

Genetic Algorithm을 이용한 RFID 건설 자재 관리 시스템 최적화

Optimization for RFID Based on Construction Material Management System Using Genetic Algorithm

김창윤* 김형관** 한승현*** 박상혁****
Kim, Changyoon. Kim, Hyoungkwan. Han, Seung Heon. Park, Sang Hyuk

요 약

자재 관리는 건설프로젝트에서 소요되는 전체 비용의 50%이상에 해당하는 가장 중요한 현장 관리 중 하나이다. 건설 분야의 자재 관리 방법 중 하나로 무선 주파수 인식(Radio Frequency Identification)을 사용한 관리가 시도되고 있다. 하지만 현재 RFID의 트랜스폰더(Transponder)를 어떻게 그리고 어디에 설치하여야 효율적인 자재 관리가 이루어지는 지에 대한 연구가 미비한 실정이고 어떠한 방법으로 최적화를 하여야 효율적인 설치가 될 것인지에 대한 연구도 이루어 지지 않고 있다. 따라서 본 연구에서는 RFID 트랜스폰더를 공사 현장에서 어떻게 그리고 어디에 설치하여야 효율적인 위치 설정이 될 수 있는지 유전자 알고리즘(Genetic Algorithm)을 이용한 최적화 방법에 대하여 알아본다.

키워드: 자재 관리, RFID, 위치 감지, 유전자 알고리즘

1. 서 론¹⁾

1.1 연구의 배경 및 목적

자재 관리는 건설 프로젝트에서 소요되는 전체 비용의 50%이상에 해당하는 가장 중요한 현장관리 중의 하나이다(Halpin 1987). 이런 자재관리를 위해서 제조업이나 유통업과 같은 타 분야에서는 정확하고 신속한 자재 관리 정보를 수집하기 위해 무선 주파수 인식(Radio Frequency Identification, 이하 RFID)기술을 도입하여 창고관리, 물류관리 등에 적용하고 있다(Finkenzeller 2003). 건설 분야에서도 RFID와 같은 비접촉식 기술을 사용한 자동화된 자재 관리 시스템을 통해 자재 관리에 소요되는 시간과 비용을 줄이는 동시에 효율성을 증대시키고

정확도를 높이기 위한 연구가 진행 중이다(최철호 2004). 그러나 현재 연구는 RFID의 기술적용을 위한 하드웨어(Hardware)적인 측면을 강조하고 있어 자재정보를 가지고 있는 RFID 트랜스폰더(Transponder)를 실제 공사 현장에서 사용할 때 어떻게(How), 어디에(Where) 설치해야 효율적인 자재관리가 이루어지는 지에 대한 연구는 미비한 실정이고 트랜스폰더의 설치 최적화 방법에 대한 연구도 많이 이루어 지지 않고 있다. 따라서 본 연구에서는 업무의 효율성을 높일 수 있는 RFID기술을 이용한 자재 관리 시스템을 구축에 따른 트랜스폰더 위치를 최적화하는 방법을 제안하는데 그 목적이 있다.

1.2 연구의 범위 및 방법

건설 산업에 있어 RFID 기술은 자재의 위치 추적 분야에 적용되는 시도가 이루어지고 있다. 위성항법장치(GPS : Global Positioning System)과 RFID를 결합하여 자재의 정확한 위치추적을 하는 방법이 연구되기도 하였다(Song 2004).

건설자재관리에 RFID를 도입하는데 있어 무엇보다 중요한 것은 효율적인 자재 추적을 위해 정보 전송과 수신

* 일반회원, 연세대학교 공과대학 사회환경시스템공학부 석사과정 changyoonkim@yonsei.ac.kr
** 일반회원, 연세대학교 공과대학 사회환경시스템공학부 조교수 공학박사 hyoungkwan@yonsei.ac.kr
*** 일반회원, 연세대학교 공과대학 사회환경시스템공학부 부교수 공학박사 shh6018@yonsei.ac.kr
**** 일반회원, 연세대학교 공과대학 사회환경시스템공학부 박사과정, cm4park@yonsei.ac.kr

이 가능한 트랜스폰더의 설치방법이다. 본 연구에서는 트랜스폰더의 최적 설치위치를 결정하기 위한 방법으로 실제 현장 상황을 고려하고 설치위치를 3차원 공간으로 구성한다. 최적화 기법으로 널리 사용하고 있고 다른 최적화 방법에 비해 모델의 구축이 간편하고 시간이 적게 걸리는 유전자 알고리즘(Genetic Algorithm)을 이용하여 건설 분야의 RFID 자재 관리 시스템에 있어서 정보를 송수신하는 트랜스폰더의 최적 설치 위치를 결정하는 방법을 제안하고자 한다.

