

UHF RFID 태그와 GPS를 사용한 위치기반 수목관리용 RFID 시스템 구현

남 세 현*, 정 유 정^o

RFID Location Based Tree Management System (TMS) Using Insertion UHF RFID Tag and GPS

Seahyeon Nam*, You Chung Chung^o

요 약

본 논문에서는 수목관리의 효율성과 정확성을 높이기 위해 UHF RFID 수목관리시스템 TMS(Tree Management System)를 GPS와 나무에 삽입용 태그를 사용하여 구현하였다. 나무의 정보를 인식하기 위하여 고유전율인 나무에 삽입 가능한 플라스틱 볼트 형태의 UHF RFID 태그 안테나를 설계하였다. RFID 태그 안테나는 부착된 물체의 전기적인 특성으로 인한 영향을 받으므로, 고유전율인 나무에 근접 시 태그 안테나의 임피던스 값이 변하게 되어 태그의 특성에 영향을 주게 된다. 따라서 이러한 영향을 고려하여 플라스틱 볼트 형태로 RFID 태그 안테나를 제작하였으며, 또한 본 태그를 사용하여 GPS를 이용한 TMS를 구현하여 수목관리의 위치 정보를 구글지도에(Google map) 표시함으로써 수목을 관리하는데 필요한 인건비 및 관리비 절감 등의 관리 효율성을 극대화 하였다.

Key Words : Tag for Tree, Insertion RFID Tag, RFID Middleware, Tree Management System, RFID & GPS

ABSTRACT

The paper introduces the RFID location based Tree Management System (TMS) using UHF RFID tag and GPS. The bolt shape tag has been developed since the wood material has high dielectric constant. Since the characteristics and impedance of tag antenna can be changed by the material next to the tag, the plastic bolt shape tag antenna has to be carefully designed with consideration of the high dielectric constant of the wood material. The RFID TMS system has been utilized with the bolt shape tag antenna and GPS. The TMS system uses and links Google map to locate the location of the trees. Therefore, this system allow us to manage the trees economically and efficiently.

I. 서 론

RFID(Radio Frequency Identification)는 무선으로 사물을 인식하는 기술로 기존의 바코드 시스템을 대체할 수 있을 뿐만 아니라, 유비쿼터스 컴퓨팅

과 같은 새로운 응용 분야에 적용할 수 있는 새로운 기술로 주목을 받고 있다. RFID 리더 시스템을 이용하면, RFID 태그가 부착된 물건이나 동물에 대한 정보를 쉽게 인식할 수 있으며, 위치를 추적 할 수 있다. 또한 개인의 ID카드에 RFID 태그를 접목

※ 대구대학교 학술연구비지원에 의한 논문임

♦ 주저자 : 대구대학교 정보통신공학부, shnam@daegu.ac.kr, 종신회원

o 교신저자 : 대구대학교 정보통신공학부, youchung@daegu.ac.kr, 종신회원

논문번호 : KICS2011-09-432, 접수일자 : 2011년 9월 30일, 최종논문접수일자 : 2012년 10월 9일

함으로써 보다 향상된 보안시스템을 구현 할 수 있다.

RFID의 개념은 2차 세계대전 때 개발된 Radar 시스템에서 적과 아군을 식별하는 기술에서 시작되었으며, 근거리 인식용인 HF 대역(13.56 MHz)에서 많은 제품이 상용화 되었다. HF 대역 RFID가 근거리 자기장(magnetic field)의 결합을 이용하는데 비해 최근 주목 받고 있는 UHF 대역(840~960 MHz) RFID는 원거리에서 전자기파를 이용하여 역산란(backscattering) 방식으로 정보를 전달한다^{1,2}. RFID 시스템은 태그, 리더, 미들웨어, 객체 정보 검색 서비스, 객체 정보 표현 서버 및 응용서비스 등으로 구성되고 인터넷 망에 연동되어 운용이 된다³.

