

실내 위치 추적 기법을 이용한 근태관리 시스템

서 동 인[°], 안 다 예^{*}, 하 란^{*}

Attendance Management System Using Indoor Localization Techniques

Dongin Seo[°], Daye Ahn^{*}, Rhan Ha^{*}

요 약

최근 유연근무제에 대한 관심이 높아지고 있고, 일부 중앙부처와 대기업 등에서 유연근무제를 시행하고 있다. 유연근무제의 도입으로 근무자는 편의를 얻을 수 있게 되었으나, 관리자가 근무자의 근무시간을 관리하는 비용이 증가하게 되었다. 본 논문에서는 근무자의 근무시간을 관리하는 비용을 줄이고 효율적으로 관리할 수 있는 방법을 제시한다. 스마트폰과 Wi-Fi 지문을 통한 실내 위치 추적 기법을 이용하여 근무자의 위치를 정확히 파악하고, 근무자가 지정된 근무지에 위치하고 있는 시간을 근무시간으로 기록한다. 기존의 근태관리 시스템은 대부분 출퇴근 기록 장치가 필요하며, 근무자의 출퇴근 처리를 통해 출퇴근 시간을 기록한다. 본 시스템은 출퇴근 기록 장치가 필요 없고 근무자가 출퇴근을 처리할 필요 없이 자동으로 근무시간을 기록한다. 그리고 기존의 근태관리 시스템은 출퇴근 시간만 기록하였지만 본 시스템은 출퇴근 시간과 근무자가 지정된 근무지에서 근무한 시간을 기록한다. 본 시스템이 기록한 근무자의 근무시간을 이용하여 근무자의 다양한 근무형태에 따라 효율적인 근태관리를 할 수 있다. 실험을 통해 본 시스템이 근무자의 근무시간을 파악하여 평균 98.7%의 정확성을 보여주었다.

Key Words : Attendance Management, Indoor Localization, Wi-Fi Fingerprint, Smartphone, Flexible working

ABSTRACT

Recently, interesting in flexible working has been increased, and some central government and large companies are conducting flexible working. With the conducting of flexible working, workers are able to get a convenience but the cost of managing is increased. In this paper, we suggest a method of reducing the cost and managing efficiently. Our study determines the position of the workers using indoor localization techniques through the Wi-Fi fingerprint and smartphone, and records the office hours. The previous time and attendance systems have to install attendance recording device(e.g. Fingerprint Attendance System, RFID Card Attendance System) and are needed to manipulate manually. Our system doesn't need to install extra devices, and also doesn't need to manipulate manually. Our system automatically records the office hours. Also most of previous time and attendance systems have another weakness. They only record data when workers start and stop work. But our system exactly records office hours for each workplaces. In this paper, We introduce an effective time and attendance system in variety flexible working. Our experiments shows that our system workers' detected office hours accurately. The accuracy of our time and attendance system was 98.7%.

※ This work was supported by the National Research Foundation of Korea grant funded by the Korean government, Ministry of Education, Science and Technology (NRF-2012R1A1A3006105).

•° First and Corresponding Author : Hongik University, Dept. of Computer Engineering, Real-time System Lab., DI.Seo@mail.hongik.ac.kr, 학생회원

* Hongik University, Dept. of Computer Engineering, Real-time System Lab., {Daye.Ahn@mail.hongik.ac.kr, rhanha@hongik.ac.kr}, 학생회원

논문번호 : KICS2015-04-129, Received April 17, 2015; Revised June 15, 2014; Accepted September 18, 2015

I. 서 론

최근 우리사회는 장시간의 노동과 낮은 노동 생산성, 저출산, 고령화 등의 사회적 문제를 겪고 있으며, 문제를 해결하기 위한 대안으로 유연근무제가 중앙부처와 대기업 등에서 시범 실시되고 있다. 행정안전부에서 2010년 5월부터 2개월간 23개 기관 1,238명의 공무원을 대상으로 유연근무제 시범실시에 대한 평가한 결과, 상당수의 유연근무제 시범실시자는 직무 및 조직만족도, 업무효율성, 업무책임감, 업무집중도, 업무성과 및 생산성 부분에서 긍정적인 응답을 하였다. 그리고 삼성전자, 한국마이크로소프트 등 5개 민간기업의 유연근무제 운영현황을 조사한 결과, 마찬가지로 상당수의 근무자들이 긍정적인 응답을 하였다. 유연근무제 시범실시에 대해서 중앙부처 공무원들과 민간기업 근무자들의 긍정적인 평가를 토대로, 전 중앙부처와 지자체 공무원을 대상으로 개인, 업무, 기관별 특성에 맞도록 유연근무제를 2010년 8월부터 실시하였다.^[1,2]

