

# 건설분야 유비쿼터스 기술 적용 현황 및 보안 이슈사항에 대한 제언

박기동\*

요약

디지털 컨버전스는 IT산업 내에서 기기 및 네트워크간의 융합을 중심으로 전개되어 왔으나 최근에 와서는 IT의 활용 범위가 보다 확대되면서 타 산업 기술과의 접목이 활발히 전개되고 있다. 기기 또는 네트워크간의 통합이나 동일산업 내의 서비스 통합에서 벗어나, 의료, 자동차, 건설 등 다양한 산업과 IT산업이 결합되는 이종산업간 융합이 진행 중이다. 특히 최근에 와서는 오래된 역사를 갖는 건설 분야와 반세기 동안 비약적인 발전을 이룩한 IT 분야가 서로 융·복합되어 새로운 형태의 서비스를 탄생시키고 있다. 건설-IT 기술의 융·복합을 통해서 서비스가 고도화가 되고, 지능화 되고 있으나, 이런 편리함에 비례하여 보안적인 문제들이 많이 생겨나고 있다. 본 고에서는 건설분야 IT 기술 적용 현황에 대해서 분석하고 건설-IT 융·복합 환경에서 발생하는 보안적인 취약점 및 이슈사항을 분석을 통해 건설-IT 융·복합 기술이 나아가야 할 방향을 모색하고자 한다.

## I. 서론

우리 인류는 지난 반세기 동안 다른 어떤 분야보다 정보통신 분야에서 비약적인 발전을 보여 왔다. 특히 대한민국은 최근 IT기술의 발달 속도가 타 국가에 비해 빨라 세계 최고의 IT 인프라를 바탕으로 국가정보화지수 세계 3위('05, NCA), 디지털 기회지수(DOI) 세계 1위('05, ITU), 정보사회지수 세계 8위('04, IDC) 등 정보화 부문에서의 국제적 위상이 아주 높아졌으며 높은 정보통신기술 수준은 인구 100명당 인터넷 이용자수 세계 2위('04), 초고속 인터넷 보급률(78%) 세계 1위('05) 등 세계 최고 수준의 이용 기반 역시 마련했다. 이러한 우수한 IT분야 기술과 인프라를 바탕으로 U-City를 세계 최초로 제안하고 실용화하고 있으며 이러한 U-City의 실용화의 밑바탕에는 다양한 산업분야에서의 IT 기술 접목과 융복합 기술 개발 노력이 있었다.

U-City의 근간을 이루는 USN, RFID, FTTH, Wireless Network 등의 IT 핵심기술 등이 실제 적용되는 물리적 공간을 만들어내는 건설 산업 영역에서도 IT 기술 접목의 다양한 시도가 있어 왔다. 이러한 건설 분

야에서 IT기술 적용의 실 사례를 검토하고 대표적 적용 사례라고 할 수 있는 U-건설과 U-시설물 안전 분야에서의 문제점을 조명하고 개선방안에 대해 제언하고자 한다.

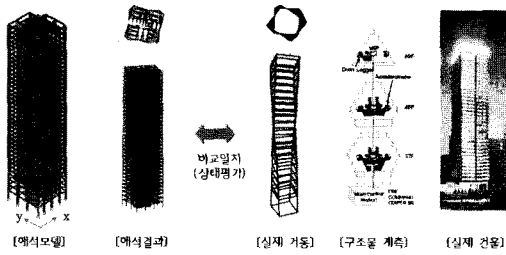
## II. 건설-IT 융·복합 기술의 동향

### 2.1 해외

현재 해외에서는 RFID를 이용한 건설기술 및 센서 모니터링을 통한 시설물 안전 관리 분야에서 IT기술이 가장 활발히 적용되고 있다. RFID를 이용한 프리캐스트 콘크리트 자재 모니터링 등 건설자재의 위치 추적관리 및 조달과 RFID를 이용한 건설현장 노무관리가 대표적이 예이다. 시설물 안전 측면에서는 UC Berkeley 연구팀의 금문교 안전진단 시스템, 센서 기술을 활용한 지반 모니터링, 콘크리트 양생과정에서 RF 센싱 기술의 활용, 무선센서네트워크를 이용한 구조물 모니터링 및 유지관리, 미국 인텔사 반도체 조립라인 건물의 진동 모니터링 시스템, 각종 파이프라인 침입감지 시스템의 구