ISO(International Organization for Standard)/IEC(International Electrotechnical Commission)에서는 무선 인터페이스와 관련하여 주파수 대역별로 135kHz 이하 (ISO/IEC 18000-2), 13.56MHz (ISO/IEC 18000-3), 433MHz (ISO/IEC 18000-7), 840-960MHz (ISO/IEC 18000-6), 2.45GHz (ISO/IEC 18000-4) 부분으로 구분된다^{4,5}. 위 대역 중에서 UHF 대역은 인식거리, 제작 및 가격 등에서 경쟁력이 높기 때문에 전 세계적으로 유통, 물류 등에 활발하게 적용되고 있다. 각 국가마다 주파수 사용 규정이 다르므로 ISO/IEC 18000-6 표준의 주파수 사용은 각 국가마다 조금씩 상이하다. 그 중에 한국의 경우는 917~923.5MHz를 사용하고, 미국은 902~928MHz를 사용하고 있다. 2009년부터 UHF RFID 주파수가 중국이 840~844.5MHz의 대역을 2W ERP(Equivalent Radiated Power) FHSS(Frequency Hopping Spread Spectrum)로 사용함에 따라 UHF 대역을 840~960MHz 으로 확장하였고, 한국은 기존의 908.5~914MHz에서 새로이 917~920.8MHz 대역의 4W 그리고 920.8~923.5MHz 대역의 200mW 새로운 대역을 공용하여도 되도록 하였다^{4,5}.

RFID 수목관리 시스템을 구축하기 위해서는 인식이 잘되는 태그의 설계가 우선되어야 한다. 그런데 RFID 태그 안테나 설계에 있어서 가장 어려운 부분은 전도성 금속 물질과, 유전율이 높은 생체와 같은 물질에 부착 가능한 태그 안테나 개발이다. 그 이유는 이러한 물질에 근접한 태그 안테나는 방사 효율과 공진주파수 및 안테나 임피던스가 크게 변하게 되어서 태그의 성능에 큰 영향을 미치기 때문에 RFID 태그 개발과 시스템을 구축하는데 많은 어려움이 있다⁶. 일반 상용 태그를 나무에 삽입을

하면 인식이 잘 되지 않으며, 태그를 나무에 걸이 식으로 적용을 하게 되면 분실될 가능성과 바람과 햇빛에 손상이 될 우려가 있다⁷.

본 논문에서는 고유전율을 갖는 나무에 플라스틱 볼트형태로 삽입하여 사용이 가능한 UHF 대역의 RFID 태그 안테나를 설계 및 제작하였다. II장에서는 나무에 플라스틱 볼트형태로 삽입하는 UHF 대역 RFID 태그 안테나의 설계를 서술하고, III장에서는 제작된 태그를 사용한 수목관리시스템을 서술하고 IV장에서 결론을 내렸다.

II. 본 론

2.1. RFID 수목관리 시스템

본 논문에서 제안한 수목관리용 시스템의 개략적인 구상도는 그림 1과 같다. 플라스틱 볼트의 머리 부분에 RFID 태그를 장착하고, 이렇게 제작된 플라스틱 볼트형 RFID 태그를 가로수와 같은 관리가 필요한 수목에 주입을 한다. 태그가 삽입된 나무를 차량에 설치된 리더와 리더 안테나 그리고 소형 컴퓨터, 또는 핸드 헬드형 리더를 통해 인식하면 실시간으로 RFID 태그의 정보를 읽어 들여 그 나무의 수종, 나무가 심겨진 위치, 병력, 심겨진 연도등 나무의 이력정보를 Data Base화해서 로컬 컴퓨터에 전송하게 된다. 각 지자체에서는 컴퓨터를 통해 실시간으로 수목의 관리사항을 모니터링 할 수 있도록 하였다. 또한 GPS를 연동하여 나무의 위치를 DB에 저장하여 도시의 도로별 수종도 파악 할 수 있고 관리도 수월하도록 설계하였다.

