

삼각 측량 및 핑거프린트 방식을 이용한 의료 기기의 실시간 실내 측위 시스템 구현*

남효진, 김주현, 김현아, 송현지, 백세인, 송양의, 이용규
동국대학교 컴퓨터공학과-서울
e-mail: gywlsdl312@naver.com

Implementation of a Real Time Indoor Positioning System for Medical Equipment Using Triangulation and Fingerprinting

Hyo-Jin Nam, Ju Hyun Kim, Hyun Ah Kim, Hyun Ji Song,
Se In Baek, Yang-Eui Song, Yong Kyu Lee
Department of Computer Science and Engineering, Dongguk University-Seoul

요 약

의료 기기 관리의 중요성에 따라 의료 기기의 실시간 실내 측위의 필요성이 대두되고 있다. 본 논문에서는 의료 기기에 Wi-Fi 태그를 부착하여 삼각 측량과 핑거프린트 방식을 이용한 의료 기기의 실시간 실내 측위 시스템을 구현하고자 한다. 중앙 제어 모듈과 의료 기기에 부착한 Wi-Fi 태그와의 통신을 통하여, 의료 기기의 위치 정보를 관리하는 데이터베이스를 실시간으로 파악함으로써 의료 기기의 정확한 위치 확인이 가능하다. 본 시스템을 통해 의료 기기에 부착한 Wi-Fi 태그의 실시간 위치 파악 및 정보 관리가 가능하여 의료 기기의 관리가 용이할 것으로 기대한다.

1. 서론

병원에서는 의료 기기를 관리하기 위해 오프라인 문서 또는 수작업이 필요한 프로그램을 이용하는 등 수동으로 관리해야 하는 불편함이 있으며, 재고 관리 및 장비 입출력 등이 효율적이지 못한 실정이다. 이에 따라 의료 기기의 위치 파악, 이동 경로 추적 등 의료 기기 관리의 필요성이 대두되고 있다[1].

실내외 위치를 측정하는 통신 기술로는 GPS(Global Positioning System), 비콘(Beacon), WLAN(Wireless LAN) 등을 활용하고 있다. 인공위성을 사용하여 실외 측위를 하는 GPS는 위성 간에 주고받는 신호가 벽이나 지붕에 의해 방해를 받아 약해지거나 분산되어 오차 범위가 실외 기준 1~25m으로 정확한 위치 파악이 어려우며 실내 측위가 불가능하다. 실내 측위가 가능한 비콘의 동작 방식은 비콘 전용 스캐너를 통해 단말기와 특정 신호를 송수신하거나 기기에 내장된 블루투스를 스캔하는 방식으로 실내 위치를 추적한다[2]. 그러나 비콘은 전용 스캐너 구입 등의 초기 인프라 구축 비용이 많이 발생하지 않지만 정확한 실내 측위가 어렵다는 단점이 있다. 또한 WLAN은 전파나 자외선을 이용하여 통신을 가능하도록 하는 네트워크를 말하며 Wi-Fi(와이파이)라고도 부른다. Wi-Fi는 공공기관 및 기업 등의 대규모 기관에서 주로 사용하고 있으며, 경제성 및 실내 위치 측정의 정확도가 높아 실내 측위에 적합하다[3].

실내 위치를 파악하는 기술로는 삼각 측량, 핑거프린트 방식 등이 있다. 삼각 측량은 거리를 알고 있는 두 개의 고정점으로부터 방향을 측정해 다른 지점의 거리를 측정하는 삼각형의 성질을 이용한 측정 기술이다[4]. 또한 핑거프린트 방식은 AP(Access Point)를 선정하여 신호의 세기 정보를 수집하여, 이동 단말기에서 전송하는 신호의 세기를 통해 위치를 추정하는 방식이다[5].