유연근무제의 시행에 따라 근무자의 개별 상황에 맞도록 근무시간을 조정하는 것이 가능하게 되고, 근무자는 기존보다 많은 편익을 얻을 수 있다. 그러나 유연근무제가 본격적으로 시행되면 근무자마다 출퇴근 시간 및 근무시간이 상이하게 되므로, 정확한 근태관리를 위해서는 더 많은 비용과 노력이 요구될 것이다. 또한 기존의 근태관리 시스템은 출퇴근 시간만 기록하여 정확한 근무시간을 파악하기 어렵기 때문에 근무자에게 근무시간 선택의 자유를 제한할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 관리자에게는 근무자의 근태를 효율적으로 관리할 수 있고 근무자에게는 근무시간 선택의 자유를 보장할 수 있도록 하는 방법을 제안한다.

본 논문에서 제안하는 시스템은 스마트폰과 무선 AP를 통한 실내 위치 추적 기법을 이용하여 근무자의 위치를 정확히 파악할 수 있으며, 근무자의 위치 정보를 이용하여 근무정보를 생성한다. 본 시스템은 근무자의 위치를 정확히 파악하여 근무자에게 지정된 근무지에 위치하고 있는 시간만으로 근무정보를 생성하기 때문에, 근무자의 정확한 근무시간을 기록할 수 있다. 또한 기존의 근태관리 시스템의 대부분은 근무자가 출퇴근 처리를 위한 조작을 필요로 하지만, 본 시스템은 근무시간을 자동으로 기록하여 근무자의 조작을 필요로 하지 않는다. 자동으로 근무시간을 기록하기 때문에 근무자의 실수로 인한 근태기록의 누락을 방지할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장은 근태관리 시스템 및 실내 위치 추적과 관련된 연구에 대해서 살펴보고 3장은 본 논문에서 제시한 시스템의 구성과 구현 방법을 설명한다. 4장은 본 논문에서 제시한 시스템의 평가를 위하여 실험방법과 결과를 설명하고 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

II. 관련 연구

본 논문에서 제시하는 시스템은 스마트폰을 이용한 위치기반 서비스의 일종이며, 근무자의 근태를 관리하기 위해 실내에서의 근무자 위치 정보를 활용하여 근무정보를 생성한다. 먼저 기존에 존재하는 근무자의 근무정보를 기록하는 시스템에 대해서 알아보고, 다음으로 실내에서 사용자의 위치를 예측하는 기존의 연구들에 대해서 알아본다.

첫 번째로 대중적으로 널리 사용되는 근무자의 근무정보를 기록하는 방법으로는 Radio Frequency Identification (RFID), Near Field Communication (NFC)^[3], 지문 등으로 출퇴근 기록 장치에 태그하는 것이다. 출퇴근 기록 장치에 태그하는 방법은 간편하게 출퇴근을 기록할 수 있고 지각, 조퇴여부, 야근시간 등을 쉽게 볼 수 있어 관리가 쉽다는 장점이 있다. 특히 지문은 본인 여부를 판별하는 것으로 대리 출퇴근이 불가능하다는 장점도 있다. 그러나 출퇴근 기록 장치에 태그하는 방법은 근무자의 출퇴근 시간만 기록하는 것이 대부분이다. 근무자의 외출 시간을 기록할 수 있도록 되어 있는 장치를 사용하더라도 근무자가 외출했을 때 출퇴근 기록 장치에 태그를 하지 않으면 근무자의 외출은 기록되지 않는다. 그리고 근무자가 근무정보를 기록하기 위해서 출퇴근 기록 장치에 태그해야 하고, 근무자마다 출퇴근 기록 장치를 설치해야 하는 단점이 있다. 두 번째로 출퇴근 기록 장치가 필요 없이 스마트폰을 이용하여 Global Positioning System (GPS)^[4]이나 무선 AP^[5]를 활용하여 근무자의 근무정보를 기록하는 방법도 있다. 스마트폰을 이용하면 근무지 장소마다 출퇴근 기록 장치를 추가로 설치해야 할 필요가 없다. 그리고 프로그램을 설치하면 바로 근무자의 근무정보를 기록할 수 있어서 간편하며, 관리자가 원하는 기능을 대부분 구현할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 [4]에서 제시하는 GPS를 이용하는 방법은 일반적인 사무직 근무환경에서 이용할 경우 GPS 인식률이 떨어져 근무자의 위치를 정확하게 확인하지 힘들다는 문제가 있다. 그리고 [5]에서 제시하는 무선 AP를 이용하는 방법은 근무자