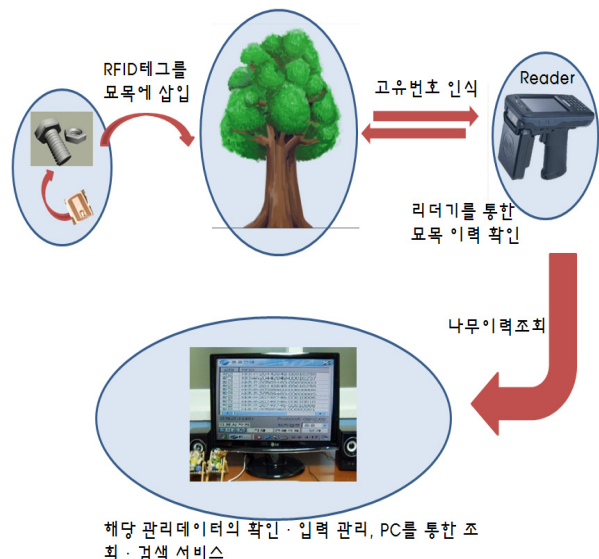


그림 1. 수목관리 시스템 구성도
Fig. 1. Tree Management System (TMS) Structure

2.2. 플라스틱 볼트 형태의 RFID 태그 안테나

일반적인 형태의 RFID 태그를 고유전율인 나무에 부착하면 태그가 동작을 하지 않거나 인식거리가 확연히 줄어든다. 따라서 본 논문에서 제안하는 수목관리용 RFID 태그는 플라스틱 볼트 머리 부분에 RFID 태그가 위치하고, 이 플라스틱 볼트를 유전율이 10~30인 나무에 삽입하여 동작하는 방식이다. 안테나 설계는 시뮬레이션 프로그램인 CST를 활용하였으며, 플라스틱 볼트형 RFID 태그 안테나가 적용되는 환경과 같은 환경 하에서 시뮬레이션 하여서, 고유전율 원형 나무에 볼트가 박혀 있는 상태로 설계를 하였다.

그림 2는 플라스틱 볼트의 머리 내에서 RFID 태그의 위치를 보여주고 있다. 플라스틱 볼트 머리의 높이 12.5mm 중 8mm의 슬롯을 내어 그 공간에 RFID 태그가 위치한다. 슬롯 부분은 태그 제작시 실리콘으로 다시 채워 태그의 훼손을 방지 한다.

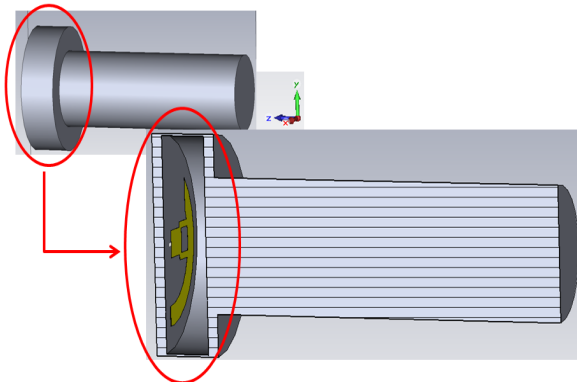
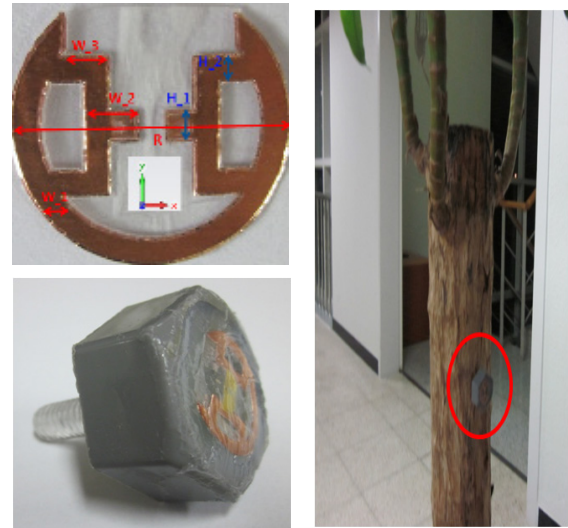