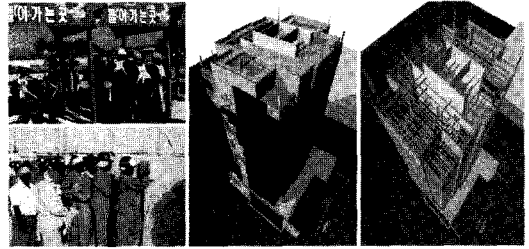
\* 대우건설 기술연구원 (kidongp@dwconst.co.kr)

측 등의 예가 있다.



[그림 1] 계측을 통한 초고층 구조물 구조안전성 모니터링

2.2.3 RFID 및 4D-CAD를 활용한 U-건설



[그림 2] RFID와 4D CAD를 이용한 U-건설

2.2 국내

2.2.1 시설물 구조 안전성 모니터링

국내에서는 센서를 활용한 SHM (Structural Health Monitoring) 분야에서 교량을 위주로 많은 연구 진행이 이루어지고 있으며 현재 초장대 교량에 다양한 적용 사례가 있다. 시설물의 중요도가 높은 초고층 구조물 및 경기장 등 대공간 구조물에도 Structural Health Monitoring 기술이 개발되어 적용 초기 단계에 있다[그림 1]. SHM을 활용하여 구조물의 상태평가 및 상시적인 구조안전 유지관리가 가능해 진다. 또한 구조물 손상평가 및 보유 수명 평가를 통해 효율적인 유지보수가 가능하고 안전성 확보 및 사용연한 증대의 긍정적인 효과가 있다.

구조건전성 진단 기술로는 시스템분석과 신경망이용, 초음파탐상 등 여러 기술이 있으나 현실적으로 여러 종류의 종래의 센서를 다수설치한 후 이를 이 후에 데이터 처리, 해석 분석을 통해 구조 엔지니어가 구조 안전성에 대한 결론을 내리는 경우가 대부분이다.

2.2.2 도시 기반 시설물 관리

3차원 GIS 기술을 활용하여 가상의 공간에 주요 시설물에 대한 시각적 인프라를 구축하여 GPS 기술로 시설물의 정확한 위치 정보를 맵핑하고 RFID 기술을 활용하여 시설물에 대한 정확한 식별과 데이터 수집의 자동화를 실현한 기술로 기존의 수작업에 의한 도시기반 시설물 관리에 비해 정보지체 현상 및 축적된 정보와 실제 시설물 상태와의 불일치 정도를 개선할 수 있다.

건설현장에서 출역, 토사, 레미콘 관리 분야에서 RFID 활용이 어느 정도 정착화되고 있다. RFID를 이용한 건설 물류 관리를 통해 입고에서 출고까지 전 과정의 제품정보 및 위치관리의 자동 파악이 가능하며 창고 내 물품 전체의 재고 파악이 가능하여 자재관리의 JIT (Just-In-Time)이 가능해 졌다.

더 나아가 대형건설사 들은 노무관리 [그림 2]와 안전관리에 까지 이 시스템을 적용하고 있으나 그 수준은 기존의 바코드를 대응하는 정도로 매우 미미하며 유비쿼터스라고 칭하기에는 거리가 있다.

건설 관리 차원에서 3차원 캐드에 부재정보 입력 및 공정관리까지 가능한 4-D CAD가 개발되어 사용되고 있으나 이 역시 기존 CAD의 부재에 공정관련 정보를 입력할 수 있는 정도이다.

이러한 초기단계의 건설관리 분야에서 그 지능화 수준을 높이기 위해 가상건설 (Virtual Construction) 시스템 개발이 3차원 CAD 기술을 바탕으로 설계 및 시공 단계 공정정보 시각화 및 건설정보기반의 시공단계별 의사결정지원시스템 구축을 목표로 기술개발이 진행되고 있는 중이다.

