

건설 사업관리 DAT 활용분야 및 적용방법 분석

Effective Areas for DAT Utilization in Construction Projects

서 큰 솔*
Seo, Keunsol

박 종 순**
Park, Jongsoon

정 영 수***
Jung, Youngsoo

요 약

건설 사업관리의 자료 수집 및 분석에 있어 아직도 많은 부분이 현장관리자의 수작업에 의존하고 있다. 이런 수작업에 의한 관리 방법의 대표적인 문제점으로는, 자세한 현장자료의 획득이 어려울 뿐만 아니라, 가능하더라도 이를 위해서는 상당한 비용과 노력이 소요된다. 따라서 효율적인 사업관리를 위한 첨단 DAT(Data Acquisition Technology) 기술이 적용을 통한 자료수집 자동화가 시도되고 있으나, 대부분 기존 연구가 단일 공종이나 혹은 일부 주요 관리만을 대상으로 한 DAT 적용 연구로 이루어져 프로젝트 전체관점에서 분석한 종합적 연구는 전무한 상태이다. 따라서 본 연구는 DAT를 건설 사업관리와 관련하여 포괄적으로 분석함으로써 활용분야를 살펴보고 대체 활용 방향을 제안한다.

키워드 : 건설사업관리, 생산성, DAT (Data Acquisition Technology), 활용분야

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 건설공사가 대형화 및 복잡화됨에 따라 건설사업관리에 서 정보관리의 중요성은 점점 더 증대되고 있다. 그러나 건설 사업관리 중 현장발생자료의 기록 및 분석은 아직도 많은 부분 수작업으로 수행되고 있어, 생산성 저하 등 여러 가지 문제점이 제기되고 있다. 수작업에 의한 자료 수집 및 분석은 신속하고 정확한 프로젝트 데이터 및 정보의 획득을 어렵게 할 뿐만 아니라 상당한 비용과 노력이 소요된다.

이러한 맥락에서, 정확하고 신속한 성과측정, 객관적이고 일관적인 프로젝트 진행상태 파악, 실적자료 축적을 통한 관련 기술력 확보, 그리고 생산성 향상 등 효율적인 사업관리를 위한 자료수집 자동화의 필요성이 강조되고 있다. 건설현장 자료수집 자동화 방안 중의 대표적인 분야는 바코드(Bar-code), RFID(Radio Frequency Identification), GPS(Global Positioning

System), PDA(Personal Digital Assistants), USN(Ubiquitous Sensor Network) 등 첨단 DAT(Data Acquisition Technology) 기술의 적용으로서, 지난 10여 년간 활발한 연구가 진행되고 있다.

그러나 대부분의 기존 연구가 단일 공종이나 혹은 일부 주요 관리만을 대상으로 한 DAT 적용 연구만이 이루어졌을 뿐 전체적 관점에서 분석한 종합적 연구는 전무한 상태로서 포괄적인 적용방안의 고찰이 필요하다. 따라서 본 연구의 목적은 DAT의 건설 사업관리 활용방안을 포괄적으로 분석함으로써 효율적인 건설 사업관리 적용분야를 도출하는 기반을 마련하는데 있다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 건설 사업관리에서의 DAT 기술에 대한 개념분석과 건설현장 업무분야 적용여부를 조사하였다.

우선 DAT 기술적용 현황을 조사하기 위해 최근 15년간(1993년~2008년) 대한건축학회, 한국건설관리학회, 한국건축시공학

* 일반회원, 토목엔지니어링 CM사업본부, 명지대학교 공학석사, cacu7777@hanmail.net

** 일반회원, 토목엔지니어링 CM사업본부, 단국대학교 박사수료, jspak01@naver.com

*** 종신회원, 명지대학교 건축대학 건축학부 교수, 공학박사(교신저자), yjung97@mju.ac.kr

회, 미국토목학회(ASCE), 그리고 Automation in Construction 논문집에 게재된 41편의 문헌을 고찰 하였다.

이러한 DAT 연구사례를 종합적으로 분석하기 위한 분류 틀로서 '건설업무기능', '공종분류', 그리고 '자료측정 대상유형'의 세 가지를 선정하였다. 이는 14가지 '건설업무기능' (Jung & Gibson 1999), 26가지 '공종분류' (CSI 2004), 그리고 세 가지의 관리측정 대상유형(강승희 2008)을 포함한다.

본 논문의 구성은 1) DAT의 선행연구 문헌조사, 2) 분석을 위한 변수 정의, 3) 변수별 분류를 이용한 기술적용 관점 분석, 그리고 4) 활용현황 및 개선방향 제안으로 이루어져 있다.

2. 건설 DAT 활용 현황

2.1 바코드

바코드 시스템은 다른 DAT 시스템에 비하여 비용부담이 적고, 운영 및 설치가 간단하다는 장점에 의하여 많은 건설 현장에서 노무자 관리와 자재 관리 등 다양한 목적으로 이용되고 있다.

강경인 외(1995)의 연구에서는 바코드를 사용한 PC공장과 현장간의 유기적인 정보교환은 물론 현장에서의 효율적인 부재관리를 수행할 수 있는 통합적인 현장관리 시스템을 제안 하였고, 오세욱 외(2004)의 연구에서는 노무 관련 정보를 수집하고 이를 생산성 데이터로 가공하여 공정정보와 연계하는 정보기술 기반의 노무 정보관리 시스템을 제시하였다. 또한 임형철(2000)의 연구에서는 바코드를 도입하여 출역자의 정보(신상 및 출·퇴근)와 인원을 실시간으로 파악하게 함으로써 수작업에 의존하여 왔던 인력 및 출역관리를 데이터베이스화하여 자사의 노무관리 시스템에 연계하고자 하였다.

2.2 RFID (Radio Frequency Identification)

RFID는 자동인식(Automatic Identification)기술의 하나로써 데이터 입력장치로 개발된 무선(RF: Radio Frequency)으로 통하는 인식기술이다. 태그(Tag)안에 물체의 식별정보를 기록하여 놓고, 리더(Reader)와 안테나를 이용해 태그를 부착한 동물, 사물, 사람 등을 판독, 관리, 추적 할 수 있는 기술이다. RFID는 태그의 손상이 적고, 비접촉식으로 떨어진 거리에서도 데이터 획득이 용이하다는 점 등 다양한 장점들에 의해 건설분야에서 가장 활발히 연구되고 있는 DAT 중 하나이다. 일반적으로 건설 산업에서 자주 연구 혹은 적용되어지고 있는 분야로서는 자재관리와 노무자관리 등을 들 수 있다.

