

응급 구조 서비스를 위한 능동형 위치 검출시스템

An Active Location-Detecting System for an Emergency Rescue Service

오경환*, 박재화**, 이두수***
(Kyoung-Hwan Oh*, Jae-Hwa Park**, Doo-Soo Lee***)

Abstract : Recently, location based service(LBS) expanded based on personal specialized service, however since commercialized GPS based emergency rescue service comes with shadow zone for GPS signal such as inside building, the accuracy and reliability are not guaranteed. Therefore to improve such problem, we propose an active location detecting algorithm using RFID-TAG and Yagi-antenna. To track the location of RFID-TAG where signal is generated, location tracking device in which Yagi-Antenna is installed moves around. Since directed wave and reflected wave co-exist during signal reception, final signal generated location is searched by setting up multiple of locations where signal can be generated on the map and moving location tracking device along minimum length of path. The algorithm proposed in this paper was verified of its technical validity through simulator.

Keywords: LBS, Active Locator, Tracking, Emergency Service, Antenna Interface, RFID TAG, Path Planning

I. 서론

최근 위치 기반 서비스(Location Based Service : LBS)는 개인 특화 서비스 중심으로 그 규모가 점차 확대되고 있다[1][2]. 이러한 LBS기술을 활성화 시키기 위해서 반드시 갖춰야 하는 것은 검출 위치의 정확성과 신뢰성을 보장하는 위치 측위 기술이다. 특히 응급상황 발생시, 응급 구조 서비스등과 관련된 서비스는 위치검출의 보장과 검출된 위치의 높은 신뢰성을 요구한다.

현재는 상용화된 GPS에 의한 위치검출이 검출 오차가 상대적으로 작으며 오류가 거의 없지만 위치 측위 요청의 70 ~ 80%가 건물 내부와 같은 GPS 신호가 도달하지 않은 음영지역이나 중계기 신호를 사용하는 실내에서 발생하기 때문에 재난 상황과 같은 응급 상황이 발생되면 서비스 제공의 지연과 같은 심각한 문제점들이 발생한다. 이를 보완하는 방법으로 컴퓨터 통신과 이동통신망을 기반으로 하는 위치 측위가 주를 이루고 있지만 이는 오차범위가 매우 크다. 따라서 이러한 문제점들을 극복하기 위한 새로운 방법들이 필요하며, 본 논문에서는 오차 영역 및 측위가 불가능한 영역에서 목표점까지의 정확한 측위가 가능하도록 하는 능동적 위치 추적 기술을 개발하고자 하였다.

II. 본론

1. 시스템 개요

그림 1은 응급 구조 서비스 시스템의 개괄적인 개요도를 보여준다. 본 시스템은 기존의 광역위치 측위기법의 단점 및 GPS 측위기술의 단점 등을 보완한 방법으로서 광역 위치 측위 시스템과 근거리 위치추적 시스템을 융합한 형태라 할 수 있다. 즉 이동 통신망을 이용하여 대략적인 광역위치를 파악하고 광역위치에 도달한 후에는 RFID TAG의 발생신호를 기

준으로 안테나 인터페이스를 이용하여 구조신호 발생지를 측위하게 된다.

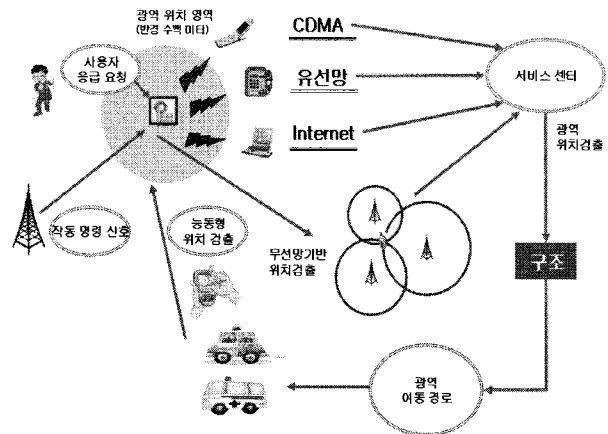


그림 1. 응급 구조 시스템
Fig. 1. An Emergency rescue system

이와 같은 근거리 위치추적 시스템을 구현하기 위해 크게 세 가지 기술을 중심으로 연구를 진행하였다. 하나, 목표점으로부터 송신되는 신호를 수신하여 능동형 위치 검출을 위한 안테나 인터페이스를 모델링하는 것이며 둘째, 오차범위 내에서 목표점으로부터 신호를 동적으로 수신하여 정확한 위치를 찾는 알고리즘을 개발하는 것 그리고 마지막으로 세번째는 서비스 제공자가 현재 위치로부터 목표점까지의 최적의 경로를 스스로 만들 수 있는 경로 계획(Path Planning)기술을 개발하는 것이다.