2.2.4 스마트 U-빌딩

이 기술은 인텔리전트 빌딩이라는 이름으로 건축물에 널리 적용되고 있다. 건물 내부의 환경 변화를 감지하는 각종 센서를 설치하여 지진, 화재와 같은 재난 시에 건물이 스스로 감지하여 상황 변화를 중앙의 통제실에 전송하여 재난상황을 제어할 수 있도록 한다. 평상시에는 건물 내 온도, 습도, 환기상태 등을 입주자에 쾌적하도록 제어하는 기능도 한다.

2.2.5 기타

이 외에도 하천, 사면, 도로 등에서 홍수, 가뭄, 태풍, 산사태, 지진 등에 대비한 재난 안전관리 기술, 초고층 초대형 구조물의 시공 시 전체 좌표에서 부재 등이 제 자리에 위치하는 지를 확인하기 위하여 기준점과 GPS 등을 이용하는 공법, 주요 건설업체들의 유비쿼터스 주거 환경 구현 노력, IT기술을 활용한 포장공사 품질관리 시스템 센서를 이용한 콘크리트 품질관리 (주로 콘크리트 양생 시 발열 체크), 계측 기술을 이용한 터널의 실시간 지능형 정밀시공 기술, 건설 자동화 지능형 로봇, MOS 시스템을 이용한 지하철 건설 안전관리 기술 등이 대표적인 건설분야 IT기술 접목 사례로 꼽힌다.

Ⅲ. u-Space 설비 구축을 위한 구조 요소기술 연구 개발

유비쿼터스 기술 발전의 가속화 및 요구의 다양화에 대응하여 구조물은 변화해 가야 한다. 급속하게 변화하는 IT기술 발전에 따른 다양한 요구변화를 수용할 수 없는 건축물은 지능화된 공간을 구성하는 U-시설물로 규정될 수 없으며 물리적으로 아무리 내구성을 지닌다 하더라도 효용성과 가치 저하에 의해 결국은 쓸모없는 건축물이 되고 만다. 사회적 요구 변화가 빠르지 않았던 과거에도 건축물 들은 신축 후 20년을 전후로 재건축을 요구되는 경우가 많았다.

이러한 사회적 요구 변화와 기술 발전에 대비하기 위해 조립식 가변형 벽체나 설비 구축의 자유도를 높히는 임시 바닥물 구축 기술 개발 등의 구조적 특성에 대한 연구가 진행되어 왔다.

현재 개발된 기술 들은 내장가동 패널칸막이벽체 및 수납형 칸막이 벽체, 주호내 2중바닥 속 배관/배선 설치 및 덕트방식, 탈착형 패널 시스템, 슬라브 설치 구조형식 (Slab down), 이중 벽체, 이중 바닥재, 이중 천정 (3D Total Infill), 가동 칸막이 등이 있다.

이러한 기술개발이 목표하는 점은 설비 설치의 자유도를 높이고 기술 (특히 IT기술) 발전속도에 부합되는 지속가능한 구조물을 건설하며 가변성, 리모델링의 용이성, 설비의 설치/유지관리 용이성을 높이는 데 있다.

대표적인 예로 MIT HOUSE\_N 프로젝트의 Open Source Building Alliance: Volumetric Modular Chassis

를 들 수 있다.

일본 NEXT21 프로젝트와 같이 공동주택이 구조골격 만 갖추고 자유 배선 등이 가능한 모듈화 유닛 주택 건설 (Skeleton & Infill) 기술이 적용된 경우도 있고 미국 House\_n이나 MIT Media House Project에서 처럼 구조, 배관, 파워, 통신, 센서, 절연, 환기 등 인프라설비를 하나의 공장생산조립으로 통합 제작하는 연구가 수행된 적도 있다.

이와 관련하여 건물 장수명화에 대한 오픈하우징의 구조를 위해 일반보/역보/중간보/혼합형 같은 보/슬라브 관련 구조기술, 가변 벽체기술, 수직덕트 활용기법 기술, Wet Zone 가변화 기술 등의 연구도 이루어 졌다.

Ⅳ. 건설-IT 융·복합 환경의 보안 이슈 분석

본 장에서는 건설-IT 융·복합 환경에서 보안 이슈에 대해 분석하고자 한다.

