RFID 센서 네트워크 설계 시스템의 설계 및 구현

Design and Implementation of a RFID Sensor Network Design System

순남순, 여명호, 유재수
충북대학교

Nam-Soon Soon, Myung-Ho Yeo, Jae-Soo Yoo
Chungbuk National University

요약

최근 전자태그(Radio Frequency Identification: RFID) 기술의 비약적 발전과 함께 RFID에 대한 관심이 증가하고 있다. RFID는 다양한 응용 분야에서 널리 활용되고 있으며, 응용 분야에 따라 다수의 리더기를 공간에 배치하게 된다. 이때, 만약 리더기가 잘못 배치되면 리더기간의 간섭이 발생하고, 이로 인해 RFID 인식율이 저하되는 문제가 발생하기도 한다. 따라서, 비용적인 측면이나 시스템 성능적인 측면에서 리더기의 배치는 중요한 문제이다. 본 논문에서는 임의의 도면이 주어졌을 때, 전 영역을 커버할 수 있는 최소 개수의 리더기 배치를 위한 RFID 센서 네트워크 설계 시스템을 제안한다.

Abstract

Recently, many researchers have studied on RFID with the rapid development of RFID technologies. RFID adapts to many applications. A lot of readers may be deployed in some applications. The incorrect deployment of RFID readers occurs reader-to-reader interferences in many applications using RFID technologies. It causes the significant degradation of the RFID recognition rate. Therefore, it is very important to appropriately deploy the RFID readers in terms of costs and system performance. In this paper, we propose a novel RFID sensor network design system with the minimal RFID readers to cover whole regions when an arbitrary blueprint is given .

Ⅰ. 서론

현재 RFID의 응용분야는 물류, 유통, 교통 시장 등 다양하다. 이 분야에 적용된 RFID 는 도서관과 같이 한정된 공간에서 들어오고 나가는 객체(도서)의 ID를 무선통신 기술을 이용하여 파악하기 위한 단순한 시스템부터 물류창고와 같이 다수의 수신기를 격자 구조로 배치해서 리더기 탐색지역에서의 RFID 태그가 부착된 이동물체를 확인하고 그 위치를 계산하는 실시간 위치 추정 시스템(RTLS)도 있다[1][2]. 이러한 RFID를 이용한 위치 추정 시스템은 이미 많이 적용되어 물류센터 파렛트 인식, 놀이공원 미아 방지 시스템, 자동차 작업공정, 모바일 로봇 위치 추정 등에 활용되고 있는데, 이러한 시스템을 구현하기 위해서는 필연적으로 다수의 RFID 리더기가 필요하다. 현재 RFID 태그는 비교적 저가이어서 활용도는 높으나 다른 UWB 등 무선단말에 비하여 전파 도달거리가 짧아 대형 장소에 RFID 무선망을 구축하려면 많은 리더기가 필요하다. 그러나 RFID 리더기 가격은 수백만원 이상의 고가이어서 주어진 조건에서 최소의 RFID 리더기를 배치하는 것이 비용 절감에 중요한 문제로 대두되고 있다.

이동통신 네트워크 분야에서 많이 다루어진 중계기 배치(Basestation Placement) 문제는 수십년간 네트워크 토폴로지 문제로 다양하게 연구되고 응용되어 왔고, RFID 센서 네트워크 설계 최적화 문제와 유사하다. 그러나 이러한 연구들은 광범위한 설치영역과 네트워크 Traffic Density 정보를 중심으로 진행된 것이 대부분이어서 본 연구에서 다루려하는 RFID 전파 상호간섭이나 전파 방해 요소인 복잡한 장애물을 고려하는 한정된 공간의 RFID 리더기 배치 문제에 그대로 적용하기는 어렵다[3].

본 논문에서는 임의의 도면이 주어졌을 때, 전영역을 커버할 수 있는 최소 개수의 리더기 배치를 위한 RFID 센서 네트워크 설계 시스템을 제안한다. 먼저 보다 정확한 설계를 위하여 안테나의 출력에 따른 커버 영역을 데이터베이스화하고, CAD 도면을 바탕으로 RFID 리더기의 위치를 결정하는 인터페이스와 엔진을 설계하고 구현한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 관련연구를 기술한다. III장에서는 제안하는 시스템 구조와 제안하는 시스템의 주요 기능을 기술한다. IV장에서는 제안하는 시스템의 구현 환경과 예제 페이지를 구현한 내용을 기술한다. 마지막 V장에서는 논문의 결론에 대해 기술한다.

