

BLE(Bluetooth Low Energy) 기반의 비콘을 이용한 출석확인 시스템 설계 최적화

정원업°, 정은섭, 정윤희, 이진형, 이 강
 한동대학교 전산전자공학부
 e-mail : sjql0206@naver.com

Design Optimization of Attendance Check System using BLE-based Beacon

Wonup Jeong°, Eunseop Jeong, Yoonhee Jeong, Jinhyeong Lee, Kang Yi
 Dept. of Computer Science and Electrical Engineering, Handong Global University

요 약

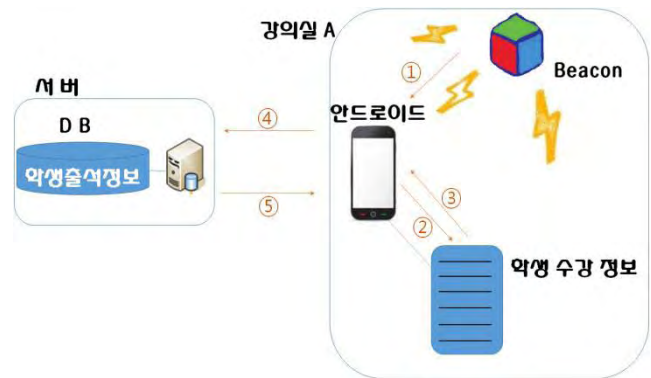
출석체크를 자동으로 하는 시스템으로 QR 코드나 NFC 등의 전자 태그기반 방식들이 있으나 태깅을 수동으로 해야 하는 불편함과 함께 태그의 물리적 파손 문제 등의 단점이 그 확산에 제한 사항으로 작용하고 있다. 본 논문에서는, 태그 기반 대신 Bluetooth Low Energy(BLE) 비콘 신호를 학생들의 스마트폰으로 수신하여 위치와 시간을 확인함으로써 출석을 자동으로 체크하는 경제적이고 안정적인 출결 시스템을 제안한다. 나아가, 시스템 초기 및 유지 비용을 구성하는 요인들을 분석하고, 시스템의 안정적 운영을 보장하는 제한조건 하에서 BLE 비콘의 설치 및 운영의 경제성을 높이기 위한 추가적 변인들을 열거하고 변인들 간의 trade-off 를 고려하여 시스템을 설계해야 함을 보였다

1. 서론

수강생 수가 매우 많은 강좌의 경우 일일이 수기로 출석을 정확히 확인하기에는 시간적인 문제로 자동 출결 확인 시스템이 필요하다. 출석체크를 자동으로 하는 종래의 시스템으로는 QR 코드나 NFC 등의 전자 태그기반 방식들이 있으나 태깅을 하는 불편함과 태그 파손 등의 위험뿐 아니라 태그 설치의 문제점과 유지비용 등의 어려움으로 그 보급과 확산이 제한을 받고 있다. 본 논문에서는 이에 대한 대안으로 Bluetooth Low Energy(BLE) 기반의 비콘 신호를 이용한 출결 확인 시스템을 제안하고자 한다. 비콘 신호를 기반으로 할 경우, 일일이 태깅 하는 불편함이 없기 때문에 사용 편리성과 설치의 용이성이 확보되지만, 비콘의 개당 설치 가격이 높아서 설치 방법에 따라 경제성이 달라진다.

기존의 비콘 기반 위치 확인 방식들로는 삼변측량법[1], RSSI 신호의 세기를 측정하는 방법[1]-[2], 혹은 차폐막을 사용하는 방법[3]들이 있다. 앞의 두 가지 방법은 강의실 당 적어도 3 개 이상의 비콘을 설치해야 하며, 마지막 방법은 강의실 당 하나의 비콘을 설치하지만, 강의실 벽면에 블루투스 신호 차폐막 설치에 따르는 설치 비용 증대의 심각한 경제성 문제가 있다. 본 논문은 비콘을 이용한 새로운 출결 시스템을 제시하고, 비콘의 설치 개수, 설치 위치, 비콘 송신 신호 세기를 변수로 고려하여 이 변수들 간의 상호관계와 비용에 미치는 영향을 고려하여 더 경제적

인 설치와 운영이 가능함을 보이고자 한다.