2. 안테나 인터페이스 모델링

이동 통신망을 이용하여 대략적인 광역위치에 도달한 구조자는 응급신호 발생자의 RFID TAG의 송신출력을 제어하는 활성신호를 발생시키고, 이때 이 제어신호에 따라 목표점으로부터 송신되는 신호를 수신하여 신호세기 및 수신방향(각도)을 검출한다. 본 연구에서 사용한 수신 안테나의 제원은 표 1과 같다.

* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수 : 20xx. x. x., 채택확정 : 200x. x. xx.

오경환, 이두수 : 한양대학교 공과대학 전기공학과

(okh818@hanyang.ac.kr, dsplee@hanyang.ac.kr)

박재화 : 중앙대학교 공과대학 컴퓨터공학과

(jaehwa@cau.ac.kr)

※ 본 연구는 '서울시 R&D Program(10544)' 지원에 의하여 연구되었습니다.

표 1. 야기 패럴 스택 안테나 제원

Table 1. The Specification of the Yagi parallel-stack Antenna

주파수 범위	430 ~ 440 Mhz
이득	13.5 dBi
최대출력	100 W
무게	2.8 Kg
임피던스	50 Ω
VSWR	1.5 이하

야기 안테나(야기-우다 안테나)는 급전소자(DE, 투사기 또는 복사기)와 무 급전 소자(Parasitic Element, 반사기와 도파기)로 구성된 안테나이다. 안테나의 전방이 전계강도와 이득이 큰 단 방향성 지향성 안테나가 된다. 야기 안테나는 구조가 간단하며 협대역이라는 단점이 있지만 이득이 큰 장점이 있다. 이러한 야기 안테나의 지향성 특성과 이득이 큰 특성은 본 시스템에서 송신신호의 수신방향을 검출하는데 적용되어질 수 있다.

경로감쇄

RFID-TAG의 송신신호는 활성신호를 수신한 직후 사방으로 방사되어, 신호의 전력이 송신위치로부터의 거리가 멀어짐에 따라 감쇄하게 된다. 경로에 따른 감쇄는 신호의 주파수, 신호원으로부터의 거리, 매질의 종류 및 지형 지물의 형태에 따라 달라지며 또한 주변환경 및 기후상태 등에도 영향을 받게 된다. 경로감쇄는 수신전력 P_r 과 송신전력 P_t 의 비로서 일반적으로 다음과 같이 정의된다[3].

$$\frac{P_r}{P_t} = r^\eta \left(\frac{4\pi}{\lambda} \right)^2 \tag{1}$$

식 (1)에서 λ 는 신호의 파장이며, r 은 전파가 방사되어 진행된 거리이다. 또한 η 는 감쇄 상수로서 환경에 따라 달라지며, 자유공간(Free Space)에서는 2이며, 일반적인 환경에서는 약 4정도의 값을 갖는다[3]. 그림 2는 RFID-TAG의 송신신호의 전력이 1W일 경우 거리 별 감쇄곡선을 표현한 것이다.

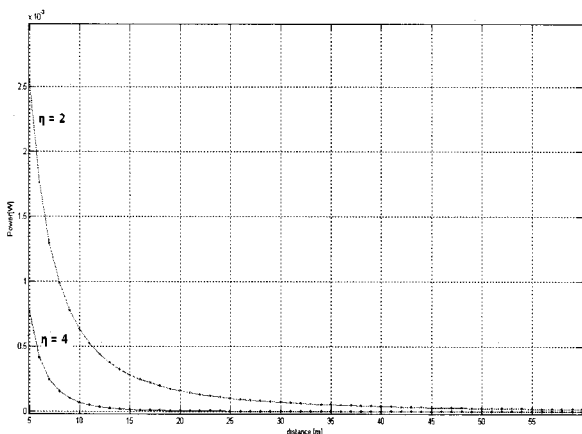


그림 2. 방사 감쇄
Fig. 2. Propagation loss

방사패턴 모델링

안테나의 방사패턴 모델링은 지향성인 야기안테나를 갖고 신호발생지의 위치 검출을 하는데 가장 중요한 부분이다. 본 연구에서 사용한 전방 지향성 13.5 dBi의 특성을 갖고 있는 야기안테나의 수평 방사패턴 모델링 결과는 그림 3과 같이 Main-Lobe의 빔폭(Beam Width)이 60° 정도가 됨을 확인 할 수 있다.

