

Zigbee와 GPS를 이용한 실내 위치 인식 시스템 개발[†]

(The development of indoor location measurement
System using Zigbee and GPS)

류 정 탁*, 김 인 경**

(Jeong Tak Ryu and In Kyung, Kim)

요 약 본 논문에서는 ZigBee와 GPS를 이용한 실내 위치 인식 시스템을 설계하였다. 본 연구에서 설계한 위치 인식 시스템은 실외 위치 인식에 대표적으로 사용되는 GPS 값을 실내 위치 인식에 사용함으로써 기존 실내와 실외로 구분되던 위치 인식 기술을 하나로 통합하였다. 개발된 시스템은 노드간의 거리를 이용하여 위치를 구하는 방식으로 노드 간의 거리는 ZigBee의 수신 신호 세기를 이용하여 거리를 계산하는 방식을 사용하였다. 그러나 ZigBee의 수신 세기의 경우 거리에 따라 달라지나 그 값이 정확하지 않아 오차가 크다. 이 오차를 줄이기 위하여 개발 시스템에서는 ZigBee의 출력 파워를 5단계로 조절하여 거리에 따른 수신 신호 세기를 세분화하였다. 이동 노드가 신호를 발생하면 고정 노드에서는 수신된 신호의 세기와 자신의 GPS 정보를 고정 노드로 전송을 한다. 이동 노드에서는 수신된 정보를 이용하여 자신의 위치를 구하는 방식을 제안하였다.

핵심주제어 : 위치기반 서비스, 실내 위치인식, Zigbee통신, Zigbee 출력 파워, RFID

Abstract This paper proposes a new indoor location recognition system using a ZigBee network and a global positioning system(GPS). The proposed location recognition system applies GPS values that are mainly used for outdoor location recognition, to indoor location recognition; hence the techniques conventionally separated for the indoor and outdoor location recognition are integrated into one location recognition technique. The proposed system recognizes a location using the distance between nodes. Although the distance between nodes can be calculated by measuring the strength of the received ZigBee signals, generally the measured distance is not accurate and has high error rates since the strength of the ZigBee signals is different depending on the distance. In order to reduce the error rate, we have subdivided the output power of the received ZigBee signals into five levels. When a moving node generates a signal, each fixed node transmits the received signal strength and its own GPS information to other nodes, so the moving node can find its own accurate location in terms of the received signals.

Key Words : location Based Service(LBS), indoor location, Zigbee output power, RFID

[†] 이 논문은 2010년 대구대학교 교내 연구비 지원에 의해 연구되었음.

* 대구대학교 전자공학부, 제1저자

** 대구대학교 전자공학학과, 제2저자

1. 서 론

무선 통신을 이용하여 서비스 이용자에게 위치 정보와 관련 정보를 제공하는 것을 위치기반서비스(LBS, Location Based Service)라 한다. 최근 무선 통신 기술이 다양화되고, 발전되면서 LBS가 GPS(Global Positioning System), GIS(Geographic Information System), ITS (Intelligent Transport Systems) 등을 활용한 다양한 응용 산업으로 발전하고 있으며, 휴대인터넷, DMB, RFID/USN 등의 기술발달과 유비쿼터스 컴퓨팅 환경의 조성으로 위치정보의 활용성은 더욱 다양화 될 것으로 예상되고 있다[1,2].

위치 정보를 얻기 위해서 사용되는 측위기술에는 적외선, 초음파, RF, UWB, RFID, WLAN, CDMA, Bluetooth, OFDM, Vision, Sound, ZigBee 등을 이용한 기술들이 있다. 이 중에서 위성 신호를 기반으로 위치를 계산하는 GPS가 가장 많이 사용이 되고 있다 [3~11].

위치 인식의 대표적인 기술인 GPS는 3개 이상의 GPS 위성들의 위성 신호를 이용하여 삼각 측량법을 통하여 위치를 측정한다. GPS는 현재 위치 인식기술 중에서 가장 많이 사용되어지고 있으나, 위성 신호를 수신하지 못하는 실내나 높은 건물로 가려진 음영지역에서는 위치 인식을 하지 못하는 단점이 있다. 이러한 GPS의 단점으로 인하여 GPS를 이용한 네비게이션 장치들은 실외에서만 사용이 가능하며, 실내나 터널등 GPS를 수신하지 못하는 곳으로 들어가게 되면 사용 하지 못한다.