자재관리의 경우 장문석 외(2004) 연구에서의 커튼월과 Song, J. et al.(2006) 연구에서의 천장 마감자재 그리고 Chin, s. et al.(2008) 와 박창욱 외(2007) 연구에서의 철골, 한용우 외(2004) 연구에서의 철근, 문성우 외(2006) 연구의 레미콘 등 주요자재를 대상으로 자재조달 프로세스를 제시하고, 이를 바탕으로 한 RFID 시스템을 제시한 연구가 수행되어지고 있으며, 일부 현장에서 적용되고 있다.

노무자관리의 경우 Jaselskis, E.j. and Elmisalami, T. (1995)의 연구에서와 같은 단순한 노무출역관리에서부터 Navon, R. and Goldschmidt, E.(2002) 연구의 RFID 신호 수신감도를 이용한 노무자 위치 측정 및 생산성 분석에 이르기까지 다양하게 연구되어지고 있다. 이외에도 RFID 센서 태그 등이 개발되어 온도, 습도, 진동, 압력 등의 대한 데이터의 획득이 가능해졌으며, 이러한 RFID 센서 태그를 이용하여 콘크리트 양생관리, 추락사고 등과 관련된 안전사고관리 등 다양한 건설분야 적용 가능성에 대한 논의가 계속되고 있다(이재현 외 2006).

2.3 GPS (Global Positioning System)

GPS는 신뢰성이 높고, 사용이 용이하며, 다양한 활용이 가능하다는 장점을 가지고 있으나, 개방된 공간에서만 사용 가능하다는 점에서 건물 내부 공사에서의 활용이 어렵다는 단점을 가지고 있다. 따라서 측량/측지, 외부 공간에서의 장비/노무자 위치 파악 및 생산성 분석, 건설물의 수평변위 측정 등 다양한 건설분야의 적용이 이루어지고 있다.

측량/측지 분야에서는 GPS의 활용을 통하여 경제적인 작업 인원과 시간관리, 효율적인 기준점의 설정, 그리고 시공 상태의 점검 등 여러 가지 장점들에 의하여 효과적인 측량이 가능하다는 점에서 수년 전부터 GPS를 이용하여 정밀한 측정을 해오고 있다(백기현 2002).

Navon and Goldschmidt (2003)의 연구에서는 GPS를 이용하여 장비 혹은 노무자 위치 정보를 자동으로 측정하고, 측정된 정보를 장비/노무자 투입 위치와 시간 정보로 변환함으로써 효율적이며 적시성을 지닌 생산성 분석을 위한 노력이 이루어지고 있으며, 더 나아가서는 건설 프로젝트의 성과 관리 자동화 (Automated Performance Control, APC)를 위한 노력들이 병행되고 있다.

이와 더불어, Navon and Shpatnitsky(2005)의 연구에서는 GPS를 사용하여 건설물의 수평변위 및 수직변위를 모니터링 함으로써 측량에 드는 시간과 인력을 절감하고, 실시간 데이터 수집 및 분석이 가능하도록 하였다.

2.4 PDA (Personal Digital Assistants)

PDA는 휴대성을 강조하기 위하여 소형화된 반도체 기술과 모바일 통신기술을 채택함으로써 시간과 장소에 관계없이 언제, 어느 곳에서라도 손쉽게 정보를 교환할 수 있는 기술을 지향하고 있으며, 독자적인 운영체제를 통하여 개인정보 관리, 포켓 워드프로세서 등 휴대자가 필요로 하는 특정 프로그램들만을 운영할 수 있도록 구성되어 있다.

오세욱 외(2005)의 연구와 Serveone(2006)의 연구에서는 수집된 정보를 사용 주체들이 필요한 정보로 가공하여 웹을 통해 공유할 수 있도록 하는 품질점검 및 하자관리 시스템을 구축하여, 그에 따라 품질점검 및 하자관리 업무의 효율성을 제고하고 참여 조직간의 원활한 의사소통을 가능케 하여 상호간의 신뢰성 향상을 통한 품질 향상을 유도할 수 있을 것으로 기대하였다.

2.5 USN (Ubiquitous Sensor Network)

이재현(2006)에 의하면 USN(Ubiquitous Sensor Network)은 태그와 센서로부터 사물 및 환경 정보를 감지·저장·가공·통합하고 상황인식 정보 및 지식 콘텐츠 생성을 통하여 언제, 어디서나, 누구나 원하는 맞춤형 지식 서비스를 자유로이 이용할 수 있는 첨단 지능형사회의 기반 인프라로, 이는 궁극적으로 모든 사물에 컴퓨팅 및 통신 기능을 부여하여, 기존 사람 중심의 정보화를 사물 중심의 정보화로 확대하여 정보화의 새로운 지평을 창출한다.

이러한 USN기술은 실생활의 모든 분야에 걸쳐 활용될 수 있으며, 유지연(2007)의 연구에 따르면 현재 해외의 경우 국방·외교 분야에 지형탐사 금속 탐지에 적용되고 있으며, 유통·물류, 도로·교통, 의료·보건, 환경·보건, 산업·건설, 농·축산, 건강·복지, 교육·문화, 정보가전 등에서 적용되고 있다.

우리나라의 경우는 스마트홈, 물류/유통, ITS, 헬스케어, 국방, 환경, 로봇, 자동화, 공장자동화 등에서 시범 적용되고 있으며 특히 최근 건설분야 경우에는 시공 및 유지관리단계에 USN 기술을 적용하기 위한 연구 및 시범사업을 수행 또는 현재 진행 중에 있다(배기선 외 2007).

2.6 기타 센서

센서란 빛, 소리, 압력, 변위, 진동, 자계 등 각종 물리량이나 이온, 가스, 당분 등 여러 가지 화학량 등 외계의 정보를 감지하여 신호처리하기 쉬운 전기나 빛의 신호로 변환하는 기능을 지닌 소자, 또는 장치를 일컫는 말로 인간의 오감(시각, 청각, 미각, 촉각, 후각) 기능 및 상태를 충칭하여 표현하는 공학용어로

그 종류별로 분류하면 다음과 같다(표 1참조).