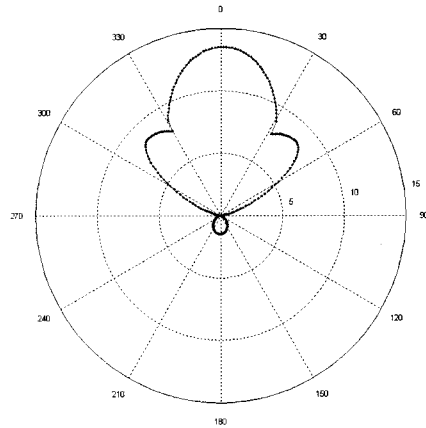


그림 3. 수평 방사패턴
Fig. 3. Horizontal Radiation Pattern

또한 본 연구에서는 신호 발생자와 서비스제공자의 위치가 일직선상에 있다 하더라도 지형의 영향으로 높낮이 변화가 있으므로 신호 발생자의 위치를 검출하려면 3차원 방사패턴을 필요로 한다. 그림 4는 야기안테나의 3차원 방사패턴의 모델링 결과를 보여주고 있다. 그림에서 보듯이 야기 안테나의 도파관과 복사기, 반사기가 원형 루프의 형태를 띄고 있기 때문에 콘(Cone) 모양의 방사패턴의 형성됨을 확인할 수 있다.

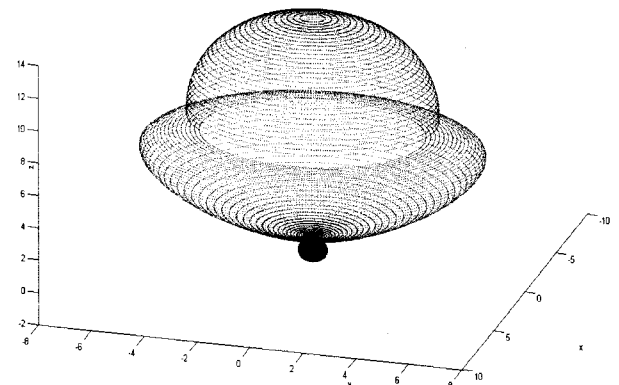


그림 4. 3차원 방사패턴
Fig. 4. 3-D Radiation Pattern

2. 동적 위치추적 알고리즘

목표점의 RFID-TAG 송신신호를 서비스 제공자가 안테나 인터페이스를 통하여 수신하게 되면 서비스 제공자는 송신자의 정확한 위치를 찾는 알고리즘이 필요하다. 그림 2의 시뮬레이션 결과를 보듯이 10m 이상에서 수신전력은 이론적으로도 매우 작은 값이 나오므로 본 연구에서 거리를 검출하는 것은 사실상 불가능하며 오직 수신각도만을 갖고 송신신호의

위치를 검출하여야 한다.

그림 3에서 확인하였듯이 본 연구에서 사용한 야기안테나의 방사패턴은 Main-Lobe가 60°의 빔폭을 갖고 있기 때문에 60°의 스캔범위를 갖고 위치를 추적하게 된다.

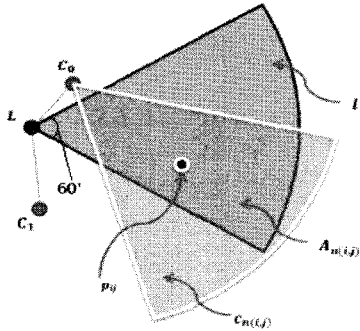


그림 5. 안테나의 스캔범위
Fig. 5. The Scan range of Antenna

그림 6은 신호발생 광역위치(오차영역)에 도착하여 목표점을 검출하는 과정을 보여주고 있다. 그림에서 L은 서비스제공자의 위치이며 P_{ij} 는 목표점의 위치이다. 서비스 제공자가 수신하는 신호는 두 가지 신호가 있는데 하나는 목표점으로부터 장애물 없이 오는 직접신호이고, 또 하나는 목표점으로부터 장애물에 반사되어 오는 반사신호 또는 수신 주파수 대역 내에서 발생하는 간섭 신호들이 있다. 이러한 신호를 바탕으로 그림 6과 같이 수신된 신호의 세기를 표현한 파노라마 형태의 그래프를 얻을 수 있다.

