

RFID 기반의 콘크리트 타설 모니터링 시스템의 구현

RFID-Based Concrete Pour Monitoring System Implementation

문성우* · 홍승문**

Moon, Sungwoo · Hong, Seungmoon

요약

건설산업에서 설계·시공 역량을 발전시키고, 건설관리의 선진화를 달성하기 위해서 유비쿼터스 기술의 필요성이 대두되고 있다. 유비쿼터스를 응용하는 환경은 생산성과 관리효율 향상을 위한 많은 기회를 가져올 것으로 예상된다. 부산대학교 건설시스템연구실에서 실시하고 있는 본 연구는 기존 콘크리트 타설 프로세스에 유비쿼터스 기술 중 하나인 RFID 기술을 적용하여 콘크리트 타설 시 생산과 품질 관리의 효과를 높이는 방안을 제시하는 것을 목적으로 하고 있다. 시범현장에 대한 테스트를 위해서 RFID 기술을 접목한 사용자 환경을 개발했으며, RFID 장비를 배치 플랜트와 현장에 배치하여 콘크리트 타설 작업을 모니터링 했다. 현장 테스트를 통해서 배치 플랜트와 시공현장 간 커뮤니케이션을 향상시키고, 결과적으로 생산성 및 품질관리의 효과를 높일 수 있는 것으로 평가됐다.

키워드: 콘크리트 타설, 유비쿼터스, RFID, 생산성, 품질관리, 건설 커뮤니케이션

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

유비쿼터스와 관련하여 마크 와이저는 컴퓨팅을 유선과 무선 그리고 근거리 무선 사이에 이음매 없는 통신망이 실현됨으로써 누구든지 어디서나 자신이 필요한 정보를 얻을 수 있는 환경이라고 정의했다(Wiser, 1991). e-비즈니스가 도래 후 기업에서는 전통적인 업무처리 방식을 인터넷과 연결된 시스템 환경에서 처리하고 있으며, 이것은 새로운 비즈니스 환경을 만들고 있다 (문성우, 2004). 최근 사회 전반에 걸쳐 도입되고 있는 유비쿼터스 기술은 인터넷 환경에서 처리되던 업무 프로세스를 한 단계 높일 수 있는 새로운 기회를 제공한다.

건설산업에서 유비쿼터스의 개념이 중요한 것은 사회 전반에 구축되는 정보 인프라 기반에서 건설 산업의 경쟁력을 강화하고 건설관리의 선진화를 달성할 수 있기 때문이다. 본 논문에서는 RFID 기술을 적용하여 콘크리트 타설 프로세스에 대한 실시간 모니터링 체계를 제공하고 콘크리트 타설 시 생산과 품질 관리의 효과를 높이는 방안을 소개한다. RFID 기반의 콘크리트 타설 모니터

링 환경을 제공함으로써 배치 플랜트와 시공현장 간 커뮤니케이션이 향상되고 효과적인 콘크리트 타설 관리가 가능하게 될 것이다.

1.2 연구 방법

본 연구에서는 RFID 태그를 레미콘차량에 부착하는 차량중심의 콘크리트 타설 프로세스 모델을 제시하였다. 실험을 통해 배치플랜트 출·입구와 시공현장의 도착, 타설, 출구 지점에 각각 안테나를 설치하여 레미콘 차량의 이동 시간을 실시간 모니터링 하고자 하였다. 태그를 부착한 레미콘 차량이 안테나를 지날 때 발생하는 이벤트 시각은 인터넷을 통해 호스트 PC로 전송된다.

호스트 PC에는 배치 정보와 생성된 이벤트 시각을 처리할 수 있는 응용환경을 개발하여 설치한다. 응용환경은 인터넷을 통한 접속이 가능하며 배치정보의 업데이트 및 레미콘 차량의 운반, 타설, 대기, 그리고 회차 시간을 계산한다.

RFID 하드웨어와 응용환경을 접목하여 구축된 유비쿼터스 콘크리트 타설 시스템을 이용하면 배치 플랜트와 현장에서 타설 과정을 실시간 모니터링 할 수 있고 생산성과 품질의 신뢰성 향상이 기대된다.