본 논문에서는 Wi-Fi를 기반으로 삼각 측량 및 핑거프린트 방식을 이용한 의료 기기의 실시간 실내 측위 시스템을 제안하고자 한다. 본 논문에서 제안한 시스템은 의료 기기에 Wi-Fi 태그를 부착하고, 삼각 측량 및 핑거프린트 방식을 결합한 기술을 통해 실내 위치 측정의 정확도를 높여 Room단위까지의 실내 위치를 추정한다. 제안한 시스템을 구현하기 위해 Wi-Fi 기반의 RTLS인 Ekahau Open API를 이용한다. 중앙 제어 모듈에서 WLAN AP(Access Point)를 매개체로 하여 전용 Wi-Fi 태그와 통신하여 의료 기기의 위치를 파악한다. 제안한 시스템을 통해 의료 기기의 실시간 위치를 파악할 수 있으며, 정보 관리가 용이할 것으로 기대한다.

2. 관련 연구

2.1 무선 실시간 실내 측위 기술

무선 실시간 실내 측위 시스템에서는 다양한 방식으로 위치를 추정하고 있으며, 삼각 측량, 핑거프린트 방식 등이 있다[4][5].

삼각 측량은 거리를 알고 있는 두 개의 고정점으로부터

* 본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기술진흥센터의 SW중심대학지원사업의 연구결과로 수행되었음(2016-0-00017)

방향을 측정해 다른 지점의 거리를 측정하는 삼각형의 성질을 이용한 측정 기술이다[4]. 삼각 측량 중에는 단말기로부터의 전파 각도를 측정하여 위치를 알아내는 AOA(Angle of Arrival)방식과 단말기로부터 신호를 수신한 하나의 기지국을 중심으로 서로 다른 2개의 기지국에서 수신한 신호의 신호 도달 시간을 활용하여 위치를 추정하는 방식인 TOA(Time of Arrival)등이 있다. 그러나 삼각 측량은 Log Distance로 측정할 경우 오차로 인해 교점이 생기지 않아 위치 추정이 되지 않는 문제점이 있다.

핑거프린트 방식은 AP를 선정하여 신호의 세기 정보를 수집한다. 수집한 정보를 기반으로 이동 단말기에서 전송하는 신호의 세기를 통해 위치를 추정하는 방식이다[5]. 정밀한 측위를 위해서는 실내 측위를 위한 많은 AP가 필요하다.

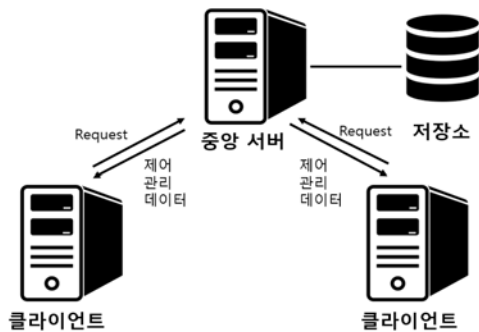
본 논문에서는 삼각 측량, 핑거프린트 방식을 결합하여 실시간 실내 측위 시스템을 구현하고자 한다.

2.2 중앙 집중 제어 시스템

중앙 집중 제어 시스템은 하나의 중앙 서버가 나머지 클라이언트를 제어 및 관리하는 시스템이다[6]. 중앙 서버는 물리적인 한 곳에 위치하고, 중앙 서버의 설정으로 클라이언트의 Request를 제어할 수 있다.

(그림 1)은 중앙 집중 제어 시스템을 도식화 한 것이다. 중앙 서버는 클라이언트에 대해 일대일 통신을 통해 모든 처리 과정을 제어한다. 또한 클라이언트가 저장소에 접근할 때에는 중앙 서버를 통해 접근이 가능하다.

본 논문에서 제안하는 시스템은 하나의 중앙 서버를 두어 기기에 부착된 태그들을 관리할 수 있는 중앙 집중 제어 시스템을 사용한다.