표 1. 센서의 분류

	구분	센서
분류방식	구성방법	조립센서:소자형 센서 조합센서:여러 개의 센서와 전기소자로 결합된 것
	측정대상	광센서, 이미지 센서, 적외선 센서, 온도 센서, 습도 센서, 기화광량 센서, 압력 센서
	구성재료	반도체 센서, 세라믹 센서, 고분자 센서, 호서 센서
	검출방법	전자기적 센서, 광학적 센서, 역학적 센서, 화학적 센서
	동작방식	능동형 센서, 수동형 센서
	출력방식	아날로그 센서, 디지털 센서
감지대상	광	광전자 방출형, 광도전형, 전합형(PD)
	이미지	촬상관, 고체이미지형(CCD형, MOS형)
	변위	포텐셜미터, 차동 변압기, 인코더
	위치/근접	광전형, 근접형, 거리형
	압력/하중	스트레인 게이지형, 압전형
	자기	홀 소자, 반도체 자기 저항, 강자성체 자기 저항
	온도	금속저항형, 써미스터, 열전대, IC온도, 방사온도
	습도	저해질 습도, 고분자형, 세라믹형
	화학	가스센서, 이온센서, 바이오센서

3. DAT 활용 분류

3.1 건설업무기능 (Construction Biz Function)

건설 산업의 업무기능의 정의 및 분류는 조직 목적 및 관점에 따라 다양한 형태로 표현되어진다. 본 연구에서는 일반건설기업의 업무기능 분류의 상세성과 포괄성을 유지하기 위하여 Jung & Gibson(1999)의 14가지 업무기능을 선택하였다.

그 분류 체계로는 기획, 영업, 설계, 견적, 공정관리, 자재관리, 계약관리, 원가관리, 품질관리, 안전관리, 인사관리, 재무관리, 일반관리, 연구개발 로 나누어진다(Jung & Gibson 1999).

3.2 공종분류 (Work Section)

건설 사업관리의 전 과정 동안 발생하는 방대한 정보를 효과적으로 축적, 관리하기 위해서는 각 공종별 차이에 따라 발생하는 정보를 표준화된 체계로 관리하는 것이 무엇보다 중요한 사항이다. 본 논문은 이를 위하여 CSI MasterFormat의 공종분류 체계를 활용하였다.

그 분류 체계 정리해보면 1. General Requirements, 2. Existing Conditions, 3. Concrete, 4. Masonry, 5. Metals, 6. Woods, Plastics, and Composites, 7. Thermal and Moisture Protection, 8. Openings, 9. Finishes, 10. Specialties, 11. Equipment, 12. Furnishings, 13. Special Construction, 14. Conveying Equipment, 21. Fire Suppression, 22. Plumbing, 23. Heating, Ventilating, and

Air-Conditioning (HVAC), 25. Integrated Automation, 26. Electrical, 27. Communications, 28. Electronic Safety and Security, 31. Earthwork, 32. Exterior Improvement, 33. Utilities, 34. Transportation, 35. Waterway and Marine Construction의 26가지(Process Equipment 제외)로 분류 할 수 있다(CSI 2004).

3.3 측정대상 (Measurement Object)

건설사업관리에 효율적인 DAT 적용을 위한 평가방법 제시 및 실적자료관리 효율성 연구에서 Kang & Jung(2008)는 측정대상을 몇 가지로 분류하였으며, 이는 크게 측정대상, 측정범위, 측정 타입으로 나누어진다.

그 세부적인 분류를 살펴보면 '측정대상'을 장비, 자재, 노무자, 문서로 분류하였고 '측정범위'는 현장 게이트, 구분자, 작업반경, 측정범위 미지정으로 분류 하였으며, '측정타입'으로는 자동, 반자동, 수동으로 분류된다 (강승희 2008, Kang & Jung 2008).

4. DAT 활용 분석

4.1 건설업무기능

앞서 소개된 세 가지 분류변수를 기준으로 하여, 기존 DAT 관련연구 논문을 분석하였다. 분석방법으로는 각 사례 논문이 세 변수의 세부항목에 해당될 경우 1회로 인정하여 그 총합산값 중 특정항목의 비중을 계산하였다.

14가지의 건설업무기능을 기준으로 기존연구사례 41건을 분류해보면 자재관리, 공정관리, 품질관리, 인사관리, 안전관리에 집중됨을 알 수 있다.

자재관리의 경우 대부분이 RFID를 사용하였고, 커튼월과 천장재와 같은 마감자재와 철골, 철근, 그리고 레미콘 등 주요자재를 대상으로 자재조달 프로세스를 제시하고, 이를 바탕으로 한 RFID 시스템을 제시한 연구가 수행되어지고 있으며, 일부 현장에서 적용되고 있다. 또한 마감자재(천장재)의 발주, 생산 및 출하, 현장 반입, 하역/소운반/양중을 포함하는 천장재 조달 프로세스 관리를 위한 RFID 기반 시스템을 개발하여 생산성을 도모하였다.

공정관리에 적용된 DAT로는 경제적인 작업인원과 시간관리, 효율적인 기준점의 설정, 그리고 시공 상태의 점검을 할 수 있는 GPS의 사용빈도가 가장 높은 것으로 나타났다.

품질관리의 경우엔 RFID를 사용하여 프로세스를 분석 및 적

용함으로써 이를 통한 건설 사업관리에서 효율적인 프로젝트 진행과 관리에 도움을 주고 건축물이 완공된 후에도 유지관리의 편의성을 제시함으로써 그 사용빈도가 가장 높았다.

그 외 인사관리와 안전관리의 경우 적용된 DAT로는 RFID, USN, Bar-code 가 있었지만 전체적으로 사용하는 빈도가 적으며 모두 고른 분포를 나타냈다.

결론적으로 14가지 건설업무기능 중, 자재관리에서의 DAT 활용빈도가 가장 높으며, 주로 적용된 DAT로는 RFID 및 GPS인 것으로 나타났다(그림 1참조).