* 중신회원 부산대학교 공과대학 토목공학과 조교수
sngwmoon@pusan.ac.kr

** 학생회원 부산대학교 공과대학 토목공학과 석사과정
u1m2@naver.com

2. 건설관리 향상을 위한 유비쿼터스의 응용

현재 토목·건설 부문에서의 유비쿼터스 환경 구현에 대한 연구는 IT나 물류관리 분야에서와 같이 활발하게 이뤄지고 있지 않았다. 그러나 최근 건설 IT의 발전과 경쟁력 향상이라는 목표로 유비쿼터스 응용에 대한 관심이 높아지고 있다. 자연환경에서 수행되는 건설의 특성을 고려했을 때 유비쿼터스의 응용분야는 계속 개발되어야 할 것이며, 생산성 향상을 위한 많은 기회를 창조할 수 있을 것이다.

건설관리에서 유비쿼터스의 응용이 가능하게 되는 것은 국가차원에서 추진하고 있는 정책의 결과로 나타나고 있다. 전자태그(RFID), 와이브로(Wibro, 초고속 휴대 인터넷), 임베디드 시스템(embedded system)과 같은 기술적 발전이 있었기 때문에 IT 선진기술을 이용한 건설 유비쿼터스 응용이 가능하게 된다. 유비쿼터스 기술은 시간과 장소에 구애 없이 필요한 정보를 제공하고, 건설공사에 투입되는 자원에 대한 실시간 관리를 가능하게 할 수 있다. 즉, 전자태그는 교량, 도로, 댐, 건물 등 모든 구조물의 시공 중, 그리고 시공 후에 활용되어서 필요한 정보를 제공함으로써 시공, 유지관리 등 건설공사의 라이프사이클 측면에서 정보관리를 가능하게 한다.

2007년도에 본격적인 서비스를 할 예정인 와이브로는 기존의 소규모 무선 네트워크 시대를 확대하여 초공간적 네트워크 기반의 유비쿼터스 환경 구축에 실질적인 도화선이 될 것이다. 와이브로는 그동안 PDA에 의존하던 모바일의 제한점을 극복하고, 기대보다 더 빠른 시간 내에 건설현장의 자원관리를 공간적 한계를 넘어서 유비쿼터스 하에서의 이상적인 건설관리환경을 제공할 수 있게 될 것이다. 따라서 방대한 자원이 시간과 공간에 걸쳐서 투입되는 건설사업의 경우 유비쿼터스화에 대한 많은 노력과 연구가 필요하며, 향후 국가 건설 산업의 선진화를 위해 투자가 이뤄져야 한다.

3. 국내외 사례

3.1 해외사례

미국에서는 홈오토메이션과 자연환경 모니터링을 위해 USN 기술이 적용되고 있으며 일본에서는 USN을 활용하여 지진으로 인한 진동이나 충격, 화재로 인한 온도 상승을 감지하는 건물모니터링 시스템이 개발되었다.

미국 버클리대학에서는 USN을 이용하여 구조물 및 교량에 대해 유비쿼터스 기술을 적용하기 위한 센서 설치 및 위험 모니터링 연구를 수행하고 있다 (그림 1).

미국 Flour Construction은 텍사스대학과 몇몇 RFID 업체들과 협력하여 건설자재에 RFID 태그를 붙여서 제조공장에서부터 건설현장까지 배송을 실시간으로 모니터링하고 재고관리작업을 자동화하기 위한 연구를 수행했다.

기존의 정기적이고 단편적인 계측을 벗어나 유비쿼터

스 환경을 활용한 실시간 모니터링 체계를 구축한다는 것은 선진건설관리로 나아가기 위한 첫걸음이라 할 수 있다. 건설시스템에 의한 실시간 커뮤니케이션을 대한 연구는 국제 경쟁력을 갖추기 위한 필요조건이 되고 있다.

