융합 기술 동향

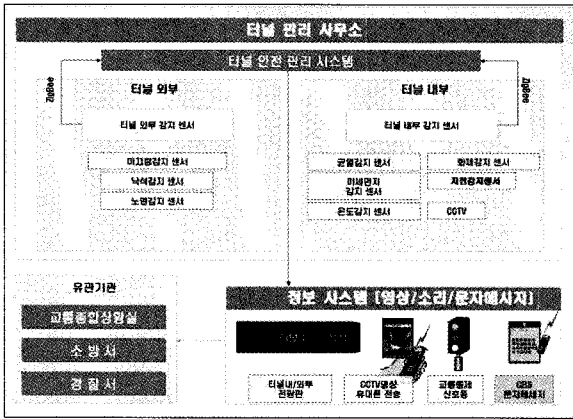


그림 4. USN 기반 터널 안전관리 모니터링 서비스 개념도

리사무소는 물론 소방본부, 경찰서 등에 자동으로 정보를 전송할 수 있는 시스템 개발이 포함될 수 있다.^[3]

4. 결론

IT기술은 이제 독립적인 학문 분야가 아니라 다양한 분야의 기술들과 융합될 수 있는 인프라 기술로 발전되었다. 최근 정부는 국토해양부 주관으로 지능형국토정보 기술사업과 도시재생사업단 등 신도시 및 기존도시 개발을 위해 IT기술을 융합한 새로운 기술개발을 주도하고 있다. 이런 관점에서 토목, 건축분야와 IT 기술의 융합은 국가가 주도하는 융합기술 뿐만 아니라 현장에서도 반드시 필요한 분야이다.

본 내용에서는 지하공간에서의 화재 등 재난이 발생할 경우 이용객들의 안전한 대피를 신속하게 돕기 위해 IT 융합 서비스 기능들에 대해 알아보았고, 도심의 기존 터널에 대해 차량 추돌시 2차, 3차 사고를 사전에 예방할 수 있는 센서 기술들을 소개하였다. 아직은 IT기술들을

환경이 열악한 지하공간이나 터널에서 적용할 경우 오작동이나 무선 환경에서의 문제점 등이 있다. 그러나 향후에는 도시재생이라는 관점에서 이러한 기술들이 융합되어 국민들에게 서비스될 수 있도록 학문간 융합 연구가 필요하다.

참고문헌

1. 황인주, "지하생활공간의 환경개선", 설비저널, 제34권, 제3호, pp.15-20, 2005. 3.
2. 정국삼, "지하가시시설의 방화대책", 한국산업안전기술지, 제1권, 제1호, pp.34-39, 2001.
3. 한국건설기술연구원, 지하공간 환경개선 및 방재기술 연구 사업 보고서, 2005. 1.
4. 김창수 외 6, "지하공간 안전관리 시스템", 소방방재청 인준 재난 안전기술사업 최종보고서, 2008. 6.
5. 노삼규, 허준호, "지하공간 다중이용시설물의 피난안전점검", 방재연구, 제15권, 제1호, pp.4-14, 2004. 3.
6. OO공사(지하철관련)현장 대응매뉴얼, 2006.
7. 서울시설관리공단, 서울 지하도상가 종합현황, 2007. 10.
8. 부산광역시, 2007 부산광역시 안전관리계획, 2007.
9. 부산 시설관리공단, 지하공간 관련 안전관리시스템 구축자료(지하도상가), 2007.
10. 부산교통공사, 소방계획서, 2008. 1.
11. 홍원화, 김태현, 전규엽, "비상시 지하공간의 초기 피난 및 구조 활동 분석에 관한 연구", 대한건축학회 논문집, 제21권, 제1호, pp.235-242, 2005. 1.
12. 이석철, 김창수, 정신일, 황현숙, 정수환, 김명호, "USN기반의 지하철 환경상태 모니터링 시스템 구현", 2005년도 한국멀티미디어학회 추계학술발표대회 논문집, 제8권, 제2호, pp.130-133, 2005. 11.
13. 김명호 외, "u-IT 기반 터널 안전관리 모니터링 시스템 구축," 정보사회진흥원 보고서, 2008.