2. 기존 연구 고찰

2.1 감지 장치(sensor)와 그 최적화

미 항공우주국(NASA)에서는 우주공간에서의 감지장치와 작동기의 위치 최적화에 대하여 연구가 진행되었고(Padula 1999), 초음파를 이용하여 프리캐스트(Precast) 콘크리트의 관리가 이루어지기도 하였다(Akinci 2002). 또한 초음파를 이용한 감지장치의 활용에서 유전자 알고리즘을 이용한 센서의 위치 최적화 방법이 적용되기도 하였다(Ray 2002). 또한 건설 산업의 경우에는 근접성 기술(Proximity Technic)을 이용하여 공사 현장에서의 수백 개의 자재를 추적하는 연구가 진행되기도 하였다(Song 2004, Kim 2004).

2.2 유전자 알고리즘의 이론적 고찰

유전자 알고리즘은 1970년대에 Holland의 개발된 방법(1975)으로, 환경에 적합한 개체가 자연선택과 유전자 변형을 통하여 발전해 나간다는 개념을 기초로 한 최적화 방법론이다.

유전자 알고리즘은 선택, 교배, 돌연변이의 요소 진행 과정으로 구성된다. 선택(Selection)과정은 염색체가 재생산을 위해 선택되는 회수를 정하는 과정이다. 확률적 균등 선택(Stochastic Universal Sampling)과 룰렛 선택법(Roulette Wheel Selection)은 선택의 과정에서 사용되는 방법들이다. 교배(Crossover)는 생태계의 번식 개념으로 모 염색체의 유전정보를 무작위 추출 방식을 통해 한 쌍의 염색체를 무작위로 추출하여 모 염색체의 특성을 가지고 있는 새로운 개체를 만든다. 돌연변이(Mutation)는 유전자를 일정한 확률 하에서 변형시켜 다른 개체를 만들어내는 과정이다. 이 과정을 통해 선택이나 교배 과정에서 사라져 버렸을 지도 모르는 좋은 유전자를 회복할 수 있다.

돌연변이까지의 단계로 얻어진 값을 개체군에 삽입하여 개체군의 적합도를 평가한 후에 정해진 세대 혹은 원하는 적합도가 나올 때 까지 위에서 수행하였던 유전자 알고리즘의 과정을 반복한다.(Chipperfield, 1994) 여기까지 유전자 알고리즘의 단계를 순서도로 나타낸 것이 그림 1이다.