(그림 1) 제안된 비콘 설치방법

2. 제안된 BLE 기반 출석 확인 시스템 개요

이 출결 시스템의 개요는 그림 1 과 같다. 강의실 내부 혹은 그 주변에 비콘이 설치되어 있으며, 이 비콘은 신호를 정해진 주기에 따라 방송 방식으로 송신한다. 이 때, 비콘의 신호를 강하게 하여 하나의 비콘이 여러 개의 강의실을 커버하게 할 수도 있다. 안드로이드 단말기에는 비콘 신호를 수신하는 앱이 설치되어 있다. 수강생이 이 단말기를 소지한 채 강의실

로 이동해 비콘의 신호를 수신하게 되면, 수강 정보 DB 서버로부터 미리 저장되어 있던 해당 학생의 수강 정보를 가져와 수신 받은 비콘 신호와 맵핑 되어 있는 강의실의 위치와 현재시간 정보를 강의 정보와 비교한다. 모든 정보들이 일치한다면 출석으로 인정되고, 출석 정보는 서버에 저장된다.

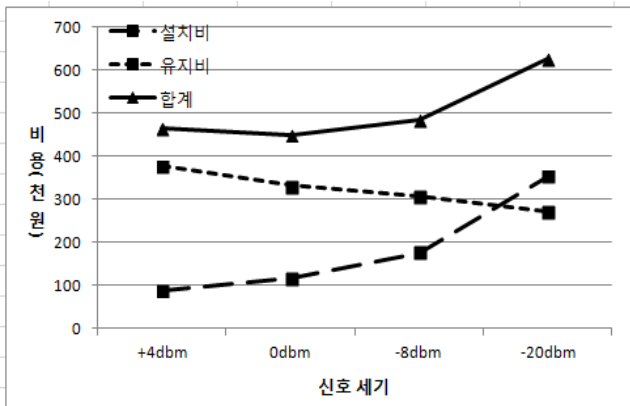
3. 비콘 설치 최적화

3.1 비콘 설치 방법의 경우의 수

(식 1)과 같이 전체 비용은 초기설치비용과 유지 보수 비용의 합이다.

$$\text{총비용} = \text{설치비} + \text{유지보수비} * \text{사용연수} \quad (\text{식 1})$$

비콘의 설치 개수 및 신호의 세기에 따라, 유지 비용과 설치비용이 달라진다. 비콘의 개수를 늘리면 설치 비용이 늘어나지만, 신호 세기를 약하게 할 수 있으므로 배터리 교체 주기가 길어져 유지 비용이 줄어드는 반면, 비콘의 개수를 줄이면 설치 비용이 줄어들지만, 신호 세기를 강하게 해야 하므로 배터리 교체 주기가 짧아져 유지 비용이 늘어나기 때문이다. 따라서 본 논문에서는 이 상호관계에서 기능을 유지하면서도 비용을 최소화하는 방안을 제시하고자 한다.



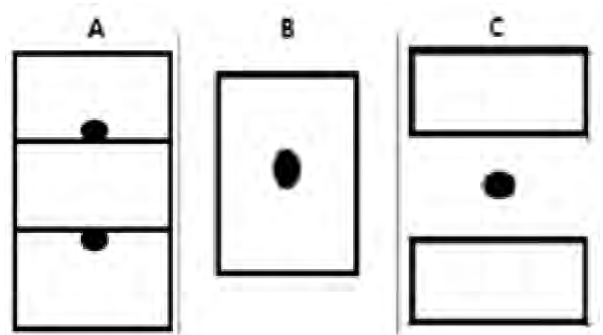
(그림 2) 비콘 신호 세기 별 설치/유지 비용

본 논문에서 제시하는 비콘 설치 방법의 변인은, 비콘의 신호 세기와 설치 위치이다. 비콘의 신호의 세기를 조절하여 비콘 하나당 담당하는 강의실을 수를 정할 수 있도록 하고, 설치 장소도 강의실마다 획일적으로 하나씩 설치하기 보다는, 복도, 인접한 강의실 사이의 벽, 강의실 천장 중앙에 등에 적절히 분산시켜 설치 하는 방법들을 고려할 수 있다. 현장 실험 결과 비콘 신호의 세기를 달리하면 비콘 하나당 각각 여러 개의 강의실을 커버할 수 있었다. 비콘 하나 당 커버 가능한 강의실의 개수를 4,3,2,1 로 다양하게 조절할 수 있다고 가정할 경우, 초기 설치 비용과 6년 동안의 유지비 및 그 총 비용은 강의실 12 개 기준으로 계산하면 그림 2 와 같이 달라진다. 이 때,

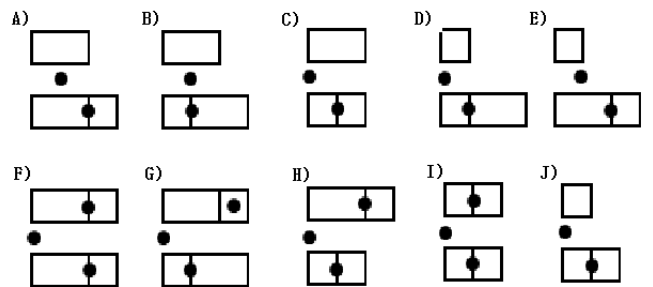
비콘 신호의 세기는 커버 가능한 거리가 각각 1m, 10m, 20m, 30m 인 신호로 구분하였다.