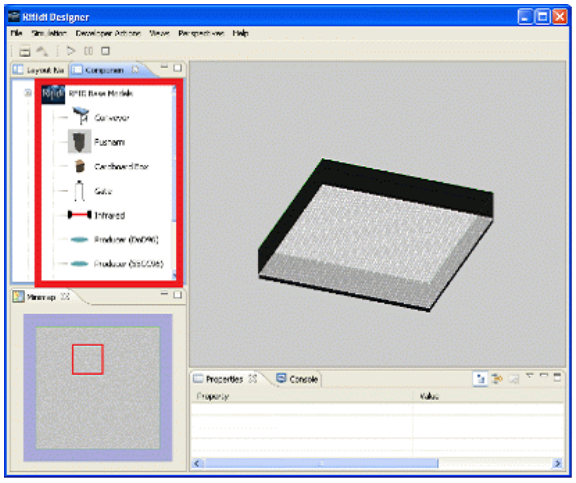
Ⅱ. 관련연구

1. Rifidi

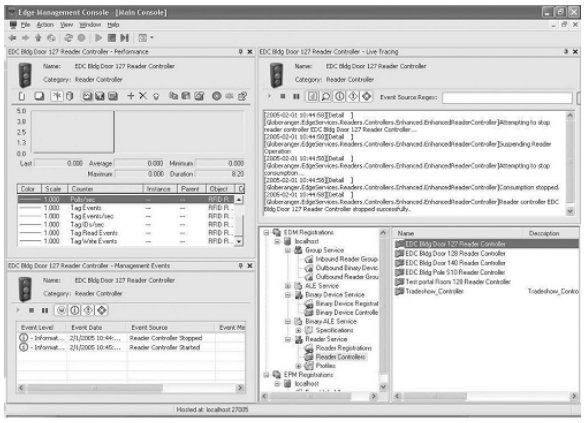
일종의 RFID 하드웨어 Emulator이며 RFID를 위한 오픈 소스 IDE이다. 그림 1은 RFID system을 개발하기 위한 하드웨어 인프라가 갖추어지기 전에도 시뮬레이션을 통해 가상으로 인프라를 구축할 수 있고 RFID 리더기, RFID 태그, RFID 이벤트 등의 설계가 가능하며, 설치가 간편 (Java 언어 사용)한 패키지 형태로 소프트웨어가 제공된다[4].

2. Globe Ranger

RFID, 센서 및 다른 말단 장치용 에지웨어(edgeware) 플랫폼을 제공하는데 초점을 두고 있는 제품으로 파트너 OEM 및 VAR 등을 통해 iMotion 소프트웨어를 제공하고 있다. iMotion 소프트웨어 플랫폼에는 솔루션 개발, 배치 및 관리를 용이하게 해 주는 .NET 기반의 비주얼 툴을 제공하며, ALE나 EPCIS 규격과 같은 새로 만들어진 표준을 활용한다. iMotion플랫폼은 말단 장치로서 RFID, 모바일 및 센서 장치를 관리하기 위해 그림 2와 같이 ALE를 통해 어플리케이션을 활용하도록 구성되어 있으며, 말단 절차의 관리는 시각적인 이벤트 작업 흐름에 따라 RFID 데이터 및 업무 절차 흐름을 비주얼하게 가공할 수 있도록 되어있으며, 엔터프라이즈 관리 콘솔에서는 말단 장치와 네트워크의 작동상태와 성능을 감시하고 비주얼 장치 에뮬레이터와 테스트 및 통합을 위한 배치 에뮬레이션 환경을 제공한다[5].