RFID를 이용한 위치 인식 시스템이 현재 연구된 실내 측위 기술 중에서 정확도가 높은 편이다. 하지만 정확한 위치 정보가 Tag에 기록이 되어 있어야 한다. 따라서 Tag에 실외의 GPS값과 동일한 값을 입력시킨다면 실외에서 실내로 이동해 들어오는 시스템은 실외에서와 같이 동일한 값을 사용할 수 있을 것이다. 본 연구에서는 Tag에 GPS 위치 정보를 저장하기 위한 시스템을 개발하였다.

2. 시스템 구성 및 실험

전체 시스템은 GPS를 통해 수신된 위치 정보를 전송하는 고정 노드와 고정 노드로부터 위치 정보를 수

신 받는 이동 노드, 그리고 이동로드부터 위치 정보를 전달받아 위치를 계산하는 PC로 구성하였다.

위치 인식 노드의 주요 부품은 표 1과 같이 데이터 처리 및 제어를 위한 MCU, 통신을 위한 ZigBee 모듈로 구성되어 있고, 이동 노드의 경우에는 GPS 정보를 수신하기 위한 GPS 모듈이 추가로 구성되어 있다.

<표 1> 주요 부품 내용

MCU	ATmega128	16MhZ
ZigBee	xbee	2.4GHz
GPS	UIGGUB01-R003	NMEA

그림 1은 GPS의 일반적인 출력 형태인 NMEA(The National Marine Electronics Association) Code의 예이다. NMEA의 출력 데이터 형식은 \$GP로 시작하는 NMEA 코드 이름, 그리고 데이터와 맨 마지막에 *??의 Check Sum으로 구성된다.

```

(a) (b) (c) (d) (e) (f) (g) (h)
$GPGGA,1.4,45.532,3735.0079,N,12701.6446,E,1,03,7.9,48.8,M,19.6,M,0.0,0000*48
$GPGSA,A,2,19,25,15,,,,,,,,,21.5,7.9,20.0*32
$GPGSV,3,1,10,03,86,244,00,19,51,218,38,16,51,057,00,07,40,048,00*77
$GPGSV,3,2,10,13,34,279,00,23,33,236,00,15,29,076,40,25,25,143,38*71
$GPGSV,3,3,10,21,18,051,27,12,315,*77
$GPRMC,114455.532,A,3735.0079,N,12701.6446,E,0.0,000000,121.61,110706,*0A
  
```

<그림 1> GPS NMEA Code 출력 예

NMEA 데이터 중에서 GPGGA 데이터를 이용하여 위치를 측정하였다. GPGGA 데이터는 (a) 시작 코드, (b) UTC 시간 데이터, (c) 위도 데이터, (d) 경도 데이터, (e) 데이터 수신이 양호 한지 표시 신호(0 : invalid, 1 : GPS fix, 2 : DGPS fix), (f) 속도 데이터, (g) 고도 데이터, (h) Check Sum 신호로 구성되어 있다.

GPS의 데이터의 위도와 경도의 형태는 ddmm.mmmmm, dddmm.mmmmm 각각 되어있는데 여기서 d는 위도 및 경도의 도를 나타내고, m은 분을 나타낸다. 이 데이터는 10진수와 60진수로 이루어져있기 때문에 계산을 위하여 진수를 변화시켜 주어야한다. ddmm.mmmmm에서 dd + mmm.mmmmm/60을 하여 dd.dddd 형태로 바꾸어 사용을 한다. 거리 계산은 Great-circle distance 공식을 사용하여서, 아래 식 1과 같이 라디안 값으로 변환한 dd.dddd 형태의 위도 및 경도 데이터를 이용하여 두 노드간의 거리를 구하였다.

$$d = \arccos(\sin(\theta_1) \times \sin(\theta_2) + \cos(\theta_1) \times \cos(\theta_2) \times \cos(\theta_3 - \theta_4)) - (1)$$