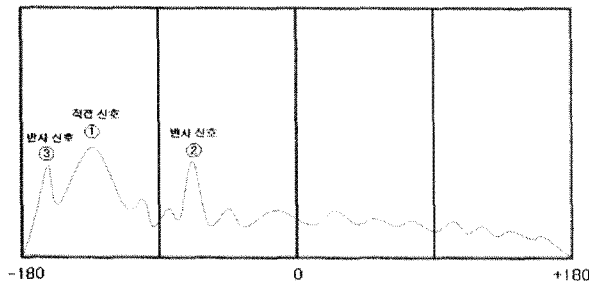


그림 6. 목표점으로부터 수신된 신호
Fig. 6. The received signal from the object.

이러한 수신신호 세기 파노라마를 기준으로 목표점이 존재 가능한 영역을 추정하게 되고, 이때 추정된 영역의 크기가 기준 값보다 작다면, 목표점의 위치로 확정 짓게 되고, 영역의 크기가 기준 값보다 크다면 오차를 줄이기 위한 새로운 이동 후보지 C_0, C_1 을 검색하여 가장 비용이 낮은 최적의 이동지로 이동하여 그림 7처럼 목표점으로부터 송신되는 신호를 재 수신한다. 이러한 과정을 목표점의 추정범위가 기준 값보다 작게 될 때까지 반복하여 최종목표점을 검출하게 된다.

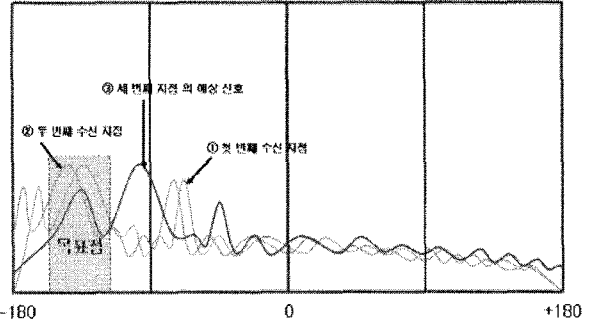


그림 7. 각 지점에서 목표점으로부터 수신한 신호
Fig. 7. The received signal in each point from the object.

3. 경로 계획 알고리즘

서비스 제공자가 현재 위치로부터 목표점까지의 이동할 경우에는 실제 지도를 바탕으로 한 최적의 경로를 만들 수 있는 경로계획이 필요하다.

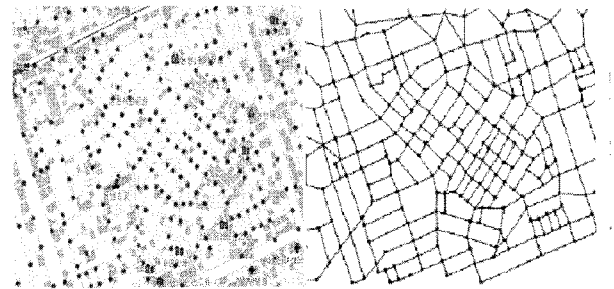


그림 8. 지도에서의 노드 추출
Fig. 8. A node extraction in the Map

그림 8은 서울 시내 일부의 지도에서 교차되는 곳을 노드(Node)로 잡고 이 노드를 바탕으로 생성한 지도 데이터를 보여주고 있다. 이제 이러한 노드 중 특정 노드를 목적지 또는 서비스 제공자가 위치한 노드라 가정하고 경로 검색 알고리즘을 시뮬레이션 하였다.

