

# u-City 서비스를 위한 하이브리드 센서망 분석 Case Study on the Hybrid Sensor Network for the u-City Service

박 병 태\*·최 연 석\*\*·임 석 진\*\*\*

Byoung-Tae Park\*·Yeon-Suk Choi\*\*·Seok-Jin Lim\*\*\*

## Abstract

현재까지 USN(Ubiquitous Sensor Network)이라 통칭되어지는 센서망은 불특정 공간에 배포된 무선방식의 센서노드를 통해 유선방식의 센서 인프라를 대체하려는 기술 지향적 및 공급자중심의 구성을 가지고 있다. 본 논문은 기존의 공급자 위주의 기술 지향적인 제한적 구성에서 벗어나, u-City에서 제공하고자 하는 서비스들의 목적과 서비스 대상의 요구사항분석을 기반으로 성능, 품질, 비용 등을 고려하도록 다양한 기술들을 융·복합하여 서비스를 제공하는 하이브리드 센서망의 제안을 위한 선행 연구 결과이다. 우선, 센서망과 u-City 서비스와의 관계에 대해 서술한 후, 기존 센서망에 대한 조사, 분석 결과 및 문제점, 그리고 선진국에서의 하이브리드 센서망 적용 사례와 시사점에 대해 논의하도록 한다.

**Keywords** : 유무선 센서망, RFID망, 에너지 공급망, 하이브리드(Hybrid) 센서망, USN(Ubiquitous Sensor Network), u-City, 유비쿼터스

---

\* 명지전문대학 산업시스템경영과

\*\* 호서대학교 교양학부

\*\*\* 인덕대학 테크노경영과

## 1. 서 론

2003년부터 정부는 국가경제의 새로운 미래의 20년을 견인할 패러다임으로서 유비쿼터스(Ubiquitous)를 주창하고 있으며 각 분야의 융합에 박차를 가하고 있다. 이러한 패러다임을 주도적으로 견인하기 위하여 유비쿼터스 코리아(Ubiquitous Korea, u-Korea), 특히, 우리의 국가성장 견인모델인 건설과 IT산업의 우수성을 결합한 u-City(유비쿼터스 도시, 유시티)를 새로운 미래 성장패러다임, 새로운 수출모델로서 추진하고 있다. u-City 구축에서의 궁극적인 가치 및 목적은 “주민 생활 삶의 질을 향상”시킬 수 있는 u-City 서비스를 성공적으로 제공하는데 있으며, 서비스와 사용자의 직접적인 소통수단인 센서망(Sensor Network)을 경제적, 지속적인 서비스 제공자로서의 역할을 수행하도록 2003년 이후 부문별로 진화해온 개별 IT기술(RFID, USN, ITS, WiBro, HSPDA, Internet, 저전력 무선통신 등)들의 융·복합을 통한 서비스 개발 및 시범 구축들이 이루어져 왔으며, 이러한 시도들을 “u-City 서비스”라는 키워드로 소개하고 있다[1].

현재까지 USN(Ubiquitous Sensor Network)이라 통칭되어지는 그리고 u-City 서비스에 있어 핵심적인 구성요소인 센서망은 현재까지 불특정 공간에 배포된 무선방식의 센서노드를 통해 유선방식의 센서인프라를 대체하려는 기술 지향적이며 공급자 중심으로 구축되어 온 것이 사실이다.

본 논문은 공급자중심의 기술지향적인 시스템 구성에서 벗어나 u-City에서 제공하고자 하는 서비스들의 목적과 그 대상의 분석을 기반으로 성능, 품질, 비용 등이 고려되는 다양한 기술들을 융합하여 주민들이 실감할 수 있는 수요자중심의 서비스를 제공하고자하는 융·복합형 센서망 즉, 하이브리드 센서망(Hybrid Sensor Network)의 제안을 위한 선행 연구로써, 우선, 센서망과 u-City 서비스와의 관계에 대해 서술한 후, 기존 센서망에 대한 조사, 분석 결과 및 문제점, 그리고 선진국에서의 하이브리드 센서망 적용 사례와 시사점에 대해 논의하도록 한다.

## 2. 센서망과 u-City 서비스

u-City라 함은 도시민의 삶의 질과 도시의 경쟁력 향상을 위하여 도시 공간에 u-City 기술을 구현함으로써 언제 어디서나 u-City 서비스를 제공하는 도시를 말한다.