4.1 일반적인 보안 요구사항

- 데이터 기밀성(Confidentiality) : 어떠한 데이터에 권한이 없는 사용자가 접근을 못하도록 하는 서비스로 개인 프라이버시 보장, 비밀 정보 보안 유지 등에 꼭 필요한 서비스이다. 건설-IT 융·복합 환경에서는 지능적인 서비스를 위해서는 개인의 프로파일 정보의 사용이 많이 지고, 개인의 프로파일 정보가 센서 네트워크를 통해 쉽게 빠져 나갈에 따라 기밀성이 중요한 요구사항이다.
- 데이터 무결성(Integrity) : 데이터의 전송 또는 저장 시에 인가하지 않은 방법으로 제3자가 변경 할 수 없도록 하는 보안 서비스이다.
- 인증(Authentication) : 정보의 주체가 되는 송신자와 수신자간에 교류되는 정보의 내용이 변조 또는 삭제되지 않았는지, 정당한지를 확인하는 보안 서비스이다.
- 부인 방지(non-repudiation) : 송신자가 자신이 보낸 정보를 부인하거나, 수신자가 자신이 받은 정보를 부인하는 것을 봉쇄하는 보안 서비스이다.
- 가용성 및 접근 제어(availability and access control) : DoS 공격과 같이 사용자가 네트워크 또는 서비스를 이용하지 못하도록 하는 공격으로부터 보호하

는 보안 서비스이다.

#### 4.2 건설-IT 융·복합 환경의 보안이슈

건설-IT 융·복합 환경에서는 서비스를 제공하기 위해서 센서 네트워크를 기반으로 센서 또는 IT장치들이 이벤트를 수집, 분석 하여 사용자의 상황에 적합한 서비스를 추천하여 실행하는 과정을 거친다. 따라서 본 절에서는 건설-IT 융·복합 환경에서의 보안 이슈를 도출하기 위해 센서 네트워크에서 발생하는 보안 이슈를 중심으로 건설-IT 융·복합 환경에서의 보안 이슈를 분석하고자 한다.

센서 네트워크는 센서를 통해서 주변에서 발생하는 프로파일 정보 및 상태 정보들을 수집/분석하는 역할을 하며, 다양한 응용 어플리케이션에서 활용된다. 센서 네트워크는 일반적인 네트워크 구성과 다른 고유의 특성을 가지며, 따라서 센서 네트워크 자신만이 가지는 고유의 특성에 의해서 그 위협요소나 공격방법이 결정된다. 또한 이를 위한 보안대책의 면에서도 완전히 새로운 접근이 필요하다. 아래는 센서 네트워크의 보안 이슈를 나타낸다.

- **Node compromise** : 센서 네트워크는 수많은 소형 센서들이 건축물 또는 구조물에 흩어져 설치가 되므로 관리자가 모든 센서 노드들을 관리하고 감시하는 것은 사실상 불가능하다. 따라서 공격자는 쉽게 센서 노드에 접근하여 비밀키나 건물에 관한 정보 또는 건물 내부의 사용자 정보 와 같은 중요 데이터를 추출해 낼 수 있으며, 프로그램을 수정하여 네트워크에 재투입하거나 보다 강력한 노드로 교체시켜 공격에 이용할 수 있다. 하드웨어 적으로 tamper-resistant한 센서 노드를 값싸게 만드는 것은 매우 어려워 현실성이 떨어지며, 소수의 악의적인 노드가 존재하더라도 전체 네트워크가 안정적으로 동작 하도록 하는 resilient network를 구축하는 것이 필요하다.
- **Privacy** : 센서 네트워크는 쉽게 악의적인 목적으로 활용될 수 있다. 공격자는 은밀하게 센서네트워크를 통해서 건물 내부의 사용자 프로파일 정보를 쉽게 수집할 수 있다. 센서 네트워크의 경우는 쉽게 이러한 악의적인 행동을 감추 수 있고, 원격에

서 대량의 정보를 수집 및 가공이 용이하다는 사실이 문제를 더욱 악화시킨다. 불법적인 센서들을 찾아내는 센서 탐지 장치의 대량 보급이 한 방어책이 될 수 있으나 기술적인 방법만으로는 프라이버시 문제를 해결하기 어려우므로 법/제도적인 장치의 확립이 선행되어야 한다.