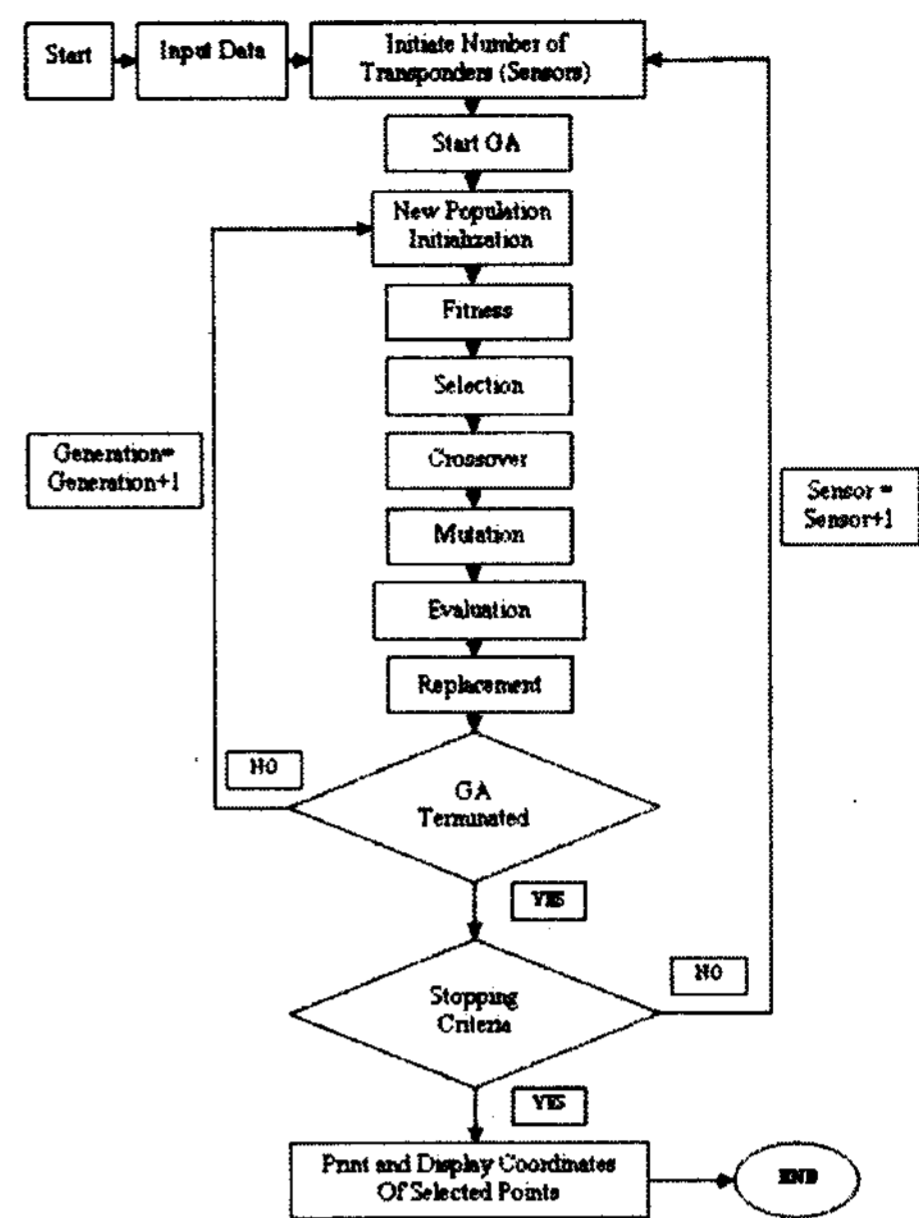


그림 1 유전자 알고리즘을 이용한 트랜스폰더 위치 최적화 순서도

3. 유전자 알고리즘을 적용한 위치결정 최적화 방법

3.1 적합함수의 설정

유전자 알고리즘에서 적합함수(Fitness Function)는 위치를 최적화하는 문제에서 염색체(chromosome)가 어떻게 작용할 지의 기준을 제공해 준다. 적합함수를 최소화는 트랜스폰더에 의해 인식이 되지 않는 공간을 줄여줄 수 있다.

$$F(x) = \frac{\text{인식이 되지 않는 모든 지점} + 3\text{차원 공간의 모든 지점}}{\text{인식이 되는 모든 지점}} \quad (1)$$

적합함수인 식(1)에서 '인식이 되는 모든 지점'이란 함은 제한된 공간상에서 정의된 격자의 트랜스폰더에 영향을 받는 총 지점의 개수이고, '인식이 되지 않는 모든 지점'의 경우 제한된 공간상에서 정의된 격자 중 트랜스폰더의 영향을 받지 않는 총 지점이다. 마지막으로 '3차원 공간의 모든 지점'은 제한된 공간상에서 정의된 격자의 모든 지점을 나타낸다.

3.2 데이터 입력

첫 번째 단계는 최적화에 필요한 네 개의 변수를 결정하는 것이다. 세 개의 변수는 트랜스폰더가 읽어야 할 삼차원 좌표(X, Y, Z)이고 다른 하나는 능동형(active) 트랜스폰더가 그 신호를 보냄으로써 읽을 수 있는 구(sphere) 모양의 범위의 길이(radius; R)이다. 트랜스폰더의 개수가

늘어나면 위치의 인식 정확도가 높아지기는 하지만 유전자 알고리즘을 이용할 때 시간이 걸리기 때문에 본 연구에서 제안하는 모델은 신속한 결과를 얻기 위해 트랜스폰더의 총 개수를 제한한다.