의 위치에서 근무자에게 지정된 한 개의 무선 AP 신호가 잡히는지 여부로만 근무정보를 기록한다. 따라서 근무자가 실제 근무지에 위치하고 있지 않더라도 출퇴근처리가 가능한 문제가 있고, 출퇴근 기록 장치에 태그하는 방법처럼 근무자가 프로그램을 이용하여 추가로 조작을 해야만 출퇴근 처리가 가능한 불편함이 있다.

다음으로 실내에서 사용자의 위치를 예측하는 기존의 연구들에 대해서 알아본다. 실내 위치 추적 기법에는 추가 기반시설 이용방법, 거리 추정 방법, Received Signal Strength(RSS) 지문기반 방법으로 나눌 수 있다. 첫 번째로 추가 기반시설 이용방법은 건물에 내부에 추가적으로 RFID^[6,7], 초음파^[8], 적외선^[9] 등의 기반시설을 추가로 설치하여 얻은 정보를 기반으로 사용자의 위치를 확인 하는 방법이다^[10]. 원하는 위치에 설치를 하며 센서의 정보가 비교적 일정하기 때문에 위치를 쉽고 정확하게 예측할 수 있다는 장점이 있지만 추가적인 기반시설이 필요하기 때문에 비용이 많이 들고 시스템의 관리, 유지 및 확장의 어려움이 있다. 두 번째로 거리 추정 방법^[11-13]은 현재 위치에서 각 무선AP의 RSS 값을 통해 각 무선AP에서 사용자가 얼마나 떨어져 있는지를 거리로 추정하여 위치를 찾아내는 방법이다. 사전에 설치되어 있는 무선AP의 위치를 파악하고 각 무선AP에 대해서 거리별로 RSS 값이 어떻게 분포하는지 알아야 한다. 이미 설치되어 있는 무선AP를 이용하여 추가 기반시설이 필요 없으며 비교적 시스템 구성비용이 많이 들지는 않지만 정확성이 많이 떨어지는 단점이 있다. 마지막으로 RSS 지문기반 방법^[13-17]은 다음과 같다. 실내 위치 추적을 위한 영역 내에서 위치를 분할하고, 각 위치 별로 무선AP들의 RSS 데이터를 일정 시간 수집하여 RSS 지문 데이터베이스를 구축한다. 그리고 사용자가 위치확인을 요청한 위치의 RSS 데이터와 RSS 지문 데이터베이스를 매핑하여 사용자의 실내 위치를 확인한다. RSS 지문기반 방법은 초기에 데이터베이스를 구축하는데 비용이 많이 들고 무선AP의 변동이 발생했을 경우 대비가 어렵다는 단점이 있지만 비교적 높은 정확성을 보여준다. 이러한 실내 위치 추적 연구를 통해서 얻은 실내 위치 정보는 위치 기반 서비스를 제공하기 위해서 중요한 정보 중 하나이다. 그러나 만약 사용자의 위치 정보가 제삼자에게 노출된다면 사생활 침해가 될 수 있고 정보가 악용될 우려가 있다. 또한 사용자의 실내 위치 정보를 얻기 위해서는 사용자가 사용자의 위치를 측정하기 위한 장치를 소지하고 있어야한다는 한계점이 있다. 위치 측정 장치를 소

지하고 있지 않는 사용자에게 위치기반 서비스를 제공하는 것은 현실적으로 해결하기 힘든 문제이며, 사용자의 위치 정보가 제삼자에게 노출되지 않도록 보안장치 등이 필요하다.