- **Authentication** : 민감한 센싱 데이터의 도청이나 프로토콜 메시지의 조작 등 일반적인 도청이나 프로토콜 메시지의 조작 등 일반적인 통신 보안을 위해 다양한 암호화적인 보안 기법들이 사용될 수 있다. 센서 네트워크의 경우 데이터의 융합, 필요상 중단간 보안은 대부분의 경우 불가능하므로 링크 계층 보안 프로토콜이 가장 일반적인 보안대책이 될 것이다.
- **Routing security** : 센서 네트워크의 동작에 가장 근간이 되는 것은 라우팅 프로토콜이다. 기존의 ad-hoc 라우팅 프로토콜은 대부분 센서 네트워크에 사용되기에 너무 무겁거나 또한 센서 네트워크의 특성상 사용이 불가능하다. 따라서 저 전력을 소모하는 가벼운 형태의 보안 기반 라우팅 프로토콜의 개발이 필수적이다.
- **Key Management** : 센서 네트워크 무작위로 배포된 센서들이 라우터의 역할을 겸하여 안전한 네트워크 인프라를 구축하여야 한다. 여기에서 가장 중요한 것은 보안 목적으로 사용될 비밀키를 설정하고 관리하는 것이다. 센서 네트워크의 다양한 특성들은 키 관리 문제에 중대한 도전이 되며, 키 관리 문제는 센서 네트워크의 보안에서 가장 어려우며 중요한 보안의 출발점이 된다.
- **서비스 거부 공격(Denial of Service attack)**: 센서 네트워크는 매우 제한된 자원만을 갖는 수많은 소형 센서들로 구성된 네트워크이다. 따라서 기반구조 자체가 매우 취약하며 물리적인 공격에도 무방비 상태이므로 다양한 형태의 서비스 거부(DoS) 공격이 가능하다. 센서 네트워크의 경우 설계 시작부터 일부 노드가 오류가 발생하더라도 지속적으로 동작하도록 설계되지만, 지능적인 공격자들은 쉽게 센서 노드들을 공격하여 서비스 거부 공격을 가할 수 있다. 특히 센서의 수명은 곧 전원의 수명과 일치하므로 다양한 방법으로 센서의 전원을 고갈시키는 DoS 공격은 치명적인 공격이라 하겠다.

센서 네트워크에 대한 DoS 공격은 다양한 계층에서 이루어질 수 있으며, 이러한 공격에 대항할 수 있는 프로토콜이나 정책 및 설계가 필요하다.

### 4.3 건설-IT 융·복합 환경에서의 보안 요구사항

앞 절에서 설명한 건설-IT 융·복합 환경에서 보안 이슈에 대처하기 위해서는 현재 무선 네트워크 환경에서 보안 서비스로 주로 제공하고 있는 기밀성(confidentiality), 무결성(integrity), 가용성(availability), 접근제어(access control) 외에도 권한관리(authentication management), 안전한 핸드오버 와 같은 추가적인 보안 요구사항이 제공되어야 한다.

- 기밀성(confidentiality) : 기밀성은 장치의 분실 및 도난, IP 스니퍼, 장치간의 동기화 등에 의해 침해될 수 있다. 건설-IT 융·복합 환경에서 기밀성을 유지하기 위해서는 다음과 같은 기능이 요구된다.

#### 4.3.1 저 전력 암호 알고리즘

건설-IT 융·복합 환경에서 u-Space를 구성하고 있는 기기들은 대부분 소형의 센서 또는 임베디드 기기들이다. 따라서 건설-IT 융·복합 환경에서는 기밀성을 보장하기 위한 알고리즘 개발에 있어서 에너지 사용량이 중요한 고려 사항이며, 이러한 기기들의 특성에 맞는 저 전력 보안 알고리즘이 요구된다.