▶▶ 그림 1. Rifidi - 가상 작업 공간 생성 (예: 컨베이어, 게이트, 적외선 탐지기, 등)



▶▶ 그림 2. Globe Ranger - 말단 장치 관리

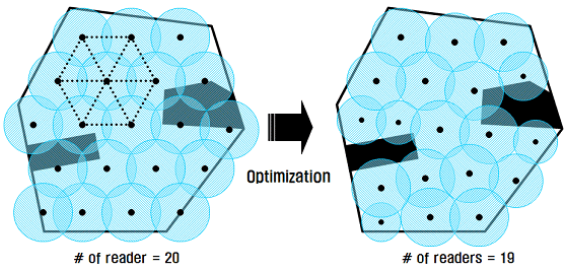
3. Reva System

Reva System은 엔터프라이즈 RFID 관리 도구로 Reva 멀티 사이트 관리를 위한 엔터프라이즈 와이드 관리 기능에 초점을 두고 있는 제품이다. 웹 기반의 뷰어와 경보 시스템 및 1,000여개의 사이트 통합 가능, 손쉬운 개인 사이트와 장비의 드릴다운, 엔터프라이즈 IT 관리 플랫폼과의 연동과 리더 펌웨어 업그레이드 등의 엔터프라이즈 RFID 시스템의 관리적 도구로서 특징이 있다. Reva 멀티 사이트 관리 (Multi-site Manager), Reva 관리 콘솔 (Management Console),

Reva 스크립팅 도구 (Scripting Tool), TAP 331, TAP 701 & TAP 721 Facility-level RFID, Network Infrastructure Appliances 으로 구성되어있다[6].

4. 기존 연구의 분석

기존에 제안된 시스템은 하드웨어 구축 없이 다양한 종류의 리더기와 태그를 활용하여 가상의 RFID 구축이 가능하고, Open 소스이기 때문에 누구나 활용 가능하다는 장점을 가지고 있다. 하지만, 리더기 배치에 관한 최적화를 고려하지 않았고, 일반 도면을 활용하기 어렵고, 컨베이어 형태의 제품 태그 정도 수준의 테스트 베드 구축이 가능하다는 단점을 가지고 있다. 즉, 미들웨어 수준에서 전체 네트워크를 관리하기위한 용도이지 전 영역 커버를 위한 리더기 배치 솔루션은 아니다. 또한 고가의 리더기의 최소 배치 문제를 간과하였으며 소수의 리더기를 활용하여 다수의 태그를 인식하는 시뮬레이터는 존재하나 기존의 시스템은 전 영역을 커버하는 리더기 배치 문제를 고려하지 않았다. 그림 3은 RFID 센서 네트워크 설계의 예를 나타낸다. 장애물과 리더기간의 간섭을 고려하여 리더기를 배치함으로써 센서 네트워크 구축 비용을 감소시키고, 데이터 처리의 효율을 증가시킨다.

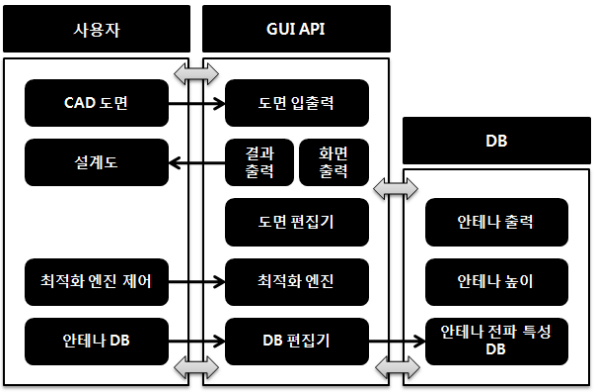


▶▶ 그림 3. RFID 센서 네트워크 설계 최적화

Ⅲ. 제안하는 RFID 센서 네트워크 설계 시스템

1. 시스템의 구조

본 논문에서는 임의의 도면이 주어졌을 경우, 전 영역을 커버할 수 있는 최소 개수의 리더기 배치를 위한 센서 네트워크 설계 시스템을 제안한다. 즉, 최소 개수의 리더기를 설치하여 전체 영역을 최대한 커버하고, 리더기 간의 간섭과 소비 전력을 최소화하는 것을 목표로 하고 있다. 그림 4는 제안하는 시스템의 구조를 나타낸다. 보다 정확한 리더기의 배치를 위해서 실제 안테나 전파 특성을 반영한 별도의 데이터베이스를 구축하고, CAD 도면을 바탕으로 RFID 리더기의 위치를 결정하는 인터페이스와 최적의 리더기 위치를 결정하기 위한 엔진을 설계하고 구현한다.