III. 근태관리 시스템

본 논문에서 제시하는 근태관리 시스템은 RSS 지문기반 기술을 이용하여 근무자의 위치를 찾고, 근무자의 위치정보를 이용하여 근무정보를 생성한다. 본 절에서는 근태관리 시스템의 전반적인 내용에 대해서 설명하며, 본 절의 구성은 다음과 같다. 3.1절에서는 근무지의 환경과 시스템 구성에 대해서 설명하며, 3.2절에서는 근무지 위치 정보를 생성하는 방법에 대해서 알아본다. 그리고 3.3절에서는 근무자가 위치하고 있는 근무지를 찾아내는 방법에 대해서 설명하며, 마지막으로 3.4절에서는 근무지 위치 정보를 지속적으로 수정하여 변화하는 근무지 주변환경에 적용할 수 있는 방법에 대해서 설명한다.

3.1 근무지의 환경 및 시스템 구성

본 논문에서 제시하는 근무시간관리 시스템은 일반적으로 건물 내에서 근무하는 사무직을 대상으로 한다. 관리자는 근무자의 근무지를 지정해주며, 시스템은 근무자가 지정된 근무지에서 근무하는 시간을 알아낸다. 근무지에는 Basic Service Set Identification (BSSID)를 알고 있는 고정된 무선 AP가 반드시 한 개 필요하다. BSSID를 알고 있는 무선 AP는 해당 근무지의 기준 무선 AP로 근무지의 RSS 지문을 생성하거나 근무자의 위치를 확인할 때 기준점으로 활용한다.

본 논문에서 제시하는 시스템은 그림 1과 같이 스마트폰과 서버로 구성되어 있으며 시스템의 전체적인 흐름은 다음과 같다. 먼저 스마트폰은 서버에게 근무자 정보를 전송하여 근무자 인증 요청을 하고, 서버는

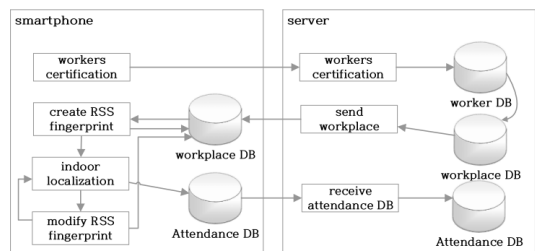


그림 1. 근태관리 시스템 구성
Fig. 1. The configuration of Attendance Management System

근무자에게 지정된 근무지에 해당하는 기준 무선 AP의 BSSID를 스마트폰에 전송한다. 그리고 스마트폰에서 전송 받은 근무지 BSSID를 활용하여 근무지 위치 정보 생성한다. 생성한 근무지 위치 정보를 이용하여 근무자의 위치를 확인하며, 근무자의 위치가 변경되었을 때 근무정보를 생성하여 서버에 전송하고 저장한다. 근무자의 위치 확인이 끝나고 지속적으로 변화하는 근무지의 RSS 지문을 적용하여 근무지 위치 정보를 수정하며, 근무자의 위치 확인하고 근무지 위치 정보를 수정하는 과정을 반복한다. 또한 서버에 저장된 근무정보를 통하여 관리자가 근무자의 근태를 관리할 수 있다.

3.2 근무지 위치 정보 생성

근무지 위치 정보는 근무자의 위치를 확인하기 위해서 반드시 필요하며 RSS 지문을 일컫는다. 근무지에 존재하는 RSS 데이터를 반복 수집하여 근무지 위치 정보를 생성할 수 있다. RSS 데이터를 수집할 때 가속도계를 활용하여 잘못된 RSS 데이터 수집을 방지하며, 수집이 완료된 후에 신뢰할 수 있는 무선AP를 선별하고, 선별된 무선 AP에 대해서 정규분포 데이터를 저장하여 근무지 위치 정보 생성을 완료한다.