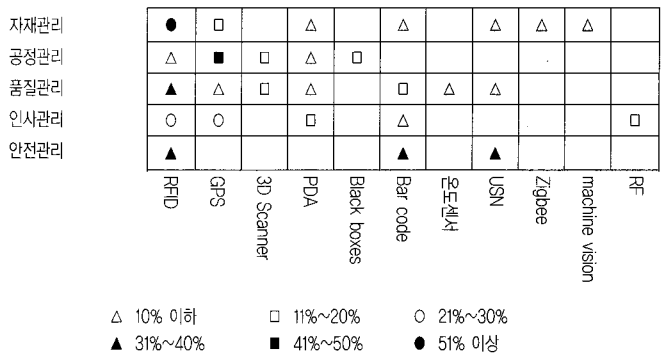


그림 1. 건설업무기능에 적용한 DAT 활용현황

4.2 공종분류 (Work Section)

26가지 공종분류를 기준으로 연구사례를 살펴보면, 현재까지 DAT 관련연구는 철근콘크리트공사, 토공사, 마감공사, 설비공사, 철골공사, 조적공사에 집중되었다.

그에 따른 DAT로는 GPS, RFID, RF, 3D Scanner Black boxes, PDA, 온도센서, Bar-code만이 적용됐으며, 각 공종별로 살펴보면 다음과 같다.

철근콘크리트공사(Division 03)에 적용된 DAT로는 RFID의 사용 빈도가 가장 높았으며, RFID를 사용하여 콘크리트 타설시 생산과 품질 관리의 효과를 높이는 것으로 나타났다.

토공사(Division 31)에 적용된 DAT중 GPS의 사용 빈도가 가장 높았고, 마감공사(Division 09)에 적용된 DAT로는 RFID, GPS, RF가 있었지만 그 활용도가 적고 RFID와 RF만이 그 사용빈도가 약간 높은 것으로 나타났다.

설비공사(Division 40), 철골공사(Division 05), 조적공사(Division 04)에 적용된 DAT로는 GPS, RFID, RF가 있었지만 전체적으로 각 공종에 첨단 DAT를 사용하는 빈도가 적어 그 신뢰도는 낮고, 모두 다 동등한 빈도를 나타냈다.

문헌고찰을 통해 조사 분석해본 결과 공종분류의 체계 중 철근콘크리트공사에 DAT를 적용한 분야가 가장 큰 비중을 나타냈

고, 공종분류에 적용한 DAT중 GPS 및 RFID의 사용이 가장 많은 것으로 나타났다(그림 2참조).

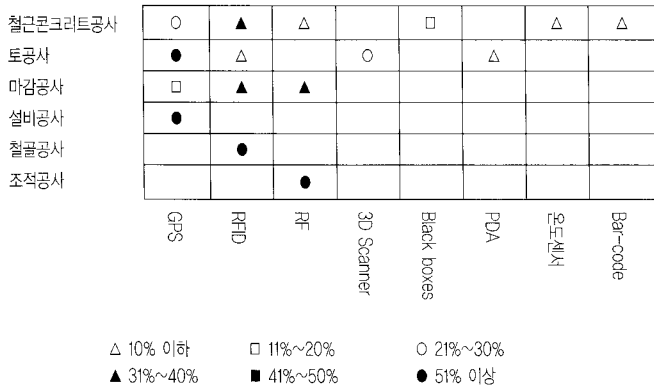


그림 2. 공종분류에 적용한 DAT 활용현황

4.3 측정대상(Measurement object)

강승희(2008)는 측정대상의 분류를 측정대상, 측정범위, 측정타입에 따라 분류하였으며, 이에 따른 측정대상으로는 자재를 대상으로 한 측정 객체가 가장 많음을 알 수 있고, 측정범위를 현장 게이트로 정한 범위와 작업반경으로 정한 객체가 다수를 차지함을 알 수 있으며, 측정타입을 자동으로 한 객체가 다수임을 알 수 있다.

측정대상의 분류 중 측정대상에 적용한 DAT 현황을 살펴보면 자재관리를 위하여 사용한 DAT종류가 가장 많은 것으로 나타났으며 문서관리를 위하여 사용된 DAT는 전무한 것으로 나타났다(그림 3참조).

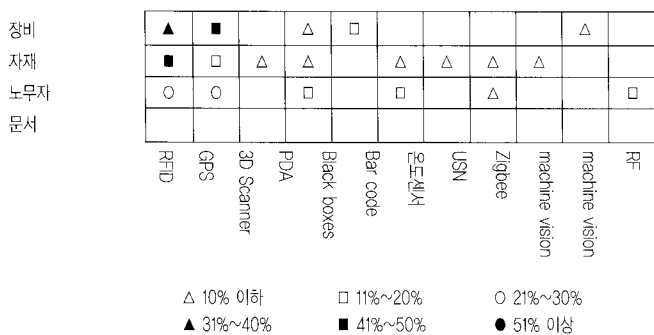


그림 3. Measurement object 측정대상에 적용한 DAT 활용현황

측정대상의 분류 중 측정범위에 적용한 DAT현황을 살펴보면 모든 부분에서 RFID를 사용하는 것으로 나타났다. 이는 현장에서 어느 부분 어느 위치 어떤 상황에도 RFID의 사용은 다른 DAT 장비보다 월등히 우수함을 나타냈다(그림 4참조).

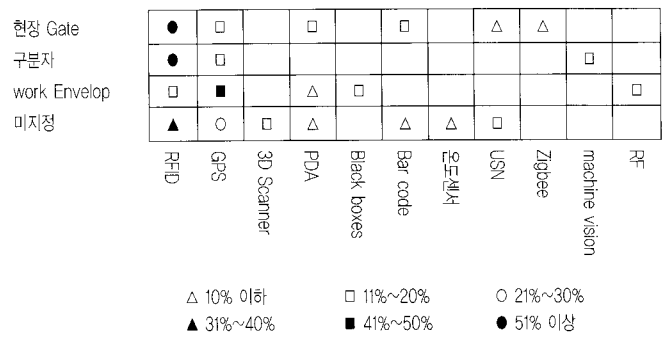


그림 4. Measurement object 측정범위에 적용한 DAT 활용현황

결과적으로 측정대상에 적용된 DAT로는 Bar-code, RFID, PDA, 온도센서, Zigbee, GPS, 머신비전, USN, 3D Scanner, RF, Black boxes가 사용되었는데 대부분이 RFID와 GPS를 이용하여 적용 하였을 뿐 그밖의 DAT의 사용 빈도는 매우 적음을 알 수 있다.

4.4 건설업무기능과 공종분류 관계의 DAT

자재관리에 있어서는 철근콘크리트공사에 건설사업관리의 생산성을 향상시키기 위하여 DAT를 가장 많이 사용하는 것으로 나타났다. 사용되는 DAT로는 거푸집 및 레미콘 등의 위치정보를 이용하는 RFID와 GPS가 주로 사용되었으나, GPS에 비해 작업조건에 적합하고 효율적인 RFID의 사용비율이 높은 것으로 나타났다.