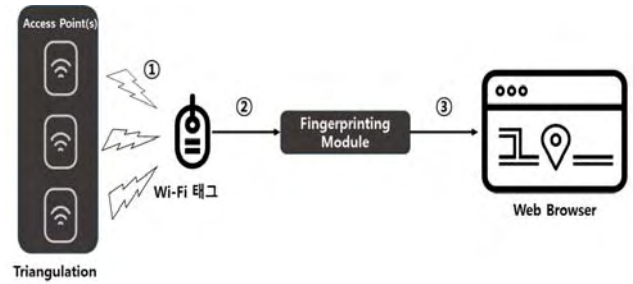


(그림 1) 중앙 집중 제어 시스템

3. 삼각 측량 및 핑거프린트 방식을 이용한 의료 기기의 실시간 실내 측위 시스템

본 논문에서 제안하는 시스템의 전체 구성도는 (그림 2)와 같다. ①에서 의료 기기에 부착한 Wi-Fi 태그는 삼각 측량으로 구축된 실내 환경에서 AP정보를 받는다. ②에서는 ①에서 Wi-Fi 태그가 받은 AP정보를 바탕으로 핑거프린트 방식을 이용하여 Wi-Fi 태그의 실내 위치를 추정한다.

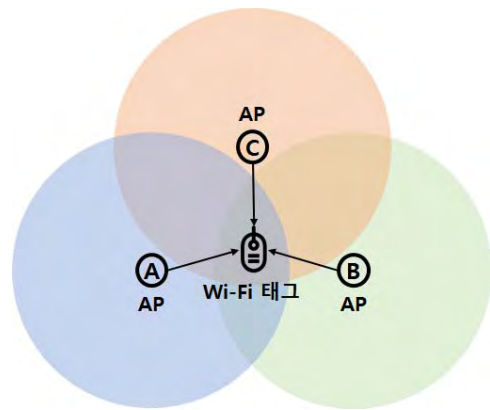
다. 사용자의 원활한 기기 관리를 위하여 ③에서 실내 측위 결과를 대시보드 형태의 웹 페이지에 출력한다.



(그림 2) 시스템 전체 구성도

3.1 삼각 측량을 이용한 실내 측위 방법

본 논문에서 제안하는 시스템에서는 실내를 측위 함에 있어 정확도를 높이고자 삼각 측량을 사용한다. 2차원 삼각 측량은 실내 측위를 실시할 장소에 일정 간격으로 AP를 최소 3개 이상 삼각형이 이루어지도록 배치한다. 이 때 Wi-Fi 태그가 수신하는 AP들의 신호에 교점이 존재하도록 AP들의 거리 간격을 적절히 유지한다. 3차원 공간에서의 삼각 측량을 도식화한 것은 (그림 3)과 같다. A, B, C는 AP를 나타내며, 천장에 부착되어 있다. A, B, C는 모두 일정 간격으로 배치되어 있으며, 삼각형이 이루어지도록 한다. 그림 속 원은 각 AP의 신호 범위로 Wi-Fi 태그는 신호 범위 안에 존재하여야 한다.



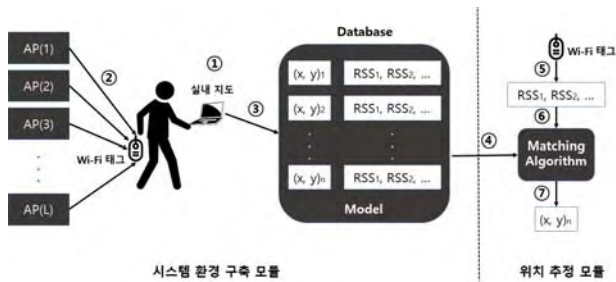
(그림 3) 3차원 공간에서의 삼각 측량

3차원 삼각 측량은 2차원과는 다르게 구 표면이 중첩되는 3차원 지점을 계산한다. 2차원 삼각 측량은 3개의 AP와 Wi-Fi 태그간의 높이를 고려하지 않으므로 오차가 발생하지만, 3차원 삼각 측량을 이용한다면 Wi-Fi 태그의 높이를 측정할 수 있어 고층건물과 같은 복층 구조의 실내 환경 등에 적용 가능하다.

본 논문에서 제안하는 시스템은 의료 기기에 부착한 Wi-Fi 태그의 정확한 높이까지의 위치를 측정하기 위하여 3차원 삼각 측량을 사용한다.

3.2 핑거프린트 방식을 이용한 실내 측위 방법

본 논문에서 제안하는 시스템은 핑거프린트 방식을 이용하여 실내 측위를 실행한다. (그림 4)는 핑거프린트 방식을 이용한 실내 측위 방법을 도식화 한 것이다.