근무지 위치 정보가 생성되지 않는 근무지에 해당하는 기준 무선 AP가 검색되었을 때, 근무자에게 위치확인을 받고 근무지 주변에 설치된 무선 AP의 RSS 데이터와 스마트폰의 가속도 데이터의 수집을 시작한다. 근무지 위치 정보를 생성하기 위해서는 한 근무지에서 여러 번 수집된 RSS 데이터가 필요하다. 그러나 만약 RSS 데이터를 수집하는 중에 근무자가 근무지를 이탈하여도 계속 RSS 데이터를 수집한다면, 잘못된 위치의 RSS 데이터가 활용되어 정상적인 근무지 위치 정보를 생성할 수 없다. 따라서 가속도 데이터를 이용하여 근무자가 근무지를 이탈했는지 여부를 확인하고 RSS 데이터 수집을 중단해야 한다. 가속도 데이터는 사용자가 움직이지 않을 때, 가속도 데이터의 x, y, z축의 합이 중력 값(9.8m/s)이 된다. 일정시간 동안 가속도 데이터의 x, y, z축의 합이 0.5m/s 이상의 변화가 지속적으로 발생한다면, 근무자가 근무지에서 이탈한 것으로 판단하여 RSS 데이터 수집을 중단한다. 만약 중단되지 않고 RSS 데이터 수집이 끝나면 RSS 데이터와 가속도 데이터 수집을 중단하며, 수집된 RSS 데이터를 이용하여 신뢰할 수 있는 무선 AP를 선별하는 작업을 수행한다.

신뢰할 수 있는 무선 AP를 선별하기 위한 조건으로 두 가지를 정하였다. 첫 번째는 무선 AP의 신호가

끊이지 않고 꾸준히 신호가 잡히는 무선 AP를 선별하는 것이다. 두 번째는 꾸준히 신호가 잡히는 무선 AP 중에서 RSS 데이터 평균이 큰 무선 AP를 선별하는 것이다. 두 가지 조건을 통해 식(1)와 같이 선별된 무선 AP의 집합을 나타낼 수 있다.

$$= \{S_{AP_0}, S_{AP_1}, \dots, S_{AP_i}, \dots, S_{AP_N}\} \quad (1-1)$$

(0 ≤ i ≤ N)

$$S_{AP_i} = \{f_1, f_2, \dots, f_j, \dots, f_n\} \quad (1-2)$$

식(1)은 신뢰할 수 있는 무선 AP를 선별한 후, 근무지에 설치된 무선 AP들에 대한 집합이다. $S_{WorkPlace}$ 는 근무지 주변에 설치된 무선 AP 중 선별된 무선 AP에 대한 집합이고, S_{AP_i} 는 선별된 무선 AP의 RSS 데이터의 집합이다. 근무지 주변에 존재하는 무선 AP 집합 $S_{WorkPlace}$ 에서 RSS 데이터의 집합 S_{AP_0} 는 기준 무선 AP이며, 관리자가 근무지 주변에 설치된 무선 AP 중에서 해당 근무지에 가장 근접한 곳에 설치된 무선 AP를 지정해준 것이다. S_{AP_0} 를 제외한 S_{AP_i} 는 데이터를 수집한 근무지 주변에 설치된 무선 AP이다. RSS 데이터의 집합 S_{AP_i} 는 무선 AP의 신호가 끊기지 않고 꾸준히 신호가 잡히는 무선 AP를 선별하는 과정을 거치면서, RSS 데이터의 집합 S_{AP_i} 원소 개수 n 은 RSS 데이터 수집 횟수와 같은 것만 존재한다. 근무지의 무선 AP 집합 $S_{WorkPlace}$ 의 원소 개수는 최대 $N+1$ 개이며 N 은 관리자가 근무자에게 지정해준 무선 AP를 제외한 근무지 주변에 설치된 무선 AP의 최대 개수이다. 근무지의 무선 AP 집합인 $S_{WorkPlace}$ 의 원소 개수는 근무지 주변에 설치된 무선 AP의 개수에 따라 최소 1개가 될 수 있다.