이러한 개념에 부합하는 u-City를 구축하기 위해서는 관련 IT인프라 요소들을 기초 인프라, 센서망, 유무선망, 통합센터로 분류하며, 센서망의 위상은 u-City 서비스의 기본적 서비스 제공 창구로서의 역할을 담당한다. u-City에서 센서망에 기반하여 도출되어질 수 있는 주요 서비스들은 <표 1>과 같다.

이러한 센서망의 서비스들은 u-City의 서비스와 매우 밀접한 관계를 가지게 되는데 <표 2>는 센서망 응용서비스와 98가지의 u-City 단위서비스 중분류와의 상관 관계를 도식화한 것이며 이를 통하여서 센서망 응용 서비스의 보급 또는 확장을 위해 센

서망을 u-City의 IT 인프라로써 적용하고자 할 때 실제로 적합한 서비스요소인 지의 여부를 살펴볼 수 있다.

이렇듯 유비쿼터스 기술을 토대로 생활 전 분야에 걸쳐 다양한 서비스를 보다 편리하게 변화시키는 것이 목표인 u-City에 있어 센서망의 단위 서비스들이 유기적으로 결합되어진다면 u-City 서비스에 적용 가능한 영역이 상당하리라 사료된다. 따라서 수요자 중심의 실생활 체감적인 서비스를 제공하기 위해서는 센서망의 응용서비스가 보다 지능화 또는 융복합화를 지향해야 함을 알 수 있다.

<표 1> 센서망을 이용한 주요 서비스

분류	주요 서비스
설비, 교통	건설관리, 지상/지하 시설물관리, 시설물 안전관리, 시설 안내서비스, 교통 정보, 교통안전, 교통제어, 교통서비스 전자결제 등
유통, 물류	유통/물류 관리서비스, 수하물관리, 식품인증/이력 추적서비스, 자원/자산 추적 및 관리 등
환경	단위 오염관리, 환경오염감시 및 단속, 환경시설물관리, 재난 및 재해관리
자동화, 안전	건물 자동화, 건물 보안, 원격 점검, 주차장 자동관리서비스 및 주차 단속, 자동화 업무 환경 지원 등
생활, 문화	관광정보, 문화행사안내, 문화재 관리, 관광지원, 생활편의 서비스, 교육환경지원, 노약자 및 독거노인 안전 확인, 장애인 복지시설 관리, 응급구조 건강관리, 지능형광고 등

<표 2> 센서망 응용서비스와 u-City 활용서비스의 상관관계

센서망 응용서비스	u-City 활용서비스
설비 및 교통	도시기반시설물, 교통
유통 및 물류	유통물류, 자산관리, 업무지원, 업무시설관리, 마케팅, 금융보험
환경	환경, 재난재해
자동화 및 안전	방범치안, 일반 행정지원, 종합민원,
생활 및 문화	보건의료, 근린생활, 문화관광, 보건의료, 사회복지

### 3. 센서망(Sensor Network)

일반적으로 u-City에서의 센서망은 u-City IT인프라구축 가이드라인 1.0[2]에서와 같이, RFID/USN망과 영상정보망이라는 개념으로 분류되어져 있었다.

이러한 기존 센서망의 구성은 유선 센서의 설치 시 요구되는 여러 가지 문제점을 배제하고자 모든 센서들을 무선네트워크를 통하여 시스템 지향적으로 구성하였다. 이

러한 센서망의 장점은 기존의 유선 장비는 설치에 많은 어려움이 있었으나, 무선방식의 센서망을 활용할 경우, 적합한 위치에 자유롭게 센서를 부착하여 필요한 정보를 송수신할 수 있다는 점이다. 그러나 실생활 공간에서의 센서망의 구성 시 u-City 서비스 제공자들이 고려해야할 중요한 사항에는 단지 설치의 용이성 뿐만 아니라 센서 상태 감지의 정확도 및 지속성, 센서의 내구성, 유지보수 편의성, 신뢰성 있는 검출 정보 수집 방안, 경제적인 센서망 인프라 구축 방안 도출 등이 있다. 하지만 현재의 센서망을 실생활 공간중심의 서비스 제공의 기반요소로 구축하기 위해서는 구성상, 개념상의 자기 제한적 요소를 내포하는 한계점에 도달하게 되므로 향후 이러한 한계점을 극복하여 u-City서비스 제공자로서의 궁극적인 가치와 목적을 달성하도록 하이브리드 센서망(Hybrid Sensor Network)을 구축할 필요가 있다.