그림 2 에 따르면, 비콘의 초기 설치 및 유지비용의 총합이 최소가 되는 비콘 세기 제어점이 존재하는 것을 볼 수 있다. 기존의 차폐막을 사용하는 방법은 강의실 당 하나의 비콘을 설치하므로 설치 방법은 간단하지만, 차폐막의 설치로 인하여 소요 비용이 늘어나게 된다. 본 논문의 방법을 사용하면 소요 비용을 최소화 할 수 있지만 동시에 여러 신호가 수신되어 별도의 위치 결정 알고리즘을 필요로 한다.

그림 3 과 그림 4 는 본 논문에서 제시하고자 하는 BLE 비콘 설치 방법의 설명을 위한 그림이다. 그림 3 은 비콘의 설치 위치에 관한 기본 선택사항을 보여주고 있다. 그림 3 에서 실선으로 된 사각형은 강의실 벽을 의미하고, 검은색 타원들은 비콘을 의미한다. 인접한 3 개의 강의실 사이에 각각의 벽면에 설치하는 방법(방법 A), 강의실 천장 중앙에 설치하는 방법(방법 B), 두 강의실 사이의 복도에 설치하는 방법(방법 C)이 있는데 이 중 A 는 인접한 강의실 3 개 사이의 벽면에 설치 하는 방법(혹은 인접한 2 개의 강의실 사이의 벽면에 설치)을 기본으로 한다.



(그림 3) 비콘 설치 유형-1



(그림 4) 비콘 설치 유형-2

그림 4 는 그림 3 의 3 가지 방법을 조합하는 경우의 수를 보여주고 있다. 그림 4 에서의 보여주는 설치 유형은 방법 A 로 설치하고 남은 강의실에 방법 B 와 방법 C 를 적용하는 방법이다. 그림 4 의 직사각형들은 각각 하나의 강의실을 의미하는데 직사각형의 크기에 따라, 강의실은 최대 수용 인원이 각각 40, 80

명으로 구분된다. 강의실 폭은 8m 로 동일하고, 최대 수용 인원별로 각각 8m, 16m 로 설정한다. 강의동의 길이를 48m 로 설정한다면 강의동의 한 쪽 면에는 3~6 개의 강의실이 놓일 수 있게 되고, 다시 말하면 강의동의 양 쪽 면을 모두 사용할 경우 최소 6 개에서 최대 12 개의 강의실이 배치될 수 있다.

따라서 비콘 신호 세기와 설치 방법을 묶어 정리해 보면, 기존의 차폐막을 사용하는 방법은 비콘이 강의실 1 개 만을 커버하기 때문에 신호 세기를 약하게 설정하여 유지 비용이 줄어들지만, 강의실 당 1 개의 비콘과 차폐막을 설치 하기 때문에 설치 비용이 높아진다. 반면, 본 논문에서 제시하는 설치 방법은 비콘이 여러 개의 강의실을 커버하기 때문에 신호 세기를 강하게 설정하여 유지 비용이 높아지지만, 강의실의 개수보다 더 적은 수의 비콘으로 커버 가능하기 때문에 설치 비용은 줄어 든다.

3.2 비콘 설치 최적화 방안

비콘에 의한 출결시스템의 총 소요 비용의 (식 1) 은 (식 2)로 자세히 기술할 수 있다. 비콘의 개수를 n(개), 비콘의 개당 가격을 a(원), 비콘 하나당 배터리 교체 비용을 b(원), 각 배터리의 교체 주기를 N(년), 각 비콘의 수명을 M(년), 배터리 교체 작업 일회당 인건비를 c(원)이라고 한다면, n 개의 비콘을 M 년간 사용하는 데 필요한 총 비용 (T)는 식 (2)과 같이 나타낼 수 있다.

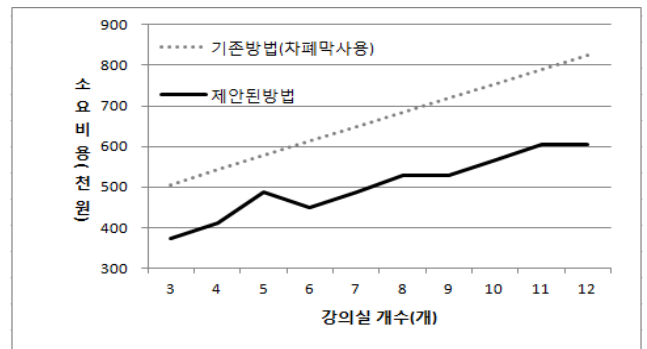
$$T = n \times a + \frac{M}{N} \times (n \times b + c) \quad \text{식(2)}$$

여기서, a 와 b, c, M 은 상수로서, a, b, c, M 은 각각 29,500 원, 3,000 원, 100,000 원, 6 년으로 가정한다. 따라서, 식(2)의 T 는 n 과 N 의 함수라 할 수 있다.