그림 2 에서와 같이, 위치를 알고 있는 최소한 3개의 트랜스폰더와 리더 사이의 거리를 측정함으로써, 공사가 진행되고 있는 곳에서 휴대용 리더의 위치를 삼각 측량을 이용하여 알 수 있다. 동시에 리더는 자재에 설치되어 있는 다른 트랜스폰더를 탐지하고 신호의 위치를 감지하여 자재와 리더 사이의 거리를 측정할 수 있다. 리더의 위치, 그리고 리더와 탐지된 트랜스폰더 사이의 거리를 확인함으로써 자재의 위치를 파악할 수 있다.

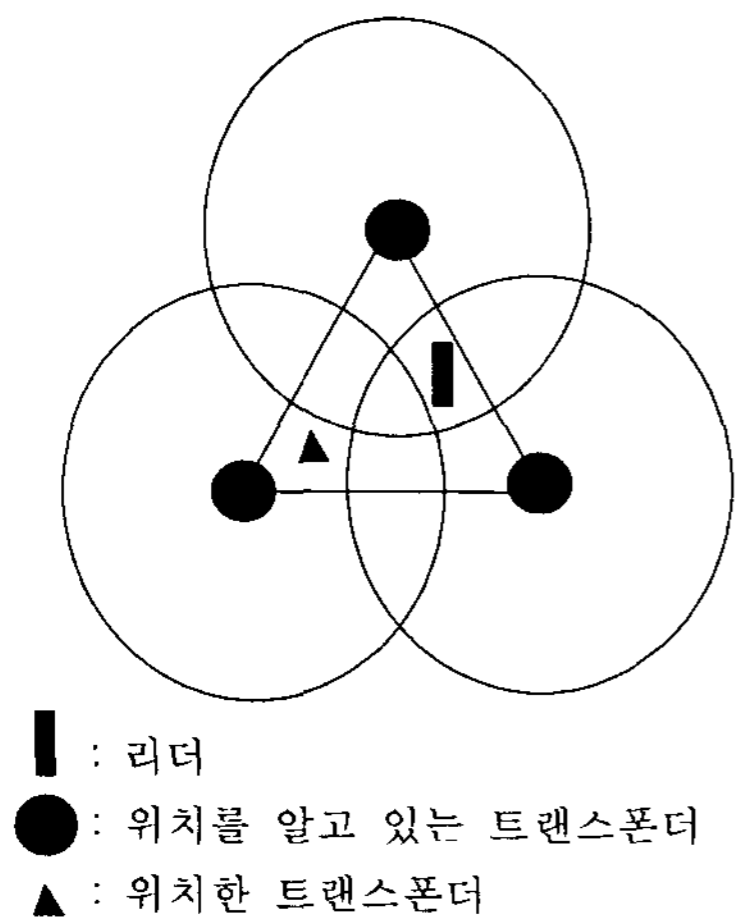


그림 2 방법론의 도식화

이들 함수의 유전자 알고리즘 적용을 통해 첫 번째 세대의 값이 도출되었다. 가장 좋은 염색체를 얻기 위하여 이와 같은 과정을 반복하여 일정한 회수의 시도를 통하여 마지막 세대의 염색체를 얻는다. 이 과정을 통해 얻을 수 있는 가장 최적화된 값은 1이다. 따라서 만약 유전자 알고리즘의 과정을 통해 최적화된 위치 개수의 값을 얻지 못한다면, 트랜스폰더의 개수를 늘리고 유전자 알고리즘에 의해 값이 나올 때 까지 과정을 되풀이해야 한다.