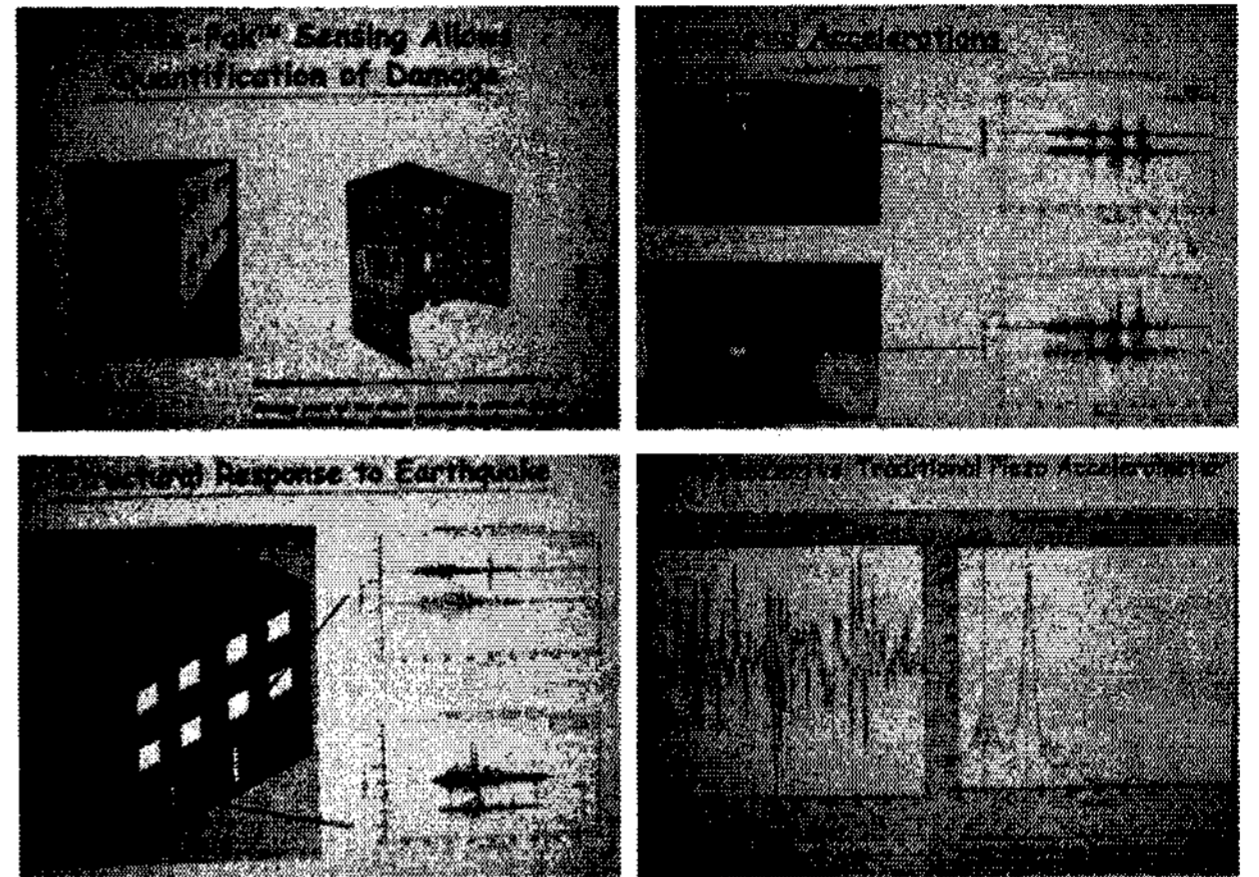


그림 1. 구조물 모니터링을 위한 유비쿼터스 응용 (미국 버클리대학 토목공학과 홈페이지)

3.2 국내사례

최근 기존의 온라인 형태의 건설 정보화에서 한 단계 발전하여 유비쿼터스를 건설관리에 접목하고자 하는 노력이 진행 중에 있다. 온라인에서 처리되던 건설정보가 무선환경에서 처리됨으로써 자연환경에서 수행되는 건설 프로세스를 개선시키는 기회를 가져온다. 건설 프로세스상의 데이터를 송수신하여 처리함으로써 현장에서 필요시 설계정보, 계약정보 등에 접근함으로써 중단없이 작업을 수행하고자 하는 것이다.