▶▶ 그림 4. 제안하는 설계 시스템의 구조

2. 사용자

사용자는 임의의 CAD 도면을 활용하여 직접 리더기 안테나 배치를 해볼 수 있으며, GUI의 테스트 결과를 토대로 최적의 리더기 안테나 배치 설계도 (2D 평면도)를 획득한다. 최적화 배치를 위한 파라미터 등을 사용자가 직접 조정이 가능하며 안테나 전파 특성 DB 에 접근이 용이하여 언제든 새로운 안테나 정보를 추가/삭제/ 편집 할 수 있다.

3. GUI API

GUI API는 CAD 도면 (DWG 파일)을 입력 받아 화면에 표시 가능(2D 평면도 형태) 하도록 이를 위해 Cad Importer DLL을 사용한다. 도면 편집기를 통해 장애물 및 안테나 사용자 임의 추가/삭제/편집 가능 하며 최적화 엔진은 사용자가 설정한 파라미터를 활용하여 솔루션을 생성하고 이에 맞는 적합도를 계산하여 최적의 안테나 배치 결과를 얻는다. DB 편집기는 사용자 입력을 받아 안테나 전파 특성 DB의 값들을 추가/ 삭제/ 편집을 수행한다.

4. 최적화 엔진

리더기의 최적화된 위치를 찾기 위해서 Divide & Conquer 기법을 사용한다. 공간을 분할하고, 분할된 영역을 기반으로 최적의 리더기 위치를 계산한다. 최적의 위치를 찾는 것은 NP-Hard 문제이기 때문에 연산하는데 오랜 시간을 요구하며 향후 연산 시간을 개선하기 위해서 다양한 접근을 시도할 것이다.

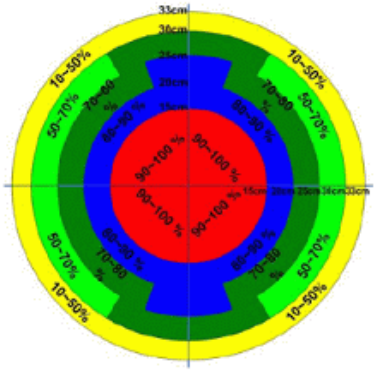
5. 안테나 전파 특성 데이터베이스 구축

리더기 안테나는 전력 레벨(Power level)을 1레벨 ~ 10레벨의 범위로 조정 가능하며, 레벨에 따라 서로 다른 통신 거리를 보여준다. 안테나의 제조사나 제품의 특성에 따라 통신 거리와 범위가 다르고, 실제 제품의 스펙과 차이를 보인다. 따라서, 본 연구에서는 보다 정확한 실험을 위해서 전력 레벨에 따른 리더기 안테나의 통신 범위를 측정하였다.

Ⅳ. 구현 및 주요 기능

1. 구현 환경

제안하는 설계 시스템은 .Net Framework 2.0 이상이 설치된 윈도우 XP 환경에서 Visual C++와 MFC 패키지를 기반으로 구현되었다. 데이터베이스 시스템으로 Access 2007을 사용하였다. 안테나 DB 구축을 위해서 안테나 높이와 출력을 고려한 전방향 안테나 커버리지 정보를 측정하였으며, 기존의 연구들과 마찬가지로 그림 5와 같은 이산형 안테나 모델을 활용하였다.



▶▶ 그림 5. 안테나의 커버리지 특성

2. 주요 기능

본 절에서는 제안하는 설계 시스템의 주요 기능을 설명하고, 제안하는 시스템의 유용성을 기술한다. 제안하는 설계 시스템은 도면에 관련된 주된 기능을 담고 있다. 새로운 도면을 생성하거나, 안테나 또는 배율을 설정하고 현재 화면 저장 및 커버/간섭률을 계산하여 결과물을 산출한다.

2.1 도면 생성하기

도면이 생성되면 그림 6고 k같이 '팔레트' 창 또는 그리기 메뉴를 이용하여 도면에 그림을 그릴 수 있다. 이때, 사용자 공간이 먼저 그려진 이후, 장애물이나 안테나를 추가한다. 팔레트 창이나 '그리기' 메뉴에서 어떤 도형을 그릴 것인지 선택할 수 있다. 팔레트 창에서 '[]' 는 사각형, '[]2' 는 사각형을 연속으로 그리는 것을 의미한다. 'O'는 타원, pol은 다각형, arc는 안테나를 그린다는 것을 의미한다. 장애물은 빨간색, 안테나는 파랑색, 사용자는 녹색으로 표현된다.