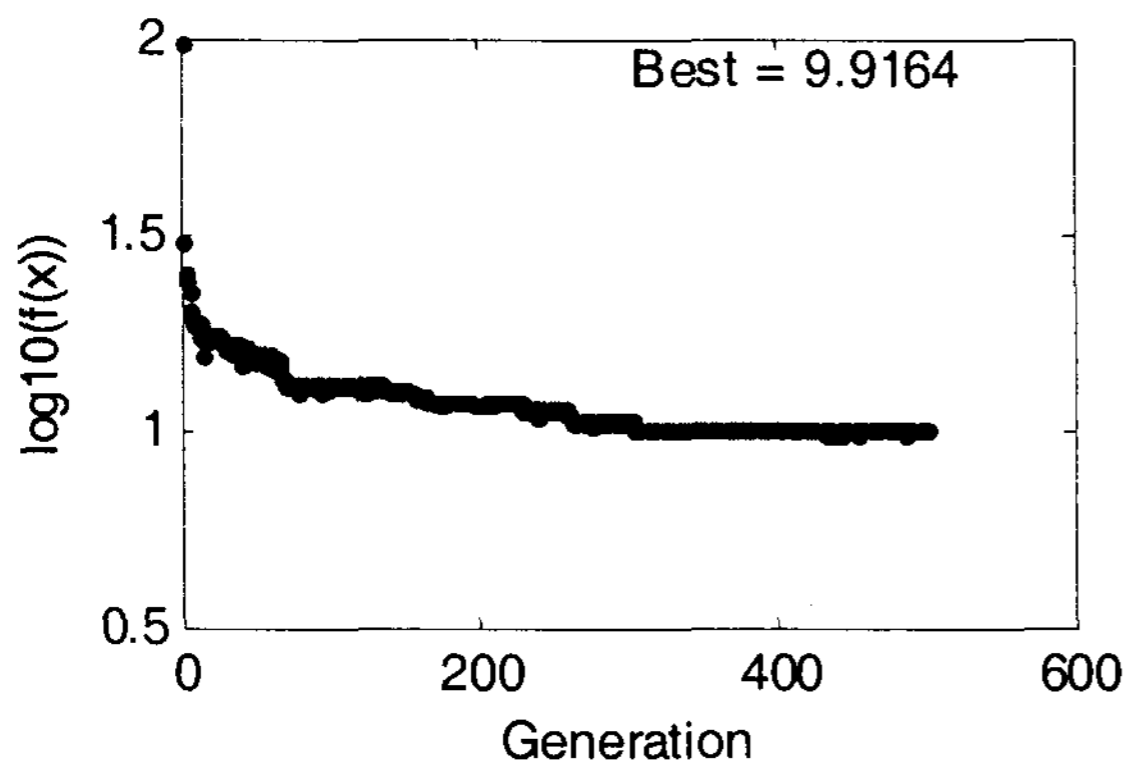


그림 3 유전자 알고리즘을 통한 결과

이 과정을 통하여 트랜스폰더의 삼차원 공간 상의 위치와 그 개수를 얻을 수 있었다. 유전자 알고리즘은 500세대까지 알고리즘을 실행하였고 실 예로 실제 데이터를 입력하여(X=80m, Y=40m, Z=10m, R=15m) 8번 시도를 통해 트랜스폰더의 개수는 9개이고 그 좌표는 표1에 나와 있다.

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
X(m)	87	5	10	65	63	25	39	85	45
Y(m)	6	10	34	5	30	10	37	31	10
Z(m)	10	9	8	9	7	9	9	8	8

표1. 유전자 알고리즘의 과정을 통하여 얻은 좌표

이렇게 얻어진 좌표를 삼차원 상의 공간에 표현을 해 보면 그림 4에서와 같은 위치가 표현될 수 있다. 이러한 방법을 통하여 트랜스폰더를 일정한 공간 안에서 어디에 설치하여야 최적화된 인식률을 가질 수 있는 지를 분석할 수 있는 방법이 된다.