국내 건설업계에서 시도하고 있는 몇 가지 응용사례를 살펴보면 삼성물산 건설부분의 경우 건축현장에서 필요로 하는 콘크리트 타설 프로세스에 유비쿼터스를 적용하여 데이터 획득을 시도하고 있다. 또 RFID 기술을 자재, 물류, 공정, 인력관리 등에 시범 적용하고 있으며 서초동 삼성타운이나 버즈 두바이에서 효과에 대한 현장 검증 단계에 있다.

현대 건설에서는 일부 현장에서 RFID를 통한 출입자 관리시스템을 가동 중이며 한국건설기술연구원에서는 연구개발 과제로 'RFID를 이용한 초고층 공사의 자재관리 시스템 개발'을 하고 있다. 한국전산원에서는 2005년에 건설현장 콘크리트 구조물 양생 이력 검사를 위한 USN 적용시험을 시작했다.

SK건설은 홈네트워크, RFID 등 유비쿼터스 사업을 검토중이며 동부건설은 관계사인 동부정보기술을 통해 시설물 유지보수와 애프터서비스 등에 대해 도입을 타진하고 있다.

4. RFID 기반의 콘크리트 타설 모니터링을 위한 RFID 기술요소

RFID 기술을 콘크리트 타설 모니터링에 적용하기 위해서는 기본적으로 1) 태그, 2) 안테나, 3) 리더기, 그리고 4) 수집된 데이터를 처리하고 유용한 정보로 변환하기 위한 응용환경 등 RFID 기술의 하드웨어와 웹 환경의 소프트웨어가 접목되어서 개발되어야 한다(그림 2).

첫째, 태그는 IC 칩에 태그 고유번호를 저장하여 콘크리트 차량을 식별하는데 사용된다. 본 연구에서는 960MHz 대역의 극초단파(UHF)를 사용했으며 태그의 인식거리는 5.6m이다.

둘째, 안테나는 특정 주파수로 변조한 무선신호를 생성하고 전파함으로써 태그에 에너지를 공급하고 태그는 고유번호를 전송한다. 안테나를 콘크리트 타설 프로세스의 각 축점에 설치하여 레미콘 차량에 부착된 태그정보를 수집한다.

셋째, 리더기는 안테나로부터 받아들인 태그신호를 변환(decode)하고 수집하여 데이터베이스가 구축된 호스트 시스템으로 전송한다.

그리고 넷째, 응용환경은 데이터베이스에 저장된 태그정보를 이용하여 콘크리트 타설 프로세스의 현황정보를 실시간으로 모니터링, 관리할 수 있는 시스템이다. 본 연구에서는 응용환경으로 유비쿼터스 콘크리트 타설 시스템(u-CPS, u-Concrete Pour System)을 구축하였다.