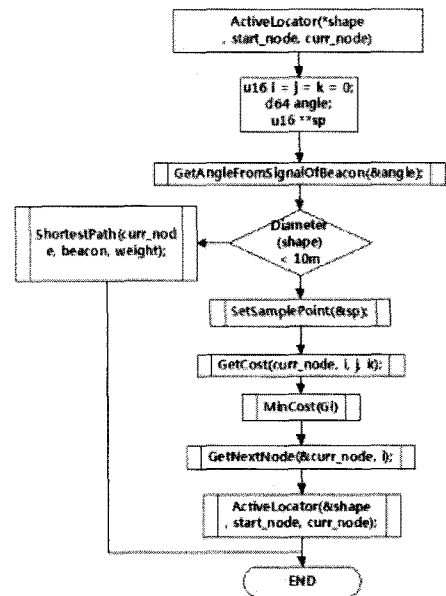


그림 9. 경로 검색 알고리즘 흐름도
Fig. 9. A route retrieval algorithm Flowchart

그림 9는 Cost Function을 기준으로 한 서비스 제공자의 Recursive Function 알고리즘을 보여주고 있다. 이 함수는 수신각을 얻었을 때 Shape의 반경이 10m 이내이면 목표점을 확인할 수 있으므로 목표점 검색이 완료되었음을 뜻하며 검색이 완료될 때까지 반복하게 된다. i는 현재 노드와 연결된 다음 노드의 인덱스이며 후보지라고 부른다. 마찬가지로 j와 k는 각각 후보지가 될 수 있는 샘플 포인트의 행과 열의 인덱스이며 변수 sp는 샘플 포인트를 저장하고 있다. Shape의 반경이 10m 이내가 아니면 예상위치를 저장하고 있는 sp를 바탕으로 Shape 이내에 (j *k)개의 샘플 포인트가 균일하게 분포되어 있다고 가정하고 GetCost는 현재위치 curmode 에서 i 번째 후보지 (i , k)위치의 샘플 포인트까지의 이동거리 및 Shape의 예상크기를 얻어내어 이 값을 비용으로 산출한다. 비용 Gi는 MinCost를 통하여 가장 작은 비용을 발생시키는 i 후보지를 얻어내고 GetNextNode에서 i 후보지의 실제 노드번호를 얻어내어 현재위치를 나타내는 curmode 로 값을 치환함으로써 위치를 이동하게 된다. 이러한 흐름을 반복하여 Diameter(shape)에 의해 영역이 최소화 될 때까지 반복한다. 최소화가 되었다는 것은 영역 내에 목표점만이 남아있다는 것을 뜻하기 때문이다.

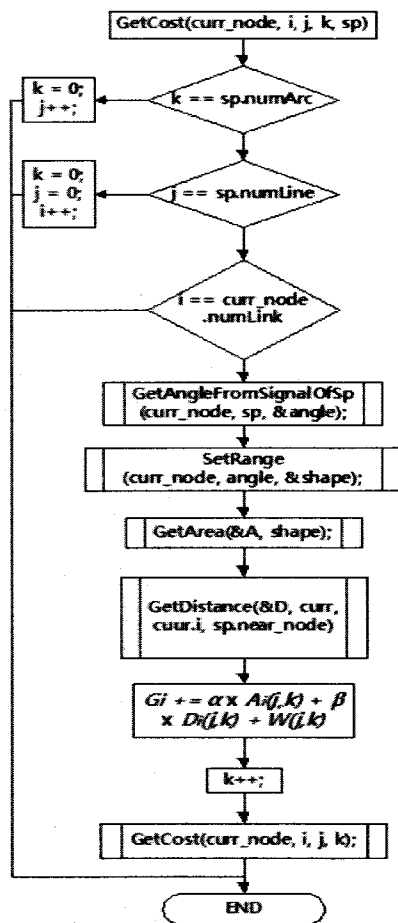


그림 10. Cost Function 흐름도
Fig. 10. Cost Function Flowchart

그림 10은 그림 9의 경로검색 흐름도에서 GetCost 함수의 비용 산출 과정의 흐름을 보여주고 있다.

GetAngleFromSignalOfSp는 현재 노드에서 sp방향으로 수신

을 하였다고 가정하여 각도를 얻어낸다. SetRange는 shape와 curmode 에서 angle방향으로 가정한 수신영역의 중첩영역을 얻고 GetArea에서 그 영역의 넓이를 얻어내어 지역변수 A에 저장한다. GetDistance는 Curmode 에서부터 i후보지를 거쳐 샘플 포인트와 가장 가까운 노드인 sp.nearmode 까지의 이동거리 D를 구한다. A와 D를 이용하여 식 2와 같이 Gi에 누적시킨다

$$Gi += \alpha \times Ai(j, k) + \beta \times Di(j, k) + W(j, k) \quad (2)$$

즉, Gi는 한 후보지 i에서 모든 샘플 포인트 sp에 대한 A와 D의 누적 값이다. 이 때 W는 샘플 포인트가 shape의 중심과의 거리에 따른 가중치이다. 중심에 가까울수록 목표점이 존재할 확률이 높기 때문에 바깥쪽에 더 많은 가중치를 주어 비용이 늘어나게 한다. 이러한 방식으로 반복하여 모든 후보지의 Gi값을 얻어내면 함수는 종료된다.

III. 시뮬레이션 결과

지금까지 위에서 제안한 안테나 인터페이스와 동적 위치 추적 알고리즘, 경로계획 알고리즘을 갖고 실제 지도 데이터에서 시뮬레이션을 시행하여 보았다. 그림 11은 실제 최단거리와 본 논문에서 제안한 알고리즘을 적용한 방법으로 목표점을 찾아간 경로를 보여주고 있다.