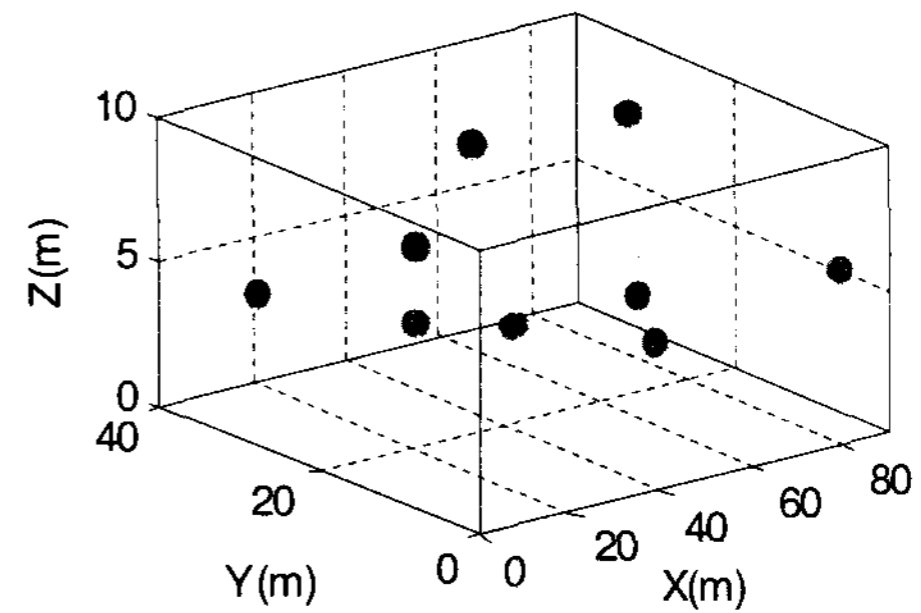


그림 4 유전자 알고리즘을 통해 얻은 좌표의 표현

5. 결론

본 연구를 통하여, 추적하고자 하는 물체에 부착한 트랜스폰더를 인식하기 위하여 위치를 알고 있는 트랜스폰더의 위치를 최적화함으로써 자동화된 자재 추적과 프로젝트 관리를 위한 RFID기술을 알아보았다. 프로젝트의 제어를 위한 자재 추적의 일반적인 전략으로서 이 연구의 방법론은 RFID기술을 사용하는 새로운 전망을 보여준다. 다른 최적화 방법론 보다 사용이 용이한 유전자 알고리즘을 이용하여 보다 간단한 방법으로 RFID 트랜스폰더를 설치할 수 있을 것으로 예상된다. 이 방법을 통하여 건설 프로젝트에 있어서 효율성을 증대시킬 수 있을 것이고 더 나아가 실시간 스케줄 관리 시스템과 연계되어 프로젝트 관리 과정의 효율을 높여줄 것으로 기대된다.

향후 실제 건설 프로젝트 상에서 이러한 자동화된 자재 추적 시스템의 방법론을 적용할 경우 어느 정도 효과를 낼 것인지 정확한 검증이 필요하고, 실제 적용을 통해

얻을 수 있는 효과의 정도와 적합성을 연구할 필요가 있다.

참고문헌

1. 최철호(2004), 건설 분야에서의 RFID 시스템 활용사례 및 발전방향, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집 2, pp145-153
2. Akinci B., Patton M., Ergen E.(2002) Utilizing radio frequency identification on precast concrete components supplier's perspective, Automation and Robotics in Construction, pp381-386
3. Chipperfield A., Fleming P., Pohlheim H., and Fonedca C.(1994), Genetic Algorithm Toolbox for use with MATLAB®, University of Sheffield, Department of Automatic Control and Systems Engineering. UK
4. Doherty L., Kristofer S. J. Pister, Laurent El Ghaoui(2001), Convex position estimation in wireless sensor networks, INFOCOM, IEEE 3, pp1655-1663
5. Finkenzeller K. and Waddington R.(2003) RFID Handbook : Fundamentals and application in contactless smart cards and identification, John Wiley and Sons Ltd.
6. Halpin D., Escalona A., and Samurlo P.(1987), Work Packaging for Project control, Construction industry Institutes
7. Kim C., Huh Y., and Kwon S.(2004), Material Management Using RadioFrequency Identification(RFID) in the Construction Industry, 건설관리학회논문집 5, pp107-113
8. Ray P., and Mahajan A.(2002), A genetic algorithm-based approach to calculate the optimal configuration of ultrasonic sensors in a 3D position estimation system, Journal of Robotics and Automation System 41, pp165-177
9. Song J., Caldas C., Ergen E., Haas C., and Akini B.(2004), Field Trials of RFID Technolugu for Tracking Pre-Fabricated Pipe Spools, Proceedings of the 21st International Symposium on Automation and Robotics in Construction, September 21-24, Jeju, Korea
10. Song. J., Kim C., and Kwan S.(2004). Positioning and Location Systems Applicable to Tracking On-site Construction Materials. 한국토목학회 8. pp149-155.
11. Padula, S., Kincaid R., Optimization strategies for sensor and actuator placement, NASA Tech Briefs, L-17839, 1999, pp.1-12.

Abstract

Material Management is one of the most important task in construction projects. More than 50% of the cost in a construction project is related to material management process. Material management method using RFID(Radio Frequency Identification) is now trying to the construction field. However, there are no enough researches on effective material management in terms of how and where RFID transponder should be installed and there are no other research that which optimization method can be used for effective installation. Therefore, this paper suggest that where and how RFID transponder can be installed on the appropriate position in construction fields using Genetic Algorithm optimization method.

Keywords: Material Management, Radio Frequency Identification, RFID, Location Sensing, Genetic Algorithm