그림 2. 플라스틱 볼트 머리에서 RFID 태그 위치
Fig. 2. RFID tag location in a plastic bolt

플라스틱 볼트의 유전율 1.4와 나무의 유전율 10~30을 고려하여 제작한 태그 안테나를 그림 3에 나타내었다. 제작한 태그 안테나는 지름이 19.6mm로 플라스틱 볼트 머리의 지름인 32mm보다 작은 크기로 제작되어 플라스틱 볼트 머리의 충분한 공간을 활용할 수 있다. 그림 3에서 각 파라 미터의 치수는 $W_1=2.45\text{mm}$, $W_2=3.5\text{mm}$, $W_3=3.4\text{mm}$, $H_1=2\text{mm}$, $H_2=1.5\text{mm}$ 그리고 $R=19.6\text{mm}$ 이다. 태그는 플라스틱 볼트의 머리 부분에 성형시에 삽입이 되며 제작한 태그는 그림 3의 (a)와 같다. 이 그림에서는 태그가 보이도록 투명한 실리콘으로 성형을 한 것이다. 플라스틱 볼트형 태그는 태그가 나무에 적용이 된다. 그림 3-(b)에서는 나무에 삽입이 된 모습을 보여 준다.



(a) (b)

그림 3. 제작된 태그 안테나 (a)플라스틱 볼트에 삽입 (b) 나무에 적용된 태그
Fig. 3. Fabricated tag antenna (a)tag inserted bolt (b) bolt type tag in a tree

이렇게 제작된 태그는 태그만 측정했을 경우 980MHz에서 -11.7dB의 반사계수 크기를 보이고 -3dB 대역폭은 885~1070MHz로 185MHz의 넓은 대역폭을 보였다. 실제 중심 주파수인 920MHz에 맞지 않는 이유는 태그가 설치되는 나무까지 고려 하여서 설계를 하였기 때문이다. 태그를 플라스틱 볼트에 넣고 측정한 결과, 935MHz에서 -10.3dB의 반사계수 크기와 185MHz의 대역폭을 보인다. 마지막으로 나무에 삽입한 후 반사계수를 측정한 결과 920MHz에서 -11.71dB의 반사계수 크기와 810~1000MHz의 -3dB 대역폭을 나타내었다. 이때, 920MHz에서 태그 안테나의 임피던스는 $19.9+j132.28\Omega$ 으로 제작시 사용한 Alien社의 Gen2 Higgs2 Strap의 임피던스인 $11.7-j132\Omega$ 과 공액 정합됨을 알 수 있다.

설계한 태그의 이론적 인식거리와 나무에 적용한 태그의 인식거리를 그림 4에 나타내었다. 여기서 볼트의 머리를 정면에서 본 경우 Theta의 각도에 따라 인식거리를 나타내었다. Theta 방향 이론적 최대 인식거리는 90°에서 최대 31cm로 나타났으며 0°와 180°에서는 읽히지 않았다. 제작한 태그 안테나는 80°에서 최대 28cm의 인식거리를 보였으며, 0°와 180°에서는 인식되지 않았다.

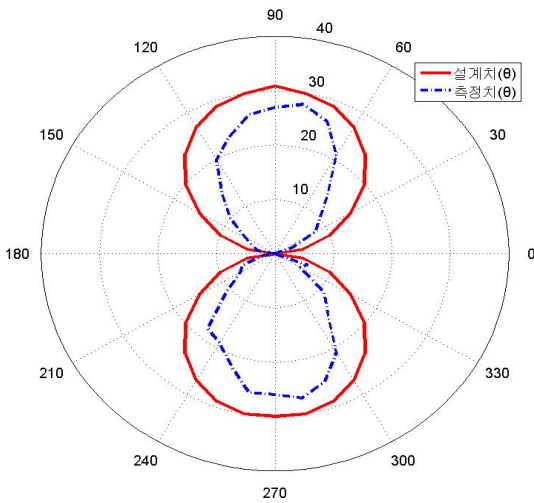


그림 4. 설계된 인식거리와 나무에 적용했을 때의 측정 인식거리 비교
Fig. 4. Simulated and Measured reading range pattern

III. RFID 수목관리 시스템

일반적으로 RFID 시스템은 사물에 부착되어 정보를 담고 있는 RFID 태그, 태그에 담겨진 정보를 읽을 수 있는 리더기와 리더기로부터 읽어 들인 태그 정보를 처리하는 호스트 시스템으로 구성된다. 호스트 시스템은 RFID 리더로부터 인식된 태그 정보를 처리하고 응용프로그램이 이를 활용하는 전반적인 소프트웨어 시스템이다.