#### 4. 하이브리드 센서망 사례 연구

실생활 수요자 중심의 서비스 구현을 위해서 복합적인 기술들을 융합한 하이브리드 형태의 센서망 적용 사례들을 분석한 결과들은 다음과 같다.

##### 4.1 위치기반 서비스 모델에서의 하이브리드 센서망

실내의 물체 위치를 무선 인식하는 사례에 대해 살펴보도록 한다. 유비쿼터스 분야의 최대 화두는 이동객체들의 위치를 기반으로 한 서비스의 공급 및 개발이며, 적용범위는 크게 실외(광역 및 불특정 비제한 지역)와 실내(특정 범위 내 지역, 건물 안 및 지하 공간)로 구분할 수 있다.

실외의 GPS나 휴대폰의 기지국 네트워크 베이스 기반의 광역 위치기반서비스(LBS)는 어느 정도 정형화되어 있어 현재 카 네비게이션이나 위치 찾기 등의 분야에 적용되어지고 있다. 실내의 경우, 끊어짐 없는 위치정보서비스를 위해서는 실내에서도 이동객체들의 위치정보가 필요하게 된다. 실내에서의 위치추정 시스템[3~6]은 센서망 구성 요소인 초음파, IR(적외선) 및 RF(Wi-Fi 무선랜, UWB, RFID, Zigbee, 특정소출력 등)를 사용하여 지능형 로봇분야, 지능형 빌딩분야, 지능형 주택, 보안 분야, 생활/문화 분야 등의 다양한 산업분야에 나름대로의 적용을 위한 연구 성과물의 논문 및 기술 자료들이다. 이러한 연구 결과를 종합하면 실내 및 특정된 제한 공간 내에서의 성공적인 위치정보의 습득은 한가지의 요소기술로써 얻어지는 것보다는 적용하려는 서비스의 주위환경과 용도 그리고 서비스의 구현에 적합한 기술의 선택, 적용할 기술의 한계 및 대안 기술의 융합을 통해 얻어짐을 볼 수 있다. 이러한 융합 방식적 사고와 개면들이 서비스 지향적인 시스템 설계이며, 향후 제안할 하이브리드 센서망 설계에서 궁극적 가치실현 전략으로 삼을 수 있는 핵심 개념이 되리라 생각 된다.

<표 3>은 위치인식에 적용 가능한 센서망의 구성 기술요소들의 특징 및 위척 구분능력의 비교 결과이다. 이는 u-City에 위치기반서비스를 하고자 할 때, 서비스 목적

및 대상에 따른 이중 기술의 결합이 필요함을 보여준다.

<표 3> 적용 기술별 위치 구분 능력

적용 기술 요소	임의 위치 구분 능력 (평균 위치, 반경 기준)	특징
Wi-Fi/무선랜 (2.4GHz 대역)	3~10m(수평), 층간 구분(수직)	전파 모델 도입, 지형 정보 보정
Zigbee (2.4GHz 대역)	3~10m(수평), 층간 구분(수직)	전파 모델 도입, 지형 정보 보정
UWB	1m(수평)	고정객체에 적용
특정 소출력 (400Mhz 대역)	3~10m(수평)	지형정보 보정
UHF RFID (900MHz 대역)	Room 수준(수평), 층간 구분(수직)	Room별 리더설치
초음파 기술	10cm(수평)	비콘 설치 간격에 비례
초장파 또는 자 기장 통신 기술	1m(수평), 3m이내(수직)	안테나 설치 간격에 비례