또한 공정관리에 있어서는 철근콘크리트공사와 토공사 및 금속공사에 적용되었는데 토공사의 DAT의 비율이 높게 나타났고, 이에 적용된 DAT로 GPS와 3D Scanner가 있었으며 장비에 GPS를 부착하여 동선을 파악 또는 지반의 volume을 측정하여 공정관리를 하는 것으로 나타났다. 이에 다른 DAT보다는 그에 적합한 GPS의 사용의 비중이 높은 것으로 나타났다.

그밖에 품질관리에 있어서는 철근콘크리트공사에 DAT를 적용한 사례가 높은 비중을 나타냈으며 인사관리에 있어서는 철근콘크리트공사 및 마감공사에 높은 비중을 나타냈다.

건설업무기능에 적용된 DAT와 공종분류에 따른 DAT의 관계를 분석해본 결과 자재관리에 있어서 철근콘크리트공사와 공정관리에 있어서 토공사가 DAT의 적용 비율이 가장 높은 것으로 나타났다. 이에 적용된 DAT로는 RFID와 GPS가 있었는데 작업기능과 각 공종의 작업 조건에 적합하고 보다 효율적인 사업관리를 위해서 철근콘크리트공사의 자재관리에 RFID, 토공사의 공정관리에 GPS가 다른 장비에 비해 높은 활용현황을 보이고 있다(그림 5참조).

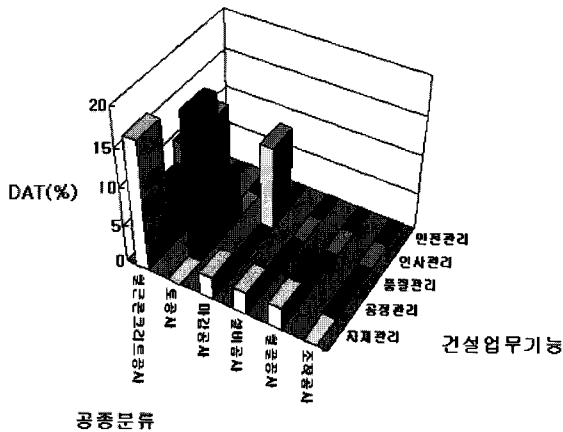


그림 5. 건설업무기능과 공종분류 관계의 DAT

5. 결론

본 연구는 건설 사업관리에 DAT 기술적용여부를 조사하기 위하여 문헌조사를 통한 이론적 고찰을 실시하였으며 DAT를 건설 사업관리와 관련 전체적으로 분석 하기위하여 건설업무기능 및, 공종분류, 측정대상 분류체계를 이용하여 분석하였다(표 2참조).

본 연구를 통해 도출된 결론은 다음과 같다.

첫째, 건설업무기능 분류를 이용하여 분석해본 결과 14가지 분류 중 자재관리, 공정관리, 품질관리, 인사관리, 안전관리 5가지 업무기능에만 주로 적용 되었으며, 그 중에서도 자재관리에 DAT를 적용한 분야가 가장 큰 비중을 나타냄을 알 수 있었다. 주요 업무기능에 적용된 DAT로는 RFID 와 GPS의 사용이 다른 DAT사용보다는 월등히 많은 것으로 나타났다.

둘째, 공종분류를 이용하여 분석해본 결과 26가지 분류 체계 중 철근콘크리트공사, 토공사, 마감공사, 설비공사, 철골공사, 조적공사에 DAT이 집중되었음을 알 수 있었고, 이중 철근콘크리트공사에 DAT를 적용한 분야가 가장 큰 비중을 보였으며, 적용 DAT로는 GPS 와 RFID의 사용이 월등히 많은 것으로 나타났다.

셋째, 측정대상을 바탕으로 분석해본 결과 측정대상을 자재로, 측정범위를 현장 게이트로, 측정타입을 자동으로 한 객체가 다수임을 알 수 있었다. 이에 적용된 DAT로는 대부분이 RFID 와 GPS를 이용하여 적용 하였을 뿐 그 밖의 DAT의 사용 빈도는 매우 적음을 알 수 있었다.

넷째, 종합하여 보면, 철근콘크리트공사의 자재관리에 RFID(17%), 토공사의 공정관리에 GPS(19%)가 다른 장비에 비해 높은 활용현황을 나타냈다.

DAT와 관련된 논문 국내 18편, 국외 23편 총 41편의 문헌고찰을 통해 조사 분석해본 결과 대부분이 각 공종과 각 업무에만

이 적용됨을 알 수 있었을 뿐 플랜트 공사, 공동주택공사, 초고층 건물공사, 중·저층 건물공사 등 어떠한 유형에 적용되었는지는 정확히 파악하기 어려웠으며, 건설 사업관리의 전 분야에 걸쳐 RFID 와 GPS의 사용이 가장 많다는 것을 알 수 있었다. 이에 RFID 와 GPS의 측정방법과 감지대상이 비슷한 근접센서와 거리센서 및 초음파 센서를 대체 활용할 수 있다면 그 효용성이 매우 높을 것으로 기대된다.

감사의 글

이 논문은 2008년도 명지건설 건설기술연구사업 및 2009년도 교육과학기술부의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2009-0074881).

참고문헌

- 강경인, 김형균 (1995). "바코드를 이용한 현장관리 시스템에 관한 연구", 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 15(1), 689-694
- 강승희 (2008). "건설진도관리 자동관리화를 위한 자료수집기술 (DAT)산정방법론", 명지대학교 박사학위논문.
- 김보연 (2006). "센서를 활용하자", 한진.
- 구도형, 윤수원, 진상운 (2006). "RFID를 이용한 건설 물류관리 프로세스 타입 분석", 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 161-166
- 문성우, 홍승문 (2006). "RFID 기반의 콘크리트 타설 모니터링 시스템의 구현", 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 629-632
- 문성우, 홍승문 (2007). "RFID를 응용한 콘크리트 타설 모니터링 시스템의 적용방안", 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 8(3), 142-149
- 박창욱, 권오철, 윤석현 (2007). "RFID 기술을 이용한 철골공사 자재관리 사례분석 및 개선방안제시", 한국건축시공학회 기술논문발표회 논문집, 7(1), 93-96
- 배기선, 이성복 (2007). "건설분야에서의 RFID/USN의 활용현황" 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 27(1), 423-427
- 손병기 (1996). "센서공학(Sensor engineering)", 일진사.
- 오세욱, 김영석, 이준복, 김한수 (2004). "PDA 및 바코드 기술을 이용한 건설 노무정보의 수집 및 활용", 한국건설관리학회 논문집, 5(5), 65-75
- 오세욱, 김영석 (2005). "PDA 및 웹 기반의 공동주택 품질점검 및 하자관리 시스템의 개발", 한국건설관리학회 논문집, 6(1), 140-150