기존의 가로수 및 보호수를 관리하기 위해서는 직접 일지를 쓰거나 체크를 해야하는 번거로움이 있었으며, 관리표를 나무에 걸어놓으면 분실되거나 훼손 되는 경우가 빈번히 있었다. 또한, 나무가 심겨진 정확한 위치를 파악하지 못하였으며, 수기로 DB입력시 오류가 발생할 가능성이 높았다.

본 논문에서 제안하고자 하는 RFID 수목관리 시스템의 구성도는 그림 5와 같다. 본 논문에서 개발한 플라스틱 볼트형 RFID 태그 안테나를 주입한 나무를 RFID Reader를 이용해 인식하면 실시간으로 리더에서 태그의 정보를 읽어 들인다. 이때, 읽힌 태그의 GPS 좌표값을 이용하여 구글지도(Google map)에 표시한다. 읽어 들인 태그의 정보는 미리 저장된 DB(Data Base)의 정보와 비교하여 처음 인식하는 경우에는 나무의 심겨진 위치, 정보, 이력 등을 입력할 수 있는 입력창이 나오며 여기서 정보를 입력할 수 있다. 또한 프로그램에 접속해 해당 관리데이터의 확인 및 입력관리, PC를 통한 조회 및 검색을 할 수 있다.

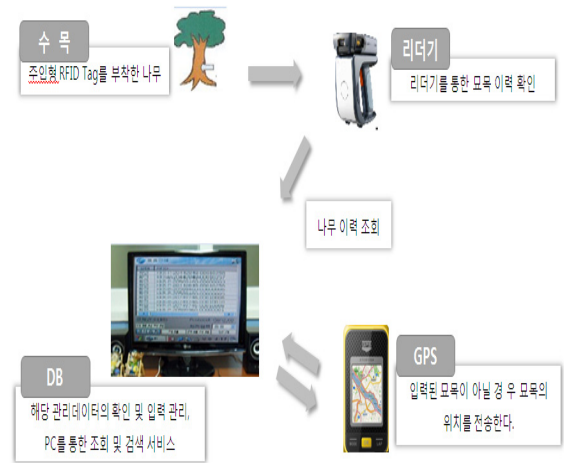


그림 5. RFID 수목관리 시스템 구성도
Fig. 5. RFID TMS System structure

그림 6은 RFID 수목관리 시스템의 Main 화면이다. Main 화면의 구성은 현재 DB에 저장되어진 나무를 확인하는 창, GPS와 구글맵을 이용한 지리 정보 창, 현재 RFID 리더를 통해 조회된 나무의 정보를 보여주는 창, 조회된 나무의 위도와 경도값, 즉 GPS 정보를 보여주는 창으로 구성되어 있다.

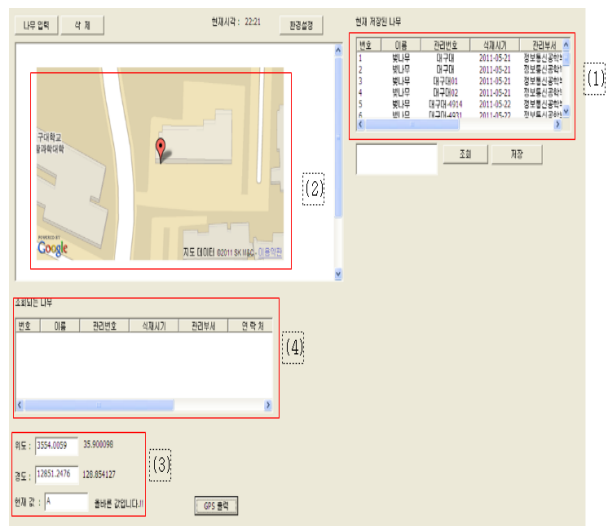


그림 6. RFID 수목관리 시스템의 초기화면
Fig. 6. RFID TMS Initial window view

인터넷을 통하여 실시간으로 현 위치의 map을 google에서 가지고 와서 main 창에 띄우게 된다. 현재의 위치가 그림 6에서와 같이 나타나며, 리더기를 차에 장착하고 도로를 주행하면 나무에 삽입된 태그의 정보가 읽히면서 나무의 위치가 지도에 그려지게 되는 시스템이다. 가운데 (4)번 창에는 나무의 자세한 정보를 보여 주며, (3)번 창에는 GPS의

위도와 경도 정보가 보여 진다. (1)번 창에는 현재 DB에 저장된 나무를 보여 주며 스크롤바를 아래 또는 위로 이동하며 나무의 정보를 볼 수 있다. (1)번 밑에 있는 작은 창에서는 나무의 정보를 조회할 수 있다.