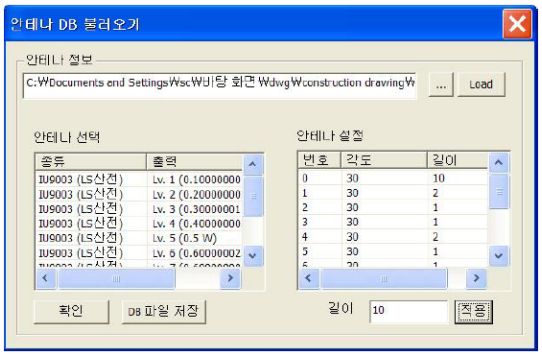
▶▶ 그림 6. 도면 생성

2.2 RFID 안테나 DB 설정

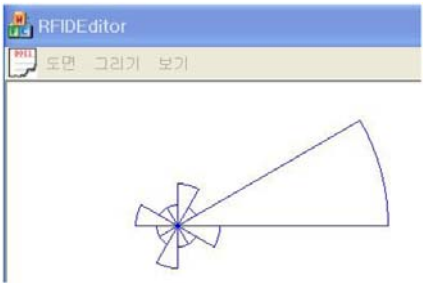
안테나는 안테나 데이터베이스 파일(*.adb)을 '도면' 메뉴의 '안테나 DB 설정'을 통해 불러와 DB파일에서 그림 7과 같이 제공되는 안테나를 선택한다. 그 후 다시 팔레트 창에서 [arc]버튼을 누르거나 그리기 메뉴에서 안테나 그리기를 선택하면 그림 8과 같이 그려질 안테나가 마우스 포인터와 함께 움직인다.

2.3 커버/간섭율 계산

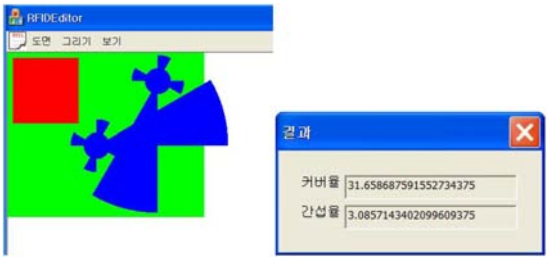
도면의 장애물과 안테나를 그리고 나면 커버율과 간섭률을 계산할 수 있다. 녹색 영역(사용자 공간)만을 유효한 도면으로 인정하여 녹색 공간 안에 들어오는 장애물과 안테나만을 계산한다. '도면' 메뉴에서 '커버/간섭율 계산' 을 선택하면 그림 9와 같이 계산된 결과를 알 수 있다.



▶▶ 그림 7. 안테나 DB 설정



▶▶ 그림 8. 안테나의 배치



▶▶ 그림 9. 커버율과 간섭율

2.4 도면 저장하기

'도면' 메뉴에서 '그림 저장' 을 선택하면 현재 그려진 도면을 이미지 파일(BMP, JPG)로 저장할 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 임의의 도면이 주어졌을 때, 전영역을 커버할 수 있는 최소 개수의 리더기 배치를 위한 RFID 센서 네트워크 설계 시스템을 제안하였다. 일반 건축무의 도면 파일을 직접 읽어들어들인 후 편집할 수 있는 인터페이스를 제공하고, 리더기의 위치를 빠르게 결정하기 위해서 Divide & Conquer 기법을 이용하였다. 또한, 보다 정확한 리더기 배치를 위하여 실제 전력 레벨에 따른 리더기를 커버리지 영역을 데이터베이스화하였고, 도면상에 리더기를 배치할 수 있는 인터페이스를 제공한다.

■ 참 고 문 헌 ■

[1] 이재광, 김덕은, 류옥현, 노성호, 이상렬 "RFID를 활용한 물류센터 관리 방안", 전자상거래학회지 제6권 3호, pp. 23-40, 2005년 9월

[2] 이근우, 원동호, 김승주, "RFID 활용 현황 및 보호대책", 정보보호학회지 제18권 제2호, pp. 12-22, 2008년 4월

[3] 장변준 "RFID/USN 주파수 간섭 환경 및 기술 기준" ,전자파기술 제19권, 제6호, pp. 30-39, 2008년 11월

[4] Rifidi. http://wiki.rifidi.org/

[5] Globe Ranger. http://www.globeranger.com/

[6] Reva System. http://www.revasystems.com/