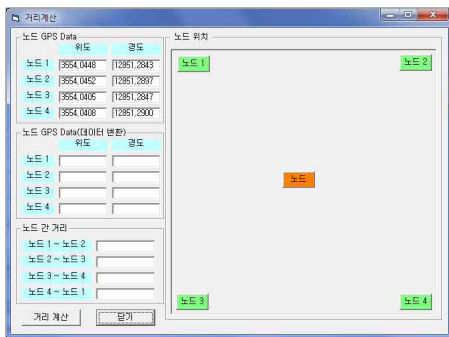
d : 위치 1과 위치 2 간의 거리
 θ_1 : 위치 1의 위도값
 θ_2 : 위치 1의 경도값
 θ_3 : 위치 2의 위도값
 θ_4 : 위치 2의 경도값

$$NM = d \times 3437.7387$$

$$KM = NM \times 1.852$$

3. 실험결과

그림 2는 이동 노드의 위치를 측정하는 부분으로 각 고정 노드에서 수신된 GPS 정보를 표시하는 부분과 계산을 위해서 라디안 값을 변환된 데이터로 출력하는 부분, 각 고정 노드 간 거리를 계산하여 표시하는 부분, 그리고 각 고정 노드와 이동 노드의 위치를 표시하는 부분으로 구성되어 있으며 거리 표시 단위는 m이다.

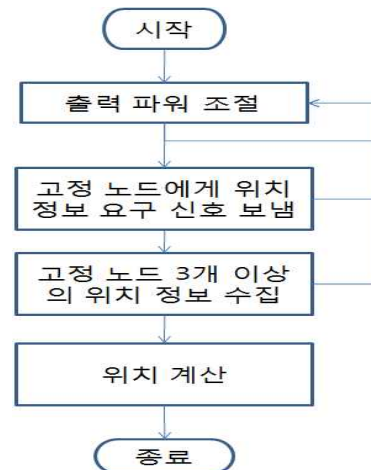


<그림 2> 노드 간 거리 측정 및 이동 노드 위치 측정 부분

본 연구에서는 기존의 RSSI 신호의 거리에 따른 변화 특성을 이용한 거리계산 방식을 사용하지 않고, 출력 파워에 따른 RSSI 데이터를 테이블화하여 비교연산을 통하여 거리를 측정하는 방식을 사용하였다. 먼저 4개의 고정 노드와 이동 노드간의 거리 데이터를 RSSI 데이터 테이블과 비교하여 예측하고, 4개의 고정 노드간의 예측된 거리 데이터를 비교하여 이동 노드와 고정 노드의 거리를 측정하였다.

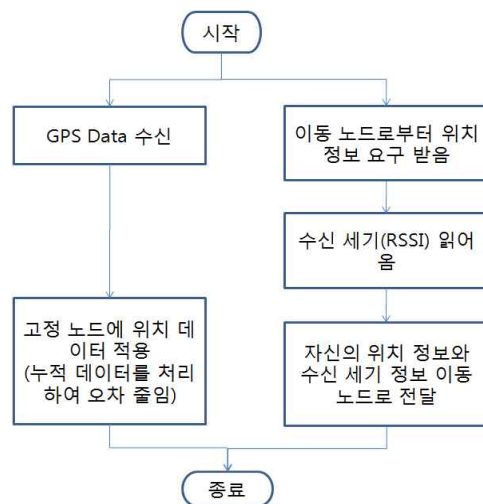
이동 노드와 고정 노드 간의 거리 측정을 위한 각

노드의 프로그램 흐름도는 그림 3, 4와 같은 과정이다. 그림 3과 같이 이동 노드는 자신의 위치를 알기 위하여 고정 노드에게 위치정보 요구 신호를 전송한다. 요구 신호는 송신 출력 파워를 변경하면서 총 5번 전송을 하고, 각 출력 단계마다 고정 노드로부터 전송 받은 위치 정보를 RSSI 데이터 테이블과 비교하여 거리를 측정한다.



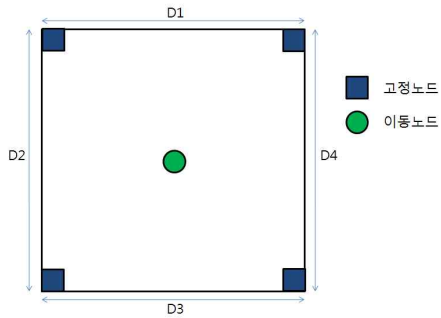
<그림 3> 이동 노드의 프로그램 흐름도

그림 4와 같이 고정 노드는 이동 노드로부터 요구 신호가 오면, 요구 신호의 수신세기를 읽어서 자신의 위치 데이터와 함께 이동 노드에게 전송을 한다. 이동 노드로부터 요구 신호가 없을 때는 GPS값을 수신하여 자신의 위치 정보를 업데이트 한다.



<그림 4> 고정 노드의 프로그램 흐름도

제안된 방식으로 실외 2곳과 실내 1곳에서 위치 측정을 실험하였다. 실험 방식은 그림 5와 같이 고정 노드간의 거리인 D1 ~ D4를 8m 간격으로 배치를 하고, 이동 노드는 4개의 고정 노드 범위 안에서 이동을 시키면서 위치를 측정 하였다.