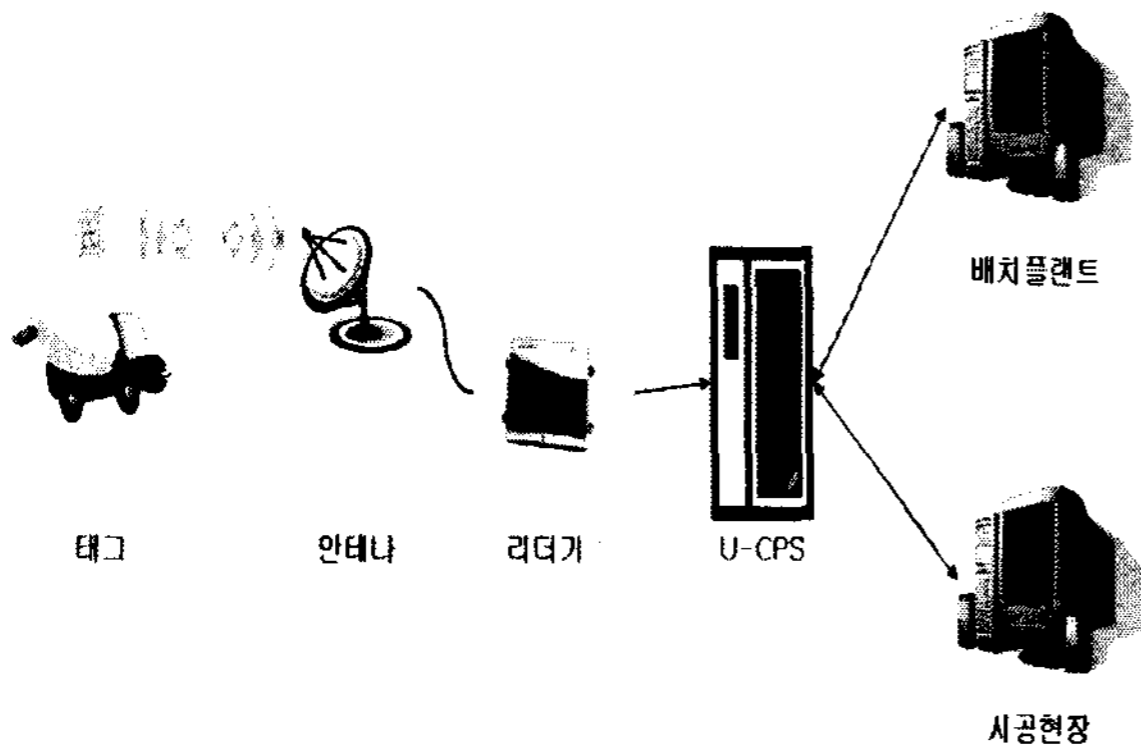


그림 2. RFID 시스템 작동 원리

4.1 유비쿼터스 기반의 콘크리트 타설관리 시스템 구조

유비쿼터스 기반의 콘크리트 타설관리 시스템인 u-CPS는 RFID와 태그를 이용하여 배치 플랜트와 현장 간 콘크리트 타설 프로세스의 현황정보를 제공하기 위한 구조를 갖는다(그림 3). u-CPS의 데이터는 서버에 저장되며, 인터넷을 통해서 배치 플랜트와 현장에서 실시간으

로 콘크리트의 운송과 타설 데이터를 업데이트 할 수 있다. u-CPS는 배치 플랜트의 플랜트관리시스템과 연계되어 배치정보를 자동으로 받을 수 있도록 인터페이스를 구성할 수 있다. 본 연구에서는 플랜트관리시스템과의 인터페이스 부분은 구현되어 있지 않으며, 수작업으로 배치정보를 입력했다.