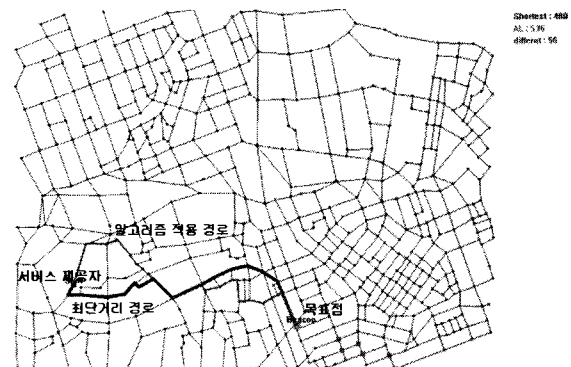


그림 11. 시뮬레이션 결과
Fig. 11. The Result of Simulation

또한 여러 개의 노드를 무작위로 서비스 제공자와 목표점으로 가상 지정하여 반복적으로 실험한 결과는 표 2와 같다.

표 2. 결과 비교표
Table 2. A result Comparative Table

출발지	도착지	제안방법비용	최단거리비용	차이	오차율
277	430	293	290	3	1%
115	4	127	127	0	0%
208	350	677	608	69	11%
84	541	565	551	14	3%
22	306	535	470	65	14%
126	43	515	454	61	13%
339	222	704	636	68	11%
574	55	768	698	70	10%

표 2에서 보여지듯이 알고리즘을 적용한 위치추적 알고리즘을 사용하였을 경우 최단거리와 비교하였을 경우 대략 오차율이 7.875%로서 좋은 성능을 보여주었다.

IV. 결론 및 고찰

본 논문에서 제안한 능동형 위치 검출 시스템 알고리즘은 기존의 신뢰성이 낮은 위치검출 기술의 단점을 보완하였고 응급 구조 서비스 시스템에 적용할 경우 매우 효율적인 결과가 나온다는 것을 시뮬레이션을 통하여 확인 할 수 있었다.

응급 구조 서비스 시스템을 구성하기 위하여 세부적으로 제안한 기술로는 기존의 독립적이었던 광역 위치 추적 기술과 근거리 위치추적 기술을 통합하여 안테나 인터페이스 기술과 동적 위치추적 알고리즘, 경로계획 알고리즘을 제안 함으로서 위치추적의 신뢰성 문제를 극대화 시킬 수 있는 방안이 제시되었다.

본 논문은 현재 활발하게 각광받고 있는 LBS의 개인 특화 서비스 분야가 그 규모가 점차 확대되어짐에 따라 더욱더 중요성이 강조되어 지고 응급 구조 서비스 뿐만 아니라 위치추적 기술의 전 분야에서 유용하게 사용되어질 것이라 기대한다.

참고문헌

- [1] 강준목, 조성호, 이은수, "LBS를 위한 무선 인터넷 DGPS 구현", 한국지형공간정보학회지 제 16권 제 1호, pp342 2008.3
- [2] 이성호, 배영일, 최병삼, 권덕기, 김재윤, "부상하는 위치 기반 서비스", 삼성경제연구소 CEO Information, 615호, 2007.8.1
- [3] T. S. Rappaport, Wireless Communications, Prentice-Hall PTR, New York, 1996



박재화

1989년 : 한양대학교 전자공학과 (공학사)
 1991년 : 한양대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
 2000년 : Electrical Eng. State Univ. of New York at Buffalo(Ph. D.)
 1995년 ~2000년 : Research Scientist CEDAR SUNY at Buffalo
 2001년 ~2003년 : Software Engineer Motorola Inc.
 2003년 ~ 현재 : 중앙대학교 공과대학 컴퓨터공학부 부교수
 관심분야 : 패턴인식, 휴먼인터페이스 등



오경환

2007년 : 충북대학교 전자공학전공 (공학사)
 2007년 ~ 현재 : 한양대학교 전기공학과 석사과정 재학중.
 관심분야 : DSP, Robotics 등



이두수

1968년 : 전북대학교 공과대학 전자공학과 (공학사)
 1970년 : 전북대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
 1973년 : 전북대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)
 1975년 ~1979년 : 전북대학교 공과대학 전자공학과 조교수
 1979년 ~ 현재 : 한양대학교 전기제어생체공학부 교수