<그림 5> 실험을 위한 노드 배치도

먼저 실외 테스트를 통해서 위치 인식 시스템의 정확성을 테스트 하였다. 실험 방법은 이동 노드에 GPS 모듈을 부착하여 이동 노드의 GPS모듈에서 출력되는 위치 좌표와 고정 노드로부터 거리를 기반으로 계산된 위치좌표의 오차를 비교하였다. 그리고 실내 테스트를 통해서 실제 실내에서 정확한 위치 인식을 하는지 확인을 하였다.

표 2는 실외의 임의 장소 2곳에서 8m 간격으로 배치한 고정 노드 4개의 GPS 위치 좌표 데이터이고, 표 3은 표 2의 GPS 데이터를 이용하여 앞에서 제시한 식 4를 이용하여 고정 노드 간의 거리를 계산한 것이다. GPS데이터를 이용한 거리 계산 결과 실제 거리와 평균 12cm 정도 오차를 보였다.

<표 2> 실외 테스트에서 GPS 출력 데이터

	위치 1 GPS 데이터		위치 2 GPS 데이터	
	위도	경도	위도	경도
고정 노드1	3554.0448	12851.2843	3554.7992	12836.7565
고정 노드2	3554.0452	12851.2897	3554.8002	12836.7512
고정 노드3	3554.0405	12851.2847	3554.7967	12836.7520
고정 노드4	3554.0408	12851.2900	3554.7973	12836.7472

<표 3> 실외 테스트에서 고정 노드 간 거리

	위치 1	위치 2
노드1-노드2	8.025m	8.212m
노드2-노드3	8.041m	8.185m
노드3-노드4	8.025m	7.354m
노드4-노드1	8.041m	7.97m

표 4와 표 5는 실내 테스트를 진행한 데이터이다. 실내 위치 측정 실험은 고정 노드 간 간격을 최대 8m로 해야 하지만, 실내 GPS 수신 지역의 여건상 각 노드 간 거리가 다르고 노드 간 거리도 8m 이상이 되는 부분이 있다. 표 4는 실내에서 테스트한 고정 노드 4개의 GPS 데이터이고, 표 5는 고정 노드간 거리 데이터로 실제 고정 노드 간 데이터와 GPS 데이터를 이용한 측정 데이터이다.

<표 4> 실내 테스트에서 고정 노드의 GPS 출력 데이터

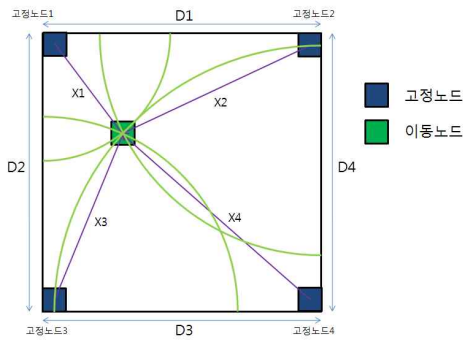
	위도	경도
고정 노드1	3554.7963	12836.7538
고정 노드2	3554.7945	12836.7492
고정 노드3	3554.7905	12836.7518
고정 노드4	3554.7913	12836.7570

<표 5> 실내 테스트에서 고정 노드 간 거리

	실제 거리	측정 거리	오차
노드1-노드2	7.42m	7.78m	0.36m
노드2-노드3	8.2m	11.21m	3.01m
노드3-노드4	7.6m	7.9m	0.3m
노드4-노드1	10.2m	13.13m	2.93m

그림 6은 이동 노드의 위치를 측정하는 방식을 나타낸 것이다. 이동 노드의 위치를 GPS 출력 형식인 위도, 경도 값으로 나타내기 위해서 몇 가지 데이터가 필요하다. 먼저 그림 6에서 고정 노드 4개의 GPS 정보가 필요하고, 이동 노드와 4개의 고정 노드 간 거리 데이터인 X1 ~ X4와 고정 노드 간 거리 데이터인

D1 ~ D4를 알아야한다. 그리고 이동 노드와 고정 노드 간의 거리를 구하기 위한 테이블이 1m 단위로 구현되어 있기 때문에 1m 이동시 위도, 경도의 변화량을 알아야한다.