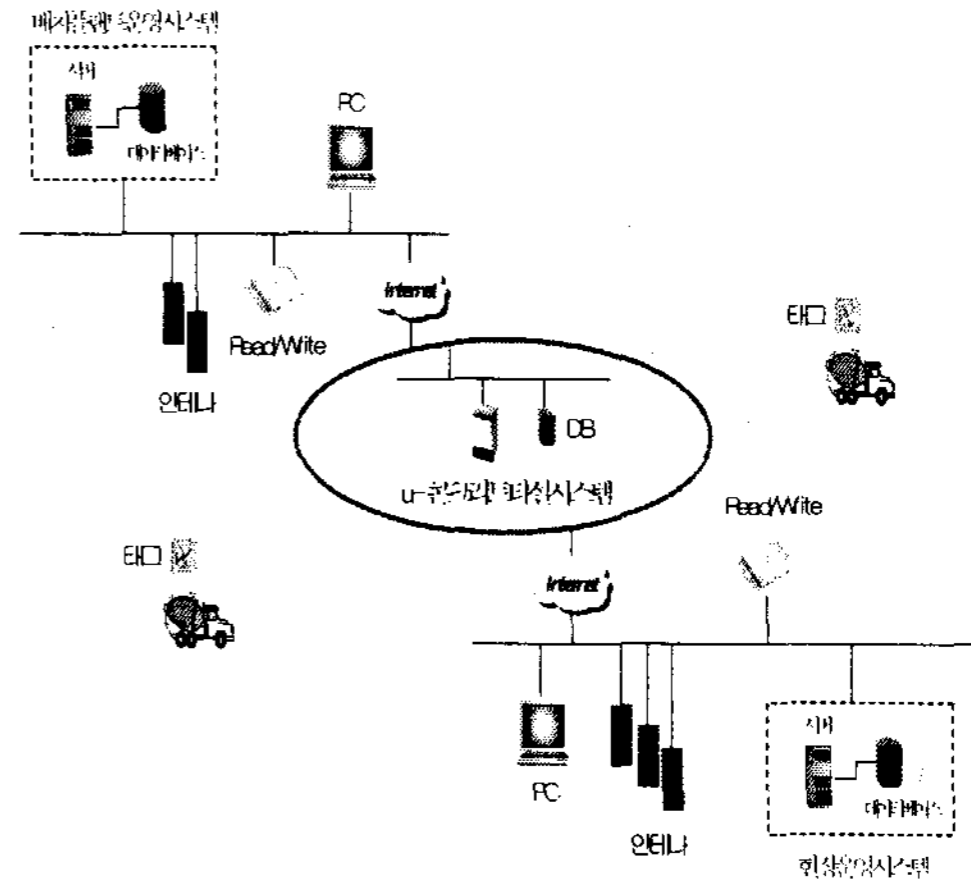


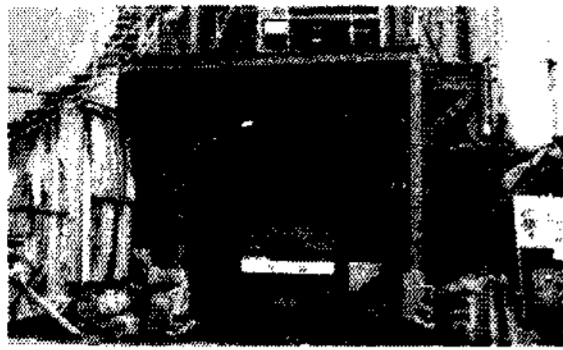
그림 3. RFID 태그를 이용한 콘크리트 타설 시스템 구조

4.2 RFID 기반의 콘크리트 타설 모니터링

부산대학교 토목공학과 건설시스템연구실에서는 유비쿼터스 기술을 건설관리에 적용하려는 연구를 하고 있다. 2005년 이후 유비쿼터스 연구의 일환으로 실시간 건설정보 획득을 위하여 RFID 기술을 활용하여 콘크리트 타설 프로세스의 개선을 시도하고 있다. RFID 기술을 활용한 콘크리트 타설 시스템은 콘크리트 타설시 레미콘 차량 운행 및 타설 등에 관한 데이터를 실시간으로 획득하여 콘크리트 타설시 생산성과 품질의 신뢰성을 향상시킬 수 있다.

본 연구에서 제시하는 콘크리트 타설 모니터링 모델은 레미콘 공장과 시공현장의 출입구 및 타설 위치에 안테나를 배치하고 레미콘 차량에 RFID 태그를 부착하여 콘크리트 타설 정보를 수집하는 것을 목표로 개발됐다(그림 4). 차량에 부착된 태그 고유번호와 차량에 탑재된 레미콘의 정보는 시스템을 구축한 서버에 저장하고 차량이 각 안테나를 지날 때 발생하는 시간 정보는 태그별로 차례대로 저장되어 운반시간, 대기시간, 타설시간 계산 및 타설 완료시간을 예측할 수 있다. 인식률을 확보하기 위해서 태그를 종이 판넬 위에 부착하여 레미콘 트럭 허리 부분에 위치시켰다.

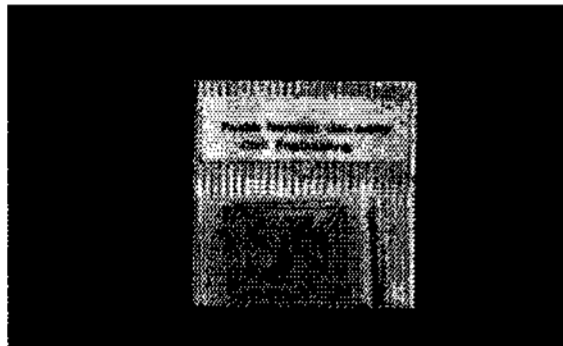
차량에 부착된 태그번호는 차량이 축점별로 설치된 안테나를 지날 때 시간정보와 함께 데이터베이스에 저장된다. 저장된 정보는 운반시간, 대기시간, 타설시간, 회차시간 등이 계산되어 인터넷으로 실시간 확인할 수 있다. 발생하는 시간정보의 평균값을 활용하여 타설완료 시간을 예측할 수 있으며, 콘크리트 데이터를 입력하여 품질 관리에 활용할 수 있다.