표 2. DAT관련 문헌고찰

순번	저자	년도	제목	공종분류	건설업무기능분류	Measurement object			적용DAT
						대상	범위	타입	
1	강경인, 김형근	1995	바코드를 이용한 현장관리 시스템에 관한연구, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 15(1), 689-694	Division 03	품질관리	자재	현장Gate 설치지점	반자동	Bar-Code
2	구도형, 윤수원, 진상윤	2006	RFID를 이용한 건설 물류관리 프로세스 타입 분석, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 161-166	-	자재관리	자재	프로세스 지점	자동	RFID
3	문성우, 홍승문	2006	RFID 기반의 콘크리트 타설 모니터링 시스템의 구현, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 629-632	Division 03	자재관리, 품질관리	장비	현장Gate 타설지점	자동	RFID
4	문성우, 홍승문	2007	RFID를 응용한 콘크리트 타설 모니터링 시스템의 적용방안, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 8(3), 142-149	Division 03	자재관리, 품질관리	장비	-	자동	RFID
5	박창욱, 권오철, 윤석현	2007	RFID 기술을 이용한 철골공사 자재관리 사례분석 및 개선방안 제시, 한국건축시공학회 기술논문발표회 논문집, 7(1), 93-96	-	자재관리	자재	현장Gate 설치지점	반자동	RFID
6	오세욱, 김영석, 이준복, 김한수	2004	PDA 및 바코드 기술을 이용한 건설 노무정보의 수집 및 활용, 한국건설관리학회 논문집, 5(5), 65-75	-	인사관리	노무자	현장Gate 현장사무실	반자동	Bar-Code, PDA
7	오세욱, 김영석	2005	PDA 및 웹 기반의 공동주택 품질점검 및 하자관리 시스템의 개발, 한국건설관리학회 논문집, 6(1), 140-150	-	품질관리	-	현장Gate	반자동	PDA
8	이영균, 조호규, 김광희, 강경인	2005	건축공사 촉탁이 계측관리를 위한 유비쿼터스 시스템 구축 방안에 관한 연구, 한국건축시공학회 학술기술논문발표회 논문집, 4(2), 67-70	Division 03	품질관리	자재	-	자동	온도센서
9	이남수, 송재홍, 윤수원, 진상윤, 권순욱, 김예상	2006	RFID와 무선네트워크 기술을 이용한 자재위치 파악 방안, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 523-528	-	자재관리	자재	인식범위	자동	RFID, Zigbee
10	이정호, 박성진, 오세욱, 김영석	2002	GPS 및 머신비전을 활용한 타워크레인 양중 작업 효율화 방안, 대한건축학회 논문집, 18(11), 133-140	-	자재관리	장비	작업범위	자동	GPS, 머신비전
11	이재현, 박광호, 윤석현, 백준홍	2006	RFID/USN 기술을 이용한 건설재해 저감방안에 관한 연구, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 26(1), 605-608	-	안전관리	자재, 노무자	-	자동	RFID, USN
12	이슬기, 진상민, 유정호, 김창덕	2007	건설폐기물의 적정 처리 및 관리를 위한 RFID기술 적용방안, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 774-780	Division 03	자재관리(폐기물)	장비, 자재	-	자동	RFID
13	유지연, 최누리, 김창완, 김형관, 한승현, 김문경	2007	RFID/USN 연동 시스템의 건설 산업 적용을 위한 성능 실험에 관한 연구, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 880-885	-	자재관리	자재	Zone	자동	RFID, USN
14	장문석, 윤수원, 진상윤, 김예상	2004	RFID를 이용한 커튼월 프로세스 관리방안, 대한건축학회 춘계 학술발표대회 논문집, 24(1), 487-490	-	자재관리	자재	프로세스지점	자동, 반자동	RFID
15	주현태, 김경환, 이윤선, 김재준	2007	RFID/USN의 적용을 통한 건축물 관리방안, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 331-336	-	품질관리, 자재관리	자재	-	자동	RFID, USN
16	한재구, 권순욱, 조문영	2006	RFID 기술을 활용한 자재관리 시범시스템 구축 및 현장실험, 대한건축학회 논문집, 22(10), 121-128	Division09 (천장재)	자재관리	자재	현장Gate, 층Gate	자동	RFID
17	한재구, 권순욱, 조문영	2007	RFID 기술을 활용한 건설현장의 노무관리시스템 프로토타입구축, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 853-858	-	인사관리	노무자	현장Gate, 층Gate	자동	RFID
18	한용우, 조준희, 이유섭, 강태경, 김중선	2004	멀티미디어와 RFID 등 IT를 활용한 지능형 타워크레인 개발 기초연구, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 625-628	-	자재관리	장비	-	자동	RFID, GPS
19	Caldas, C.H. Torrent, D.G. and Haas, C.T.	2006	Using Global Positioning System to Improve Materials-Locating Processes on Industrial Projects, Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 132(7), 741-749	Division 40	자재관리	자재	-	자동	GPS
20	Chang, K.T. Chang, J.R. and Liu, J.K.	2005	DetectingofPavementDistressesUsing3DLaserScanningTechnology, Proceedingsof Computing in Civil Engineering 2005	Division31 (포장공사)	품질관리	자재	-	자동	3D Scanner
21	Chin, S.Y. Yoon, S.W. Choi, C.H. and Cho, C.Y.	2008	RFID+4D CAD for Progress Management of Structural Steel Works in High-Rise Buildings, Journal of Computing in Civil Engineering, 22(2), 74-89	Division05 -1200(철골)	자재관리, 공장관리	자재	프로세스지점	반자동	RFID
22	Du, J. and Teng, H.	2007	3D Laser Scanning and GPS Technology for Landslide Earthwork Volume Estimation, Automation in Construction, 16(5), 657-663	Division31(포장공사)	공정관리	Volume	-	자동	3D Scanner, GPS
23	Ergen, E. Akinci, B. East, B. and Kirby, J.	2007	Tracking Components and Maintenance History within a Facility Utilizing Radio Frequency Identification Technology, Journal of Computing in Civil Engineering, 21(1), 11-20	Division 03	자재관리(야적)	자재, 장비	작업범위	자동	GPS, RFID
24	Ergen, E. Akinci, B. and Sacks, R.	2007	Tracking and Locating Components in a Precast Storage Yard Utilizing Radio Frequency Identification Technology and GPS, Automation in Construction, 16(3), 354-367	-	품질관리	자재	현장Gate	자동	GPS, RFID