<표 4> 서비스 요구기능별 기술적용 매트릭스

대표기술 요구기능	Wi-Fi/ 무선랜	Zigbee 블루투스	특정 소출력	특수 기술
Room 위치구분	O	O	O	-
±3~5m 위치구분	O	O	O	-
±1m 위치구분	X	X	X	VLF/UWB/초음파
±10 cm 위치구분	X	X	X	초음파
실내 평균전송거리	10m	10m	30m	VLF:3m이내
전력소모 (라우팅적용)	다소 높다	다소 높다	상대적으로 낮다	VLF:매우 낮다
방향구분	X	X	X	VLF/초음파
건축물/타무선 간섭 영향	많음	많음	적음	VLF:매우 적음 초음파:매우 많음
무선보안지역	사용 불가	전파 간섭	사용 가능	
높이 구분	X	X	X	초음파
국내법적요구	MIC	MIC	MIC	-
호환인증	Wi-Fi 인증서	Zigbee, Bluetooth 인증		

다음으로 <표 4>를 통하여 상용화 제품으로 구현되어지는 대표기술들이 단독적인 구성이 아니라 요구사항에 적합한 기술의 선택과 선택된 기술들이 복합되어질 때 보다 복잡한 사용자의 패턴들을 수용할 수 있음을 살펴보기로 한다. <표 4>에서 보는 바와 같이, u-City라는 복합적인 실생활 공간에서의 서비스 제공은 목표하는 서비스 대상에 따라 적용할 센서망 기술요소들을 융·복합적으로 선택을 하여야 하며, 단순한 기술 지향적 시스템 구성으로는 서비스 목적을 달성하는데 많은 위험요소가 내포되어 짐을 알 수 있다. 따라서 하이브리드 개념을 적용하여 대상 환경, 규모 및 운용상의 위험요소를 사전에 점검하고 서비스 목적에 근간을 두고 시스템을 설계, 구축, 운영하여야 함을 명확히 인지 할 수 있다.

## 4.2 원격관리 서비스 모델에서의 하이브리드 센서망

다음으로 스마트 미터를 통하여 원격관리 서비스를 위한 하이브리드 센서망의 사례를 살펴보도록 한다. 스마트 미터란 전기계량기에 근거리 무선 통신 기술(지그비, 소출력 무선 등)과 유선통신(전력선 통신)망을 접목하여 가정 내 가전기기들을 전기 계량기 기반의 네트워크를 통해 모니터링하고 제어할 수 있는 기능을 가지도록 하는 개념이다. 이처럼 가정 내의 설비기기를 무선으로 연결하려는 것은 기기들의 에너지 이용량을 관리하기 위해서이며, 가정 내 에너지 이용 상황을 사용자에게 시각적, 우선적으로 보여 줌으로써 자율적인 에너지 절감을 유도할 목적을 가지고 있다. 향후에는 전기사업자가 원격지에서 에어컨과 같은 기기들의 설정 값을 변경하는 이른바 전기 수요관리(Demand Side Management)분야까지 응용하는 것을 목표로 하는 지능형 센서망인 것이다. 센서망 구성을 하이브리드 개념으로 적용하는 국내외 사례는 다음과 같다.

### 4.2.1 미국의 미국 전기사업자의 OpenHAN

전기계량기와 전기기기가 서로 정보를 주고받을 때의 프로토콜 등은 규정하고 있으나 구체적인 전송 방식은 규정하지 않고 있다. 이는 서비스 이용대상 및 적용환경에 맞는 전송방식 및 하이브리드 전송방식의 선택이 가능하도록 한 것으로 볼 수 있다.

구체적인 전송방식의 규정이 현실적으로 적용하기 어려운 이유는 저전력 무선기술의 대표기술로써 센서망에 주로 적용되는 지그비(Zigbee, IEEE 802.15.4)를 통하여 알 수 있는데, 지그비는 다른 기술에 비해 스마트에너지 프로파일 작성 및 Itron, Amber, WGN 등의 수십여개 업체들의 Zigbee Alliance 인증 획득 등으로 의욕적인 참여가 이루어지고 있지만, 대기시의 전류소비문제 해결이라는 난제를 가지고 있다. 이는 가정 내에서 배터리기반의 모바일, 가전기기, 보안기기 등에 지그비를 단일 전송방식으로 도입하기에는 대기상태에서 소비전류가 너무 많아 위험요소로 작용하기 때문이다. 즉, 효율적인 스마트미터용 센서망(가정 내 무선통신) 구성은 서비스 대상의 조건 및 환경에 적합한 기술들이 적용될 수 있도록 되어져야 함을 보여주는 것이다.