레미콘 상차



레미콘 정보입력



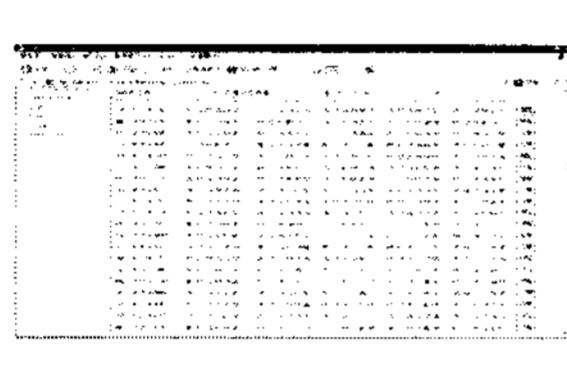
RFID 태그 레미콘차량 부착



측점별 안테나 통과



현장타설



콘크리트 운반 로그 데이터

그림 4: RFID 기술을 응용한 콘크리트 타설 모니터링

5. 결론

건설산업은 시공과 관리에서 그 활동의 의미를 가지며 특히, 공간적 다양함 속에서 처리되는 건설 시공과정은 물류, 제조업 등과 마찬가지로 많은 유비쿼터스 기술의 활용기회를 가진다. 사회 전반에 걸쳐 구축된 정보 인프라를 바탕으로 모든 것들이 연결되어 정보를 교환하는 사회 환경에서 건설산업의 생산방향과 관리방향에 대한

재정립의 노력이 필요한 시점이라 하겠다.

본 논문에서는 유비쿼터스 대표 기술 중 하나인 RFID 기술을 적용하여 콘크리트 타설 프로세스에 대한 새로운 모니터링 방법을 제시했다. 본 연구를 위해서 구성된 u-CPS 프로토타입은 RFID 하드웨어 장치와 u-CPS 소프트웨어 프로그램을 접목하여 개발됐다. 현장 실험을 위하여 배치플랜트와 타설 현장에 설치한 안테나를 통해서 레미콘 차량에 부착된 태그를 읽어 들이고 태그가 읽힌 순간에 생성된 이벤트 발생시각을 전송하여 출발과 도착, 타설 시작과 끝 등 콘크리트 타설의 진행현황을 알 수 있게 한다.

RFID 기술을 적용한 콘크리트 타설 시스템은 타설 측정 위치에 따른 안테나 설치의 어려움, 고가의 장비, 그리고 프로토타입이 가지는 성격상 한계점을 가진다. 그럼에도 불구하고 RFID 기반의 콘크리트 타설 시스템은 타설 과정의 커뮤니케이션 개선을 가져오고, 콘크리트 생산과 타설, 그리고 품질관리 등에 적극적으로 적용 될 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. M. Wiser (1991) The Computer for the 21st Century, Scientific American, Sept., N.Y., N.Y.
2. 문성우 (2004) 통합 건설관리 환경하에서의 일괄된 정보처리 체계, 생산기술연구소 논문집 제63권, 부산대학교, 생산기술연구소, pp. 93-100.
3. 국가과학기술위원회 (2002) 과학기술기본계획(2002~2006)
4. 미국 버클리대학 토목공학과 홈페이지 <http://www.ce.berkeley.edu/sys/research/research.html>
5. 삼성물산(주) (2004) 건설 진도율 산정 모델 개발, 한국건설관리학회, pp. 136-139.
6. 한국전산원 (2005) 국가정보화백서

Abstract

The application of ubiquitous technology offers many chances for improving construction management technologies. Currently the Construction System Integration Lab (CSIL) at Pusan National University is executing research on applying ubiquitous technology for better communication in the construction process. One of the research area is the implementation of RFID for monitoring the concrete pour process. The objective of this study is to collect data occurring in the process and use the data be properly planning concrete pour activities. Case study has been done on an actual concrete work. For the study a user environment was developed interfacing on internet with RFID devices that were installed in a batch plant and a construction site. The result of the test demonstrated that the RFID-based concrete monitoring can be a feasible approach for improving the communication in the construction process.

Keywords : Concrete Pour, Ubiquitous, RFID, productivity, quality, construction communication