그림 6의 아래쪽에 있는 GPS 출력 버튼을 클릭하면 리더와 통신하기 위해 TCP/IP 통신을 사용한다. TCP/IP 통신을 하기 위해 소켓을 생성하고 원하는 태그 ID 값을 리더로부터 수신한다. 또한, GPS와 통신을 하기 위해 시리얼 통신을 사용하고, Port 번호로 COM 객체를 생성하여 입력이 될 때까지 기다리고 입력되는 값을 메인 객체로 보내 출력한다.

GPS는 (주)Ascen에서 제공되고 1초에 10번의 위치 정보를 제공하기 위해서 GPS742 firmware가 업데이트된 블루투스가 지원되는 AKU1 GPS를 사용하였으며, 프로그램 내에서는 10Hz의 데이터를 평균하여 위치 정보를 1초마다 사용하였다.

RFID 수목관리 시스템에서 태그가 부착된 수목을 등록하기 위해서는 아래 그림 7과 같은 이력을 등록하는 메뉴 창에 수목의 정보를 DB를 저장한다. 이 DB에 저장되는 정보는 수목관리에 필요한 정보 유형을 가지도록 설계되어있다. 수종, 관리번호, 심겨진 날짜, 관리부서, 연락처, 병력, 태그 번호 그리고 위도와 경도 등이다.

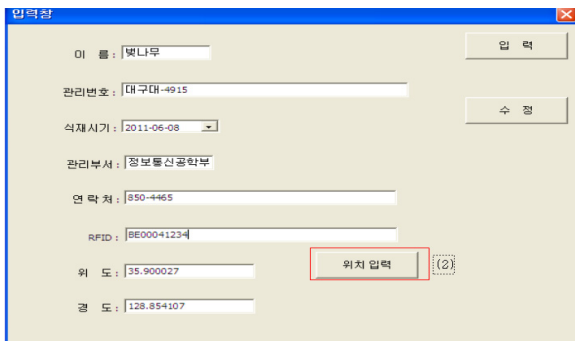


그림 7. 수목의 정보를 입력하는 입력화면
Fig. 7. TMS system window for input data of tree

그림 6의 나무입력 버튼을 클릭하면, 그림 7의 나무 입력 윈도우가 활성화되며 활성화된 에디터에 이름, 관리번호, 식재시기, 관리부서, 연락처, 병의 이력과, 태그 ID, 위도 그리고 경도를 게시한 다음 입력 버튼을 누르면 나무 정보가 메인 객체로 보내진다.

환경설정 탭에는 그림 8과 같이 시리얼 통신을

위한 포트값을 입력하는 창과, RFID 리더와 TCP/IP 통신을 위한 리더기 IP 주소값을 입력하는 창으로 구성된다.

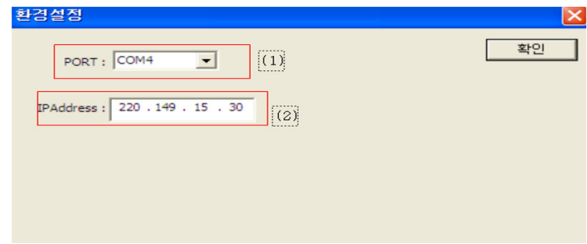


그림 8. IP 환경설정 화면
Fig. 8. Setup window of IP communication

IV. 결 론

일반 UHF 태그는 나무에 삽입시에 인식이 잘 되지 않고, 결이 형태로 설치시에 분실과 바람과 햇빛에 손상이 될 우려가 있다. 따라서 본 논문에서는 고유전율인 나무에 영구적으로 삽입 가능한 플라스틱 볼트 형태의 RFID 태그 안테나를 설계 및 제작하였으며 그 태그를 나무에 삽입하여 RFID 시스템과 연동된 GPS를 이용한 수목관리시스템을 개발하였다.