(그림 4) 핑거프린트 방식을 이용한 실내 측위 방법

핑거프린트 방식은 시스템 환경 구축 모듈과 위치 추정 모듈로 분류한다. 시스템 환경 구축 모듈은 의료 기기에 부착한 Wi-Fi 태그의 위치 정보와 해당 위치에서 Wi-Fi 태그가 수신하는 AP 정보를 저장함으로써 실내 측위 시스템 환경을 구축한다. ①에서 사용자가 실내 측위를 실시하고자 하는 Wi-Fi 태그를 소지하여 자신의 위치를 실내 지도에 표시한다. ②에서는 ①에서 사용자로부터 표시된 위치의 좌표와 함께 Wi-Fi 태그가 수신하고 있는 AP의 개수, 종류, 신호 세기 등의 AP정보를 데이터베이스에 기록한다. ③에서 시스템 환경 구축 모듈은 사용자가 ①의 과정을 반복하여 얻은 ②의 정보들을 데이터베이스에 기록하여 이를 하나의 모델(Model)로 생성한다.

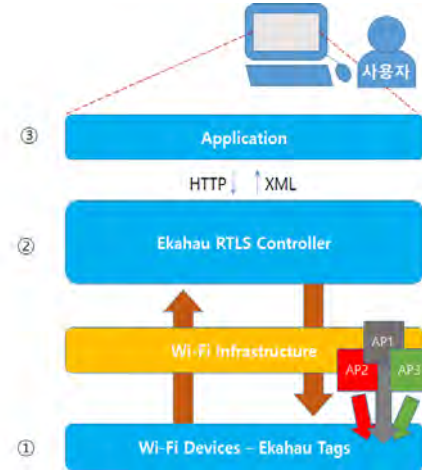
위치 추정 모듈에서는 저장된 모델과 Wi-Fi 태그가 수신하는 AP정보를 기반으로 Wi-Fi 태그의 위치를 추정한다. ⑤에서 Wi-Fi 태그는 위치 추정 모듈에 자신이 수신하는 AP의 정보와 해당 AP의 신호 세기를 매개변수로 전송한다. ⑥에서 위치 추정 모듈은 Matching Algorithm을 통해 ⑤에서 전송받은 매개변수와 ④에서 생성된 모델 내의 AP정보들을 비교하여 가장 유사한 AP정보를 찾는다. ⑦에서는 ⑥을 통해 찾은 AP정보가 기록된 위치를 모델 내에서 찾아냄으로써 Wi-Fi 태그의 위치를 파악한다.

4. 설계 및 구현 결과

4.1 시스템 흐름도

본 논문에서 제안하는 시스템을 동작하기 위한 전체 흐름도는 (그림 5)와 같다. 본 시스템은 3개의 단계로 구성되어 있다. ①에서 Wi-Fi 태그는 AP1, AP2, AP3, 3개의 AP를 통해 삼각 측량과 핑거프린트 방식으로 위치 정보를 얻는다. ②에서 Wi-Fi 태그는 Wi-Fi 인프라를 매개로 ERC에 위치 정보를 전달한다. ERC가 위치 정보를 분석하고 ③에서 Application의 HTTP 요청에 따라 해당 정보를 XML형식인 Ekahau Open API로 변환하여 전달한다. 사용자는 Application을 통해 시스템의 흐름을 가지적으로 확인할 수 있으며 직접적으로 이용한다. 사용자가 Wi-Fi

태그로 메시지를 보내고자 할 경우 반대 방향의 흐름으로 진행한다. 사용자는 Application 상에서 특정 Wi-Fi 태그로 HTTP 요청을 이용해 메시지를 보낸다. 보내어진 메시지는 ERC에 의해서 Wi-Fi를 통해 해당 Wi-Fi 태그로 전송된다. 메시지를 받은 Wi-Fi 태그는 태그에 부착된 디스플레이에서 메시지를 출력한다.