<그림 6> 이동 노드 위치 계산 방법

고정 노드 간 거리를 구한 공식을 이용하여 위도, 경도의 거리가 1m 변할 때의 GPS 좌표의 변화량을 구해보면 위도는 0.03초가 변하면 약 0.92m, 경도는 0.04초가 변하면 약 0.99m 변하는 것을 알 수 있다. 그리고 제2코사인 법칙을 이용하여 고정 노드와 이동 노드가 이루는 각도를 구하여 4개의 고정 노드에서 이동 노드의 방향 및 위도, 경도의 변화량을 계산 할 수 있다.

표 6과 표 8은 실외 2곳에서 그림 5와 같이 고정 노드를 8m 간격으로 배치하고 고정 노드 범위 안의 임의의 위치 4 곳에서 이동 노드의 위치 정보를 GPS 모듈로 측정된 데이터와 고정 노드와의 거리 관계로 계산된 위치 데이터를 나타낸 것이다. 표 7과 표 9는

<표 6> 실외 실험 데이터 1

	실제 GPS좌표		계산된 좌표	
	위도	경도	위도	경도
위치 1	35도54분 02.66초	128도51분 17.13초	35도54분0 2.69초	128도51분 17.12초
위치 2	35도54분 02.60초	128도51분 17.22초	35도54분0 2.62초	128도51분 17.28초
위치 3	35도54분 02.50초	128도51분 17.21초	35도54분0 2.53초	128도51분 17.21초
위치 4	35도54분 02.64초	128도51분 17.32초	35도54분0 2.60초	128도51분 17.33초

실외 위치 1과 2에서 측정된 GPS 데이터와 계산을 통해 얻어진 GPS 위치 정보를 비교한 데이터이다. 측정된 데이터의 경우 실제 GPS 좌표와 비교하였을 때 오차가 있으나, 오차 범위가 거리로 계산 하였을 때 1m ~ 2m 사이로 보여주며, 본 연구에서 사용한 GPS 모듈의 개방 된 지역에서 최고 2.5m 이하의 정확성 가지기 때문에 본 실험에서 보여주는 오차는 GPS 오차 범위내의 값을 보여주었다.

<표 7> 실외 실험 데이터 1의 오차

	위도오차	경도오차	거리오차
위치1	0.03초	0.01초	약 0.96m
위치2	0.02초	0.06초	약 1.62m
위치3	0.03초	0초	약 0.92m
위치4	0.04초	0.01초	약 1.26m

<표 8> 실외 실험 데이터 2

	실제 GPS좌표		계산된 좌표	
	위도	경도	위도	경도
위치 1	35도54분 47.94초	128도36분 45.12초	35도54분 47.90초	128도36분 45.14초
위치 2	35도54분 47.93초	128도36분 45.21초	35도54분 47.94초	128도36분 45.22초
위치 3	35도54분 48.87초	128도36분 45.02초	35도54분 48.92초	128도36분 45.08초
위치 4	35도54분 47.99초	128도36분 45.14초	35도54분 47.93초	128도36분 45.13초

<표 9> 실외 실험 데이터 2의 오차

	위도오차	경도오차	거리오차
위치1	0.04초	0.02초	약 1.33m
위치2	0.01초	0.01초	약 0.4m
위치3	0.05초	0.06초	약 2.15m
위치4	0.06초	0.01초	약 1.87m

표 10은 실내에서의 위치 측정 실험 결과를 나타낸다. 실내에서 고정 노드를 GPS를 수신할 수 있는 위

치 4곳에서 설치를 하고, 이동 노드는 고정 노드의 범위 안에 임의의 위치 4곳에서의 고정 노드를 이용하여 계산된 GPS 좌표와, 실제 고정 노드와의 거리를 바탕으로 비교하였을 때 오차이다. 오차를 보았을 때 실외 테스트 결과에 비해서 큰 것을 볼 수 있는데, 이것은 본 연구에서 거리 계산에 사용한 기본 RSSI 데이터를 최대 8m로 설정 하였는데, 실내 테스트 환경의 요건 상의 고정 노드의 배치를 최대 8m 안으로 하지 못하여 생긴 오차인 것으로 판단된다. 따라서 계속하여 오차를 줄이는 연구가 필요하다.