제작한 플라스틱 볼트형 RFID 태그 안테나를 나무에 삽입하고 반사계수 크기를 측정한 결과 920MHz에서 -11.71dB의 반사계수 크기와 최대 인식거리는 80°에서 최대 28cm의 인식거리를 보였다.

수기로 작성된 수목관리 일지는 관리표의 분실 및 훼손의 가능성과 수기 입력시에 오류가 발생할 가능성이 높다. 또한, 생체 주입형 LH(Low Frequency) RFID 태그의 경우 인식거리가 수 cm에 불과하기 때문에 효율성이 떨어지며, 가격이 UHF RFID 태그에 비해 비싸다는 단점이 있었다.

제안하는 플라스틱 볼트형 UHF RFID 태그 안테나와 GPS가 연동된 RFID 수목관리시스템을 사용함으로써 수목의 위치정보를 확인하기에 용이하였고 관리하는데 인건비 및 관리비 절감, 보호수종의 훼손 및 인위적인 이동방지, 전염병 확산방지, 효율적 가로수 정비 사업이 가능하다. 이를 이용하여 특이한 나무의 위치정보와 나무의 상태 등을 동시에 관리가 가능하여졌다. 개발된 삽입용 태그는 관리가 필요한 다른 고유전율 물질과 물건에 삽입하여 적용이 가능하다.

참 고 문 헌

[1] R. Glidden, C. Bockorik, S. Cooper, C. Diorio, D. Dressler, V. Gutnik, C. Hagen, D. Hara, T. Hass, T. Humes, J. Hyde, R. Olive, O. Onen, A. Pasavento, K. Sundstrom, and M. Thomas, "Design of ultra-low-cost UHF RFID tags for supply chain application" *IEEE Communication Magazine*, vol. 42, pp. 140-151, Aug. 2004

[2] K. Fingenzeller, *RFID Handbook*, 2nd edition, John Wiley & Sons, Elgland, 2003.

[3] Chulsik Pyo, "UHF RFID", *National IT Industry Promotion Agency TTA Journal*, vol 94, pp. 122-127, 2004.

[4] Regulatory status of using RFID in the UHF spectrum, March, 2009, from <http://www.epcglobalinc.org/>

[5] *Regulation of Wireless system*, Korea Communication Commission, no, 2008-137, Dec. 2008 from <http://www.kcc.go.kr>.

[6] Hong-il Kwon, and Bom-Son Lee, "RFID Tag Antenna mountable on high-conductivity and high permittivity an materials at UHF band," *Journal of KIEES*, vol. 16, no. 8, pp.797-802, Aug. 2005.

[7] You Chung Chung "Necklace Type UHF RFID Tag Antenna for the Material with High Dielectric Constant for a Tree," *Journal of KICS*, Part C, vol. 37, no. 1, pp. 34-37, Jan. 2012.

남 세 현 (Sheahyeon Nam)



1985년 2월 연세대 전자공학사
 1987년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학석사)
 1991년 8월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학박사)
 1994년 9월~현재 대구대학교 정보통신공학부 교수

<관심분야> 컴퓨터통신, 통신시스템, RFID

정 유 정 (You Chung Chung)



1990년 인하대 전기공학사
 1994년 University of Nevada 전기전자공학과 M.S.
 1999년 University of Nevada 전기전자공학과 (Ph.D)
 2000년 1월~2003년 4월 Utah State University, ECE

Dept. 연구조교수
 2003년 5월~2004년 8월 University of Utah ECE Dept. 연구조교수
 2004년 9월~현재 대구대학교 정보통신공학과 교수
 2004년~현재 IEEE Senior Member
 2006년~2008년 Associate Editor of International Journal of Antenna Propagation (IJAP)

<관심분야> RFID, 유전자알고리즘을 이용한 안테나 최적화, 다중밴드 안테나 최적화, 배열 안테나 최적화, RFID 시스템