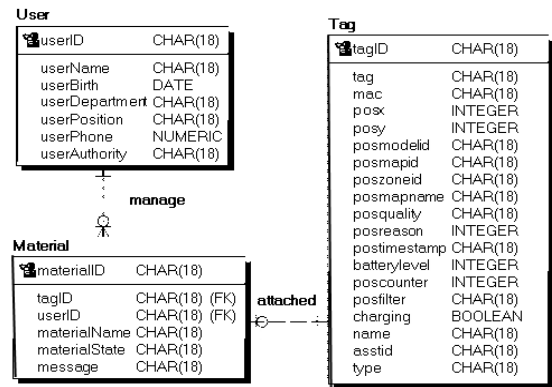


(그림 5) 전체 시스템 동작 흐름

4.2 데이터베이스 설계

본 논문에서는 사용자가 의료 기기의 관리자로서 의료 기기의 위치 추적을 수행하는 권한을 가진다. 따라서 의료 기기의 관리자인 사용자와 여러 의료 기기들을 보다 효율적으로 관리할 수 있는 데이터베이스 설계가 필요하다.

본 논문에서 제안하는 시스템 내부의 데이터베이스 설계도는 (그림 6)과 같다.



(그림 6) 데이터베이스 설계도

본 시스템을 사용하는 사용자에게 대한 자세한 정보가 User 엔티티에 저장되어 있으며, User는 의료 기기 정보를 포함하는 Material 엔티티의 관리자이다. 또한 Material은 하나의 태그(Tag)가 부착되어 있어 Material의 위치는 Tag에 의해 식별한다. Tag에는 위치 정보를 확인할 수 있는 변수를 포함한다. posx와 posy 속성에 의해 Tag의 위치가 식별되며 batterylevel 속성으로 Tag의 배터리 상태를 확인할 수 있다.

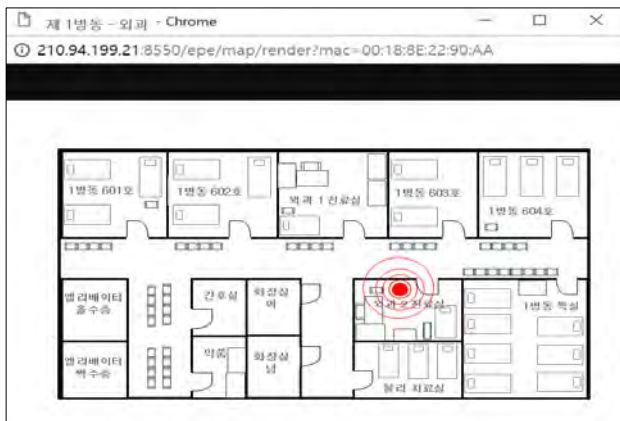
4.3 구현 결과

본 논문에서는 중앙 제어 모듈에서 관리되는 의료 기기의 위치 및 세부 정보를 Wi-Fi 태그로 파악한 후, 이를 웹 페이지에 디스플레이하는 시스템을 구현하였다. (그림 7)은 의료 기기에 부착한 Wi-Fi 태그의 위치 및 세부 정보를 확인할 수 있는 웹 페이지의 화면이다. 의료 기기 검색, 추가, 삭제 기능을 통해 의료 기기를 구분할 수 있으며, 의료 기기에 부착한 Wi-Fi 태그의 배터리, 위치 등의 상태를 확인할 수 있다. 또한 의료 기기명과 고유 MAC 주소로 해당 의료 기기를 구분하며 Room 단위까지 측위가 가능하다. 최종 업데이트 시간을 통하여 해당 기기의 마지막 위치를 파악할 수 있다. 주기적으로 기기에 부착된 태그의 상태 및 배터리 잔량 체크를 통하여 관리에 용이하게 하였다.