<표 10> 실내 실험 데이터

	계산된 좌표		오차
	위도	경도	
위치1	35도54분 47.69초	128도36분 45.11초	약 2.63m
위치2	35도54분 47.78초	128도36분 45.29초	약 2.78m
위치3	35도54분 47.59초	128도36분 45.19초	약 2.56m
위치4	35도54분 47.72초	128도36분 45.14초	약 3.1m

4. 결론

출력파워 하나를 사용하여 위치 인식을 할 경우 같은 거리에서도 RSSI 값의 오차가 심하고 RSSI 값의 변화가 거리에 따른 일정한 규칙이 없기 때문에 노드 간의 거리를 구하는 것은 너무 많은 오차를 내포하게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 본 연구에서는 ZigBee의 출력 파워를 조절하여 각 출력 파워별로 거리에 따른 RSSI 값을 데이터화 하였고, 이 데이터를 기반으로 위치를 계산함으로써 기존의 RSSI 데이터를 이용한 위치 인식의 오차 및 문제점을 해결 하였다. 본 연구에서의 시스템은 GPS를 노드 별로 내장함으로써 이동 노드의 경우 실외에서는 GPS를 이용하여 별도의 고정 노드 없이 위치 인식이 가능하도록 하였고, 실내에서는 GPS를 장착한 고정 노드로부터 위도, 경도, 고도 값을 받아서 자신의 위치를 계산함으로써 실외에서와 동일한 위도, 경도, 고도 값을 가지고 자신의 위치를 표현 하도록 하였다. 이렇게 함으로써 실외와 실내에서의 위치 인식 시스템을 통일하였다.

본 연구 결과는 기존의 실내와 실외를 구분한 위치 정보 서비스를 통일함으로써 지능형 로봇이나, USN 분야에서부터 기존의 네비게이션 프로그램까지 다양한 분야에 적용함으로써 그 서비스 분야를 실내나 실외 구분 없이 어느 곳에서나 작동이 가능하도록 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 이성호, 민경욱, 김재철, 김주완, 박종현. 위치기반 서비스 기술 동향. 전자통신동향분석 제 20권 제 3호 2005년 6월.
- [2] Jinyang Li John Jannotti. Douglas S. J. De Couto. David R. Karger and Robert Morris. A scalable location service for geographic ad hoc routing. International Conference on Mobile Computing and Networking. 2000. p120-130.
- [3] 조영수, 조성윤, 김병두, 이성호, 김재철, 최완식. 실내의 연속측위 기술 동향. 전자통신동향분석 제 22권 제 3호 2007년 6월
- [4] Mohapatra. D and Suma. S. B. Survey of location based wireless services. ICPWC 2005. Personal Wireless Communications. p358-362
- [5] Roy Want, Andy hopper, Veronica Falcao and honathan Gibbons, The Active Badge Location System, ACM Trans, on Information Systems, Vol 10, No 1, Jan 1992. p91-102.
- [6] IEEE Standards. IEEE802.15.4:Wireless Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks(LRWPANs), October. 2003.
- [7] Nissanka B. Priyantha, Anit Chakraborty, and Hari Balakrishnan, The Cricket Location-Support system. Proc, 6th ACM MOBICOM, Aug. 2000.
- [8] D. Niculescu and B.Nath. Ad Hoc Positioning System(APS) Using AOA. Proc. INFOcom '03, San Francisco, CA, 2003.
- [9] P. Bahl and V.N Padmanabhan, RADAR: An In Building RF-Based User location and Tracking System. In Proc. of IEEE Infocom 2000 conf. on computer commun. Vol2. Mar. 2000. p775-284.

[10] 김보미, 심민진, 이종은, 최상호, 유비쿼터스 센서 네트워크의 위치탐지 기술 및 동향, 주간기술동향 통권 1291호, 2007년.

[11] 정석민, 정우진, 우운택, 적외선 기반 실내 사용자 위치 추적 시스템, 전자공학회 논문지 제 42권 CI 편 제 5호, 2005년.



류 정 탁 (Jeong Tak Ryu)

- 종신회원
- 1992년 2월 : 영남대학교 전자공학
학과 (공학사)
- 1996년 : 오사카대학교 전자공학과
(공학석사)
- 1999년 : 오사카대학교 전자공학과(공학박사)
- 2000년 ~ 현재 : 대구대학교 전자공학부 교수
- 관심분야 : 나노 및 센서 공학



김 인 경 (In kyung Kim)

- 2009년 3월 ~ 2010년 3월 : 대구
대학교 전자공학과 석사과정
- 관심분야: 멀티미디어 H/W 및
S/W 개발

논문 접수 일 : 2012년 05월 11일

1차수정완료일 : 2012년 06월 15일

게재확정일 : 2012년 08월 09일