#### 4.2.2 일본의 간사이 전력의 신계량 시스템

일본의 간사이 전력은 가정의 전기사용량을 30분단위로 계측하여 순차적으로 무선 통신과 전력선통신을 사용하여 관리서버에 데이터를 전송하는 하이브리드 센서망을 구성하여 활용하고 있다. 간사이 전력은 휴대폰망과 같은 기지국 등의 추가 무선 인프라 설비의 구축 없이 무선 데이터 통신이 가능하도록 멀티호핑형 네트워크(전기계량기 데이터를 복수의 계량기를 줄줄이 이어서 정보를 송신하는 방식)를 도입하였으며 사용된 무선방식은 2.4GHz 대역을 이용하는 지그비나 Wi-Fi 무선랜에 비해 전파가 잘 전송되는 특징을 가지는 400MHz 대역의 특정 소출력 방식이다. PLC(전력선통신)는 스마트 미터를 기존 건물 내에서의 다수 세대를 기존 전력선이라는 인프라를 활용하여 경제적으로 구성하기 위해 사용[7, 8]하고 있다.

#### 4.2.3 한국전력의 스마트 미터 프로젝트

스마트 미터 프로젝트는 국내에서도 활발히 이루어지고 있으며 한국전력을 통하여 전력선통신(PLC)을 이용한 경제성, 신뢰성 검토를 마치고 본격적인 확산작업에 들어가고 있다.

각국의 여러 경우를 분석해 보면 무선방식의 다변화, 기존 인프라 재활용방식(전력선 통신)과 무선의 결합과 같은 이기종 기술들의 융합방식이 트렌드화되어 있음을 알 수 있다. 즉, 서비스 목적에 최적인 기술들을 다양하게 접목하여 통합된 서비스의 제공을 달성하는 하이브리드센서망의 적용이 u-City서비스의 궁극적 가치실현 및 목적달성에 핵심 성공요소를 보여주는 것이다.

### 5. 결 론

본 논문은 공급자중심의 기술지향적인 시스템 구성에서 벗어나 u-City에서 제공하고자 하는 서비스들의 목적과 그 대상의 분석을 기반으로 성능, 품질, 비용 등이 고려되는 다양한 기술들을 융합하여 사용자가 실감할 수 있는 수요자중심의 서비스를 제공하기 위하여, 센서망과 u-City 서비스와의 관계, 기존 센서망에 대한 조사, 분석 결과 및 문제점, 그리고 선진국에서의 하이브리드 센서망 적용 사례와 시사점에 대해 논의하였다. 또한 기술에 의존하거나 종속되지 않고, u-City가 지향하는 서비스를 경제적이면서도 수요자 중심으로 제공하기 위해 적용 가능한 현재 및 미래기술의 융·복합이 필요함을 제시하였다.

향후, 본 연구 결과를 기반으로 유비쿼터스 구현의 핵심 기술이라 할 수 있는 센서망의 실질적 구축 모델인 하이브리드 센서망의 기술적인 구성 방안, 적용 방안, 기술요소 특징, 구축 절차 및 미래 기술 접목 등에 대한 연구를 수행하고자 한다.

## 6. 참고 문헌

- [1] 김선진외 4인, "USN 응용서비스 동향 ", 전자통신동향분석, 제22권, 제3호, 2007.
- [2] "u-City IT인프라 구축 가이드라인 1.0", 행정안전부, NIA
- [3] 안효성의 3인, "지능형 로봇공간을 위한 공간 측위기술", 전자통신동향분석, 제22권, 제3호, 2007.
- [4] Paramvir Bahl, Venkata N. and Padmanabhan, "User Location and Tracking in an In-Building Radio Network", Microsoft Corporation, 1999.
- [5] John Krumm and John Platt, "Minimizing Calibration Effort for an Indoor 802.11 Device Location Measurement System", Microsoft Technical Report, 2003.
- [6] S. Y. Seidl and T. S. Rappoport, "914MHz path loss prediction Model for Indoor Wireless Communications in Multi-floored Building", IEEE Transactions on Antennas and Propagation," Vol.40, No.1, pp.207-217, 1992.
- [7] "Smart Watt-Hour Meters Cut Energy Usage", Nikkri Electronics, 2009.
- [8] "Battery Charging Goes Wireless", Nikkri Electronics, 2007.