표 2. DAT관련 문헌고찰(계속)

순번	저자	년도	제목	공종분류	건설업무기능분류	Measurement object			적용DAT
						대상	범위	타입	
25	Jaselskis, E.J. Anderson, M.R. Jahren, C.T. Rodriguez, Y. and Steven N.	1995	Radio-Frequency Identification Applications in Construction Industry, Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 121(2), 189-196	Division 03	자재관리	장비	현장Gate	자동	RFID
26	Jaselskis, E.J. and Elmisalami, T.	2003	Implementing Radio Frequency Identification in the Construction Process, Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 129(6), 680-688	-	자재관리	자재	-	반자동	RFID
27	Jaselskis, E.J. Gao, Z. and Walters, R.C.	2005	Improving Transportation Projects Using Laser Scanning, Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 131(3), 377-384	Division 31	품질관리, 공정관리	자재	-	자동	3D Scanner
28	McCullouch, G. and Lueprasert, K.	1993	2D Bar-Code Applications in Construction, Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 120(4), 739-752.	-	자재관리, 품질관리, 안전관리	노무자, 자재	-	반자동	Bar-Code
29	Navon, R.	2005	Automated Project Performance Control of Construction Projects, Automation in Construction, 14(4), 467-476.	Division 31	인사관리, 자재관리	노무자, 장비, 자재	Work Envelop	자동	GPS, RFID
30	Navon, R.	2007	Research in Automated Measurement of Project Performance Indicators, Automation in Construction, 16(2), 176-188.	-	공정관리, 자재관리, 인사관리	노무자, 장비, 자재	Work Envelop	자동, 반자동	GPS, PDA
31	Navon, R. and Berkovich, O.	2005	Development and On-Site Evaluation of an Automated Materials Management and Control Model, Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 131(12), 1328-1336	-	자재관리	자재	-	반자동	PDA
32	Navon, R. and Goldschmidt, E.	2002	Monitoring Labor Inputs: Automated-Data-Collection Model and Enabling Technologies, Automation in Construction, 12(2), 185-199	Division09 (인테리어내부마감)	인사관리	노무자	-	자동	RF, RFID
33	Navon, R. and Goldschmidt, E.	2003	Can Labor Inputs be Measured and Controlled Automatically?, Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 129(4), 437-445	Division0310(거푸집), Division0320(철근), Division0440(석공사), Division0930(타일공사)	인사관리	노무자	Work Envelop	자동	RF, GPS
34	Navon, R. and Kollon, O.	2007	Algorithms for Automated Monitoring and Control of Fall Hazards, Journal of Computing in Civil Engineering, 21(1), 21-28	-	안전관리	시설물 (Guardrails)	-	자동	-
35	Navon, R. and Shpatnitsky, Y.	2005	Field Experiments in Automated Monitoring of Road Construction, Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 131(4), 487-493.	Division 31	공정관리	장비	Work Envelop	자동	GPS
36	Navon, R. Goldschmidt, E. and Shpatnitsky, Y.	2004	A Concept Proving Prototype of Automated Earthmoving Control, Automation in Construction, 13(2), 225-240	Division 31	공정관리	장비	Work Envelop	자동	GPS
37	Peyret, F. Betaille, D. and Hintzy, G.	2000	High-precision Application of GPS in the Field of Real-time Equipment Positioning, Automation in Construction, 9(3), 299-314	Division 31	공정관리	장비	-	자동	GPS
38	Sacks, R. Navon R. and Goldschmidt, E.	2003	Building Project Model Support for Automated Labor Monitoring, Journal of Computing in Civil Engineering, ASCE, 17(1), 19-27.	Division0310(거푸집)	공정관리	노무자	Work Envelop	자동	GPS
39	Sacks, R. Navon, R. Brodetskaia I. and Shapira, A.	2005	Feasibility of Automated Monitoring of Lifting Equipment in Support of Project Control, Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 131(5), 604-614.	Division0310(거푸집)	공정관리	장비	Work Envelop	자동	Black Boxes
40	Sacks, R. Navon R. and Brodetskaia I.	2006	Interpretation of Automatically Monitored Lifting Equipment Data for Project Control, Journal of Computing in Civil Engineering, ASCE, 20(2),	Division0310(거푸집), 03(Con'c)	공정관리	장비	Work Envelop	자동	Black Boxes
41	Song, J.C. Haas, C.T. and Caldas, C.H.	2006	Tracking the Location of Materials on Construction Job Sites, Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 132(9), 911-918	-	자재관리	자재	현장Gate	자동	RFID