기기명	MAC	위치			Tag상태	
		건물명	floor	Zone	배터리	상태
Test1 (1234)	00:18:8E:22:90:AA	NURI BLD	airquay_layout	라운지	61%	Inactive
test2	00:18:8E:28:72:58	NURI BLD	airquay_layout	연구실	73%	Inactive
test1	00:18:8E:40:AE:50	NURI BLD	airquay_layout	프라이어룸B	100%	false

(그림 7) 의료 기기에 부착한 Wi-Fi 태그의 위치 및 세부 정보 조회 화면

(그림 8)은 Wi-Fi 태그의 위치를 실내 지도에 표시한 결과 화면이다. RTLS 데이터베이스에서 Wi-Fi 태그의 위치의 정보를 알아낸 후 이를 바탕으로 지도에 표시한다. 의료 기기에 부착한 Wi-Fi 태그를 이용하여 Wi-Fi를 기반의 실시간 위치 정보를 주고받아 의료 기기의 위치 파악이 용이하였다. 이 결과는 핑거프린트 방식과 삼각 측량 방식을 결합하기 전의 실내 측위 정확도와 비교해보았을 때, 더 높은 정확도를 보여주었다.



(그림 8) 의료 기기에 부착한 Wi-Fi 태그의 위치를 실내 지도에 표시한 결과 화면

5. 결론

본 논문에서는 병원에서 사용되는 의료 기기의 실시간 실내 측위 시스템을 구현하였다. 제안한 시스템은 의료 기기에 Wi-Fi 태그를 부착하여 Wi-Fi 인프라를 통해 Wi-Fi 태그와 중앙 제어 모듈의 통신이 가능하게 하였다. Wi-Fi 태그는 3개의 AP를 활용한 삼각 측량 및 핑거프린트 방식을 통해 현재 위치를 측정된 정보를 중앙 제어 모듈로 송신하였다. 중앙 제어 모듈은 전달받은 정보를 분석하여 XML형식으로 결과를 전송하였다. 이 결과를 통하여 W-Fi 태그의 세부 정보를 파악하고, 이를 실내 지도에 표시하여 의료 기기의 실시간 위치를 파악하는 것이 가능하였다. 또한 삼각 측량과 핑거프린트 방식을 활용하여 실내 Room 단위의 정확한 위치 측정이 가능하고, 실시간 위치 정보를 주고받아 의료 기기의 위치 및 세부 정보 파악이 용이하였다.

의료 기기의 위치 추적은 병원에서 응급 상황의 경우 제빠른 의료 기기의 공급이 가능하여 업무에 효율적일 것이다. 이러한 의료 기기의 실시간 측위 기술은 의료 기기를 찾는데 걸리는 시간을 줄일 수 있을 것으로 기대한다.

본 논문이 제안한 시스템은 Wi-Fi 인프라에 영향을 받기 때문에 AP의 부재의 경우 정확도가 낮아질 수 있다. 향후 연구는 Wi-Fi 태그와 가상 AP 사이의 호환성을 고려하여 정확도를 높일 수 있는 방안에 대하여 진행할 예정이다.

참고 문헌

- [1] 강성관, 안영은, 서장원, 박종안, “의료용 기기를 위한 웹 기반 RFID 관리 시스템”, 한국정보기술학회 논문지, Vol. 9, No. 3, pp. 77-84, 2011.03.
- [2] 윤철환, 소정민, “블루투스 비콘 기반 실내위치인식 및 안내 시스템”, 한국통신학회 2015년 동계종합학술발표회, pp. 265-266, 2015.01.
- [3] 지명인, 조영수, 박상준, 임동선, “Wi-Fi 기반 실내 위치추정 기술개발 동향”, 한국통신학회 논문지, Vol. 28, No. 7, pp. 52-58, 2011.06.
- [4] 하일규, 장철호, 박희주, 김종근, “실내 위치 측정을 위한 Wi-Fi신호 특성 분석”, 한국정보통신학회 논문지, Vol. 16, No. 10, pp. 2177-2185, 2012.10.
- [5] 손상현, 박영준, 김범준, 백윤주, “신뢰도 기반 Wi-Fi 핑거프린트 위치 측위 시스템”, 한국통신학회 논문지, Vol. 38, No. 6, pp. 531-539, 2013.06.
- [6] 권태현, 임영은, 최인상, 김춘희, 차영욱, “중앙 집중형 서버 기반 망에서의 연결 관리 방식 비교 및 성능 분석”, 한국정보처리학회 논문지, Vol. c13, No. 7, pp. 923-932, 2006.12.