#### 4.3.2 사용자 Privacy 보호 정책

건설-IT가 융·복합된 환경에서는 센서 또는 IT 기기들이 센서 네트워크 형태로 매설되어 환경 정보를 수집하거나 또는 사용자 프로파일 및 위치 정보를 수집하여 고도화된 서비스를 제공한다. 서비스가 고도화 될수록 사용자의 프로파일이나 상태 및 위치 정보가 센서를 통해 빈번히 수집되게 되며, 이러한 사용자 Privacy 정보는 공격자의 공격 대상이 된다. 따라서 건설-IT 융·복합 환경에서 지능적인 서비스를 제공해 주기 위해서는 무엇보다도 사용자 Privacy를 보호할 수 있는 정책 및 알고리즘 개발이 선행되어야 한다.

- 가용성(Availability) : 가용성은 DoS 공격, 악의적인 프로그램, 신호방해 공격, 배터리 소진 공격, 멀

티 홈 라우팅 프로토콜에서 노드들 중 일부분이 협력 거부 등에 의해 침해당 할 수 있다.

- 권한 관리(authentication management) : 건설-IT 융·복합 환경에서는 여러 가지 형태의 서비스가 융·복합 되어 고도화된 서비스가 제공될 것이다. 따라서 서비스의 공유에 따른 공유된 자원에 대한 접근제어 정책이 필요하다. 또한 공유된 장치에 대한 데이터에 대한 기밀성도 보장되어야 한다.
- 안전한 핸드오프 : 건설-IT 융·복합 환경에서 융합된 무선 네트워크를 이용하여 서비스를 제공할 경우 안전한 핸드오프 기술이 고려되어야 한다. 특히 건설-IT 융·복합 환경에서는 건축물 또는 구조물의 특성에 따라 상이한 네트워크 인프라가 설치될 것이기 때문에 특히 핸드오프 시 발생할 수 있는 보안 이슈들을 고려해 주어야 한다. 또한 안전한 핸드오프를 위해서는 사용자 인증, 키 관리 정책, 암호화 알고리즘, 과금 정책을 포괄적으로 고려하여 구현하여야 한다.

## V. 결 론

본 고에서는 건설-IT 융·복합 환경에서의 보안 이슈에 및 요구 사항에 대해서 살펴보았다. 서로 평행선을 그리던 기술 분야들이 서로 융·복합 되면서 사용자들에게는 고도화되고 지능적인 서비스를 제공할 수 있게 되었으나 이에 비례하여 새로운 보안적인 문제들이 생겨나고 있다. 현재 건설-IT 융·복합으로 인한 이 지중 환경, 네트워크 융합, 시스템의 상호 연동에 의해 보안적인 요구 사항들이 필연적으로 생겨나고 있으나 아직까지는 이에 대한 기술적, 정책적 해결책을 제시하지 못하고 있는 실정이어서 보안 및 정책 구현을 위한 다양한 노력이 필요하다.

### 참고문헌

- [1] Alastair R. Beresofrd, "Location privacy in ubiquitous computing", Technical Report No.612, University of Cambridge, Jan 2005.
- [2] <http://www.kisa.or.kr> (한국정보보호진흥원).
- [3] 윤용근, 정병주, "유비쿼터스 컴퓨팅 환경하의 개인 정보 침해유형분석", 한국전산원 정보화정책 이슈,

June, 2006.

- [4] 전황수, 박기식, “건설과 IT 융합, A Study on Convergence between Construction and Information Technology”, 전자공학회지 제35권 제5호, pp. 476-488, May 2008.
- [5] 김학범, “IP-USN 최신 기술 동향 및 보안요구사항 분석”, 정보보호학회지 제16권 제6호, December 2006.

### 〈著者紹介〉



#### 박기동 (Kidong Park)

1999년 2월: 경남대학교 건축공학 학사  
 2000년 12월: UCLA 건축구조공학 석사  
 2005년 12월: UCLA 건축구조공학 박사  
 2000년 12월~2006년 4월: Weidlinger Associates 선임엔지니어  
 2006년 6월~2007년 6월: KT 과장  
 2007년 6월~현재: 대우건설 기술연구원 선임연구원  
 <관심분야> 건축구조(내진/내풍설계, 특수구조) u-City