참고문헌

- 이용균, 조호규, 김광희, 강경인 (2005). “건축공사 흑막이 계측관리를 위한 유비쿼터스 시스템 구축 방안에 관한 연구”, 한국건축시공학회 학술, 기술논문발표회 논문집, 4(2), 67-70
- 이남수, 송제홍, 윤수원, 진상운, 권순욱, 김예상 (2006). “RFID와 무선네트워크 기술을 이용한 자재위치 파악 방안”, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 523-528
- 이정호, 박성진, 오세욱, 김영석 (2002). “GPS 및 머신비전을 활용한 타워크레인 양중 작업 효율화 방안”, 대한건축학회 논문집, 18(11), 133-140
- 이재현, 박광호, 윤석현, 백준홍 (2006). “RFID/USN 기술을 이용한 건설재해 저감방안에 관한 연구”, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 26(1), 605-608
- 이슬기, 전상민, 유정호, 김창덕 (2007). “건설폐기물의 적정 처리 및 관리를 위한 RFID기술 적용방안”, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 774-780
- 임문규 (2007). “첨단 IT기술을 활용한 고속도로 건설관리”, U-건설 국제컨퍼런스
- 유지연, 최누리, 김창완, 김형관, 한승현, 김문겸 (2007). “RFID/USN 연동 시스템의 건설 산업 적용을 위한 성능 실험에 관한 연구”, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 880-885
- 장문석, 윤수원, 진상운, 김예상 (2004). “RFID를 이용한 커튼월 프로세스 관리방안”, 대한건축학회 춘계학술발표대회 논문집, 24(1), 487-490
- 주현태, 김경환, 이윤선, 김재준 (2007). “RFID/USN의 적용을 통한 건축물 관리방안”, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 331-336
- 한재구, 권순욱, 조문영 (2006). “RFID 기술을 활용한 자재관리 시범시스템 구축 및 현장실험”, 대한건축학회 논문집, 22(10), 121-128
- 한재구, 권순욱, 조문영 (2007). “RFID 기술을 활용한 건설현장의 노무관리시스템 프로토타입구축”, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 853-858
- 한용우, 조훈희, 이우섭, 강태경, 김종선 (2004). “멀티미디어와 RFID 등 IT를 활용한 지능형 타워크레인 개발 기초연구”, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 625-628
- Caldas, C.H. Torrent, D.G. and Haas, C.T. (2006). “Using Global Positioning System to Improve Materials-Locating Processes on Industrial Projects”, Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 132(7), 741-749
- Chang, K.T. Chang, J.R. and Liu, J.K. (2005). “Detecting of Pavement Distresses Using 3D Laser Scanning Technology”, Proceedings of Computing in Civil Engineering 2005
- Chin, S.y. Yoon, S.W. Choi, C.H. and Cho, C.Y. (2008). “RFID+4D CAD for Progress Management of Structural Steel Works in High-Rise Buildings”, Journal of Computing in Civil Engineering, 22(2), 74-89
- Du, J. and Teng, H. (2007). “3D Laser Scanning and GPS Technology for Landslide Earthwork Volume Estimation”, Automation in Construction, 16(5), 657-663
- Esin, E. Burcu, A. Bill, E. and Jeff, K. (2007). “Tracking Components and Maintenance History within a Facility Utilizing Radio Frequency Identification Technology”, Journal of Computing in Civil Engineering, 21(1), 11-20
- Esin, E. Burcu, A. and Rafael, S. (2007). “Tracking and Locating Components in a Precast Storage Yard Utilizing Radio Frequency Identification Technology and GPS”, Automation in Construction, 16(3), 354-367
- Jaselskis, E.J. Anderson, M.R. Jahren, C.T. Rodriguez, Y. and Njos, S. (1995). “Radio-Frequency Identification Applications in Construction Industry”, Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 121(2), 189-196
- Jung, Y. and Gibson, G.E. (1999). “Planning for Computer Integrated Construction,” Journal of Computing in Civil Engineering, ASCE, 13(4), 217-225
- Jaselskis, E.J. and Elmisalami, T. (2003). “Implementing Radio Frequency Identification in the Construction Process”, Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 129(6), 680-688
- Jaselskis, E.J. Gao, Z. and Walters, R.C. (2005). “Improving Transportation Projects Using Laser Scanning”, Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 131(3), 377-384
- McCullouch, G. and Lueprasert, K. (1993). “2D Bar-Code Applications in Construction”, Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 120(4), 739-752
- Navon, R. (2005). “Automated Project Performance Control of Construction Projects”, Automation in Construction,

- 14(4), 467-476
- Navon, R. (2007). "Research in Automated Measurement of Project Performance Indicators", *Automation in Construction*, 16(2), 176-188
- Navon, R. and Berkovich, O. (2005). "Development and On-Site Evaluation of an Automated Materials Management and Control Model", *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, 131(12), 1328-1336
- Navon, R. and Goldschmidt, E. (2002). "Monitoring Labor Inputs: Automated-Data-Collection Model and Enabling Technologies", *Automation in Construction*, 12(2), 185-199
- Navon, R. and Goldschmidt, E. (2003). "Can Labor Inputs be Measured and Controlled Automatically?", *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, 129(4), 437-445
- Navon, R. and Kolton, O. (2007). "Algorithms for Automated Monitoring and Control of Fall Hazards", *Journal of Computing in Civil Engineering*, 21(1), 21-28
- Navon, R. and Shpatnitsky, Y. (2005). "Field Experiments in Automated Monitoring of Road Construction", *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, 131(4), 487-493
- Navon, R. Goldschmidt, E. Shpatnitsky, Y. (2004). "A Concept Proving Prototype of Automated Earthmoving Control", *Automation in Construction*, 13(2), 225-240
- Peyret, F. Betaille, D. and Hintzy, G. (2000). "High-precision Application of GPS in the Field of Real-time Equipment Positioning", *Automation in Construction*, 9(3), 299-314
- Sacks, R. Navon, R. and Goldschmidt, E. (2003). "Building Project Model Support for Automated Labor Monitoring", *Journal of Computing in Civil Engineering*, ASCE, 17(1), 19-27
- Sacks, R. Navon, R. Brodetskaia, I. and Shapira, A. (2005). "Feasibility of Automated Monitoring of Lifting Equipment in Support of Project Control", *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, 131(5), 604-614
- Sacks1, R. Navon, R. and Brodetskaia, I. (2006). "Interpretation of Automatically Monitored Lifting Equipment Data for Project Control", *Journal of Computing in Civil Engineering*, ASCE, 20(2), 111-120
- Song, J.C. Haas, C.T. and Caldas, C.H. (2006). "Tracking the Location of Materials on Construction Job Sites", *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, 132(9), 911-918
- Kang, S. and Jung, Y. (2009). "Automated Progress Measurement for Construction Projects", *Proceedings of the 3rd International Conference on Construction Engineering and Management (ICCEM-ICCPM 2009)*, 1068-1074.

논문제출일: 2009.04.10
 논문심사일: 2009.04.17
 심사완료일: 2009.12.07

Abstract

The managerial effort to acquire and maintain detailed construction control data has been the major barrier to improving the effectiveness of construction project management. Therefore, utilizing data acquisition technologies (DAT) can greatly improve the construction management processes by automating the data collection. Even though many researches attempted to explore the DAT utilization in construction, there has been no comprehensive study that examine the viability of DAT usage from a comprehensive perspective. In this context, the purpose of this study is to investigate the current efforts and future recommendation of DAT implementation in the construction industry.

Keywords : construction projects, productivity, DAT(Data Acquisition Technology), Utilization