식 (2)을 토대로 비콘을 이용한 출석 체크 방법들에 대한 비용을 계산하면 그림 5 와 같다. 그림 5 의 가로축은 강의실 개수로 3~12 개이다. 식(2)에 대입한 n 과 N 은 차폐막을 이용한 방법은 한 강의실 당 비콘 1 개이고 N=3 년에 차폐막 값을 더하였고, 본 논문에서 제시한 방법은 총 3~8 개의 비콘에 N=2.02 년 이다. 기존 방법의 N 은 비콘 신호 세기가 -20dbm 이므로 N=3 년으로 설정하였고, 차폐막은 강의실 크기와 상관없이 20 만원으로 설정하였다. 제안된 방법이 기존 방법에 비해 N 이 1 년 정도 짧아 유지비가 높아지는데, 이를 감안하더라도 그림 5 과 같이 제안된 방법이 경제적인 것을 확인할 수 있다.

그림 5 를 보면 기존 방법은 강의실의 개수와 소요 비용이 비례하는 것을 확인할 수 있는 반면, 제안된 방법은 강의실 개수에 따라 기울기가 변화 하는 것을 확인할 수 있다. 이는 기존 방법의 경우는 강의실 당 하나의 비콘과 차폐막이 사용되기 때문에 소요 비용이 강의실 개수에 정비례하여 늘어나지만, 제안된 방법의 경우는 강의실의 개수와 비콘의 개수가 항

상 비례 하는 것이 아니라 추가 비용은 발생하지 않고도 강의실의 개수를 늘릴 수 있는 구간이 있다. 그림 5 의 강의실 8 에서 9 구간과 11 에서 12 개 구간은 강의실 개수가 증가해도 비용이 늘지 않고 유지되었으며 강의실 개수 개수 5 개에서 6 개로 변화하는 구간에서는 오히려 비용이 줄어들기까지 하였다. 이는, 제안된 방식에 의하면 강의실 크기와 배치 방법에 따라 비콘이 1~4 개의 강의실을 커버하게 되어 설치 개수가 달라지기 때문이다.



(그림 5) 여러 방법에 의한 비콘 설치 및 유지 비용

4. 결론

본 논문에서는 기존에 사용하던 출석 체크 시스템의 단점을 보완하기 위하여 BLE 기반의 비콘을 이용한 출석 체크 시스템을 제안하고, 설치 비용과 유지 비용의 상호 관계를 고려하여 시스템의 경제성을 높이는 최적화된 비콘의 신호 세기와 설치 위치를 제시하였다. 향후 연구 방향으로, 임의 형태의 강의실 배치에 대한 일반화된 최적의 비콘 설치 방법 및 사용자 위치에 따라 수신되는 각 비콘 신호의 세기 범위를 자동으로 계산하여 제시하는 알고리즘을 개발할 예정이다.

참고문헌

- [1] 성광제, 류지훈, 김황남, “스마트폰 상에서 RSSI 와 삼변측량법을 이용한 위치측위기술설계 및 구현”, 한국통신학회 2010 년도 하계 학술대회논문집, pp.969-970, 2010 년
- [2] 박주현, 이정규, 김성철, “RSSI 의 거리 추정 방식에 바탕을 둔 실내 무선 측위 성능 향상 알고리즘”, 한국통신학회논문지, 제 36 권, 제 4 호, 2011 년
- [3] 이호철, 이동명, “비콘노드의 동적배치 기반 3 차원 삼각측량 알고리즘을 적용한 위치인식 시스템에 대한 연구”, 한국통신학회논문지, Vol 36, No 4, 2011
- [4] 안홍범, 김동욱, 홍진표, “참조노드가 임의 배치된 무선 센서네트워크에서 다중 세기 비콘신호 기반 측위”, 정보과학회논문지:컴퓨팅의 실제

및 레터, Vol 18, No 3, 2012

[5] 강형서, 구인수, “무선 센서 네트워크에서 수신 신호세기와 전력손실지수 추정을 활용하는 비콘 노드 기반의 위치 추정 기법”, 한국인터넷 방송 통신학회 논문지, Vol 11, No 1, 2011

[6] 근거리 무선통신을 이용한 위치기반 출석체크 시스템 및 방법, 등록번호 10-1340619

※ 본 연구과제는 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원 지원에 의한 서울어코드활성화지원사업의 일환으로 수행되었음