$$(\forall S_{AP_i} \in S_{WorkPlace}) \sim N(\mu, \sigma^2) \quad (2-1)$$

$$\mu = \sum_{j=1}^n f_j \quad (2-2)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (f_j - \mu)^2}{n}} \quad (2-3)$$

식(2)은 근무지 주변에 설치된 무선 AP에 대한 집합 $S_{WorkPlace}$ 의 모든 원소 RSS 데이터 집합 S_{AP_i} 에 대해서 정규분포를 생성하는 것이다. 식(2)을 이용하여

RSS 데이터의 평균 μ 와 표준편차 σ 를 구하여 각 무선 AP에 대한 정규분포 데이터를 계산한다. f_j 는 식(2-1)의 RSS 데이터로 선별된 무선 AP의 RSS 데이터 집합 S_{AP_i} 의 원소이며 n 은 RSS 데이터 집합 S_{AP_i} 의 원소 개수이다. 식(2)을 이용하여 정규분포 데이터 계산이 끝나면 값을 저장하고 해당 근무지의 위치 정보가 생성된다.

3.3 근무자 위치 확인

3.2절에서 근무자 위치 정보 생성이 완료된 근무자들을 이용하여 근무자의 위치를 확인한다. 3.3.1절에서 근무자의 현재 위치에서 수집한 RSS 데이터와 시스템에 저장된 근무자 위치 정보를 비교하고, 3.3.2절에서 근무자의 위치를 최종적으로 판단하는 방법에 대해서 설명한다. 마지막으로 3.3.3절에서는 근무자의 이동을 감지하여 근무정보를 생성한 것을 보여준다.

3.3.1 RSS 지문 비교

근무자의 현재 위치에서 수집한 RSS 데이터와 3.2절의 과정을 거쳐 시스템에 저장된 근무자 위치 정보인 RSS 지문을 비교한다. RSS 지문을 비교하기 위해 정규분포 신뢰구간을 이용하며, 근무자 위치 정보에 존재하는 각 무선 AP에 대해서 따로 비교를 하여 결과를 얻을 수 있다.

$$z = \frac{f - \mu}{\sigma} \tag{3}$$

$$-2.58 \leq z \leq 2.58 \tag{4}$$

식(3)는 근무자의 현재 위치에서 수집한 RSS 데이터 f 와 무선 AP의 정규분포 데이터로 표준화하여 표준정규분포 확률변수 z 를 구하는 식이다. 무선 AP RSS 데이터의 평균 μ , 표준편차 σ 는 3.2절에서 생성한 근무자 위치 정보에 존재하며, 현재 위치에서 수집한 RSS 데이터 중 해당 무선 AP와 일치하는 RSS 데이터 f 를 이용한다. 식(4)는 표준정규분포의 신뢰도 99%를 만족하는 구간에 대한 범위이다.

<알고리즘1>을 통하여 근무자의 현재 위치에서 수집한 RSS 데이터와 근무자 위치 정보를 비교하여 결과를 저장한다. 먼저 현재 위치에서 Wi-Fi 신호를 검색하여 Wi-Fi 신호 정보를 가지고 있는 $WiFi_x$ 에 대한 집합 S_{WiFi} 을 생성한다. 그리고 다음 두 가지 조건을 만족시키는 근무자를 찾는다. 첫 번째 조건은 근무자 위치 정보에 저장된 무선 AP에 해당하는 RSS 데

```

01:  $S_{WiFi} = \{WiFi_1, WiFi_2, \dots, WiFi_x, \dots, WiFi_{Count}\}$ ,  

    Wi-Fi signal search from the current position
02: for each  $S_{WorkPlace} \in worker$ 
03:   for each  $S_{AP_i} \in S_{WorkPlace}$ 
04:     if ( $S_{AP_i} \rightarrow BSSID \equiv WiFi_x \rightarrow BSSID$ ) and  

        ( $WiFi_x \rightarrow RSS$  satisfy the 99% confidence  

        interval of the normal distribution of the  

 $S_{AP_i}$ )
05:       then
06:          $S_{WorkPlace} \rightarrow$  comparison result = 'In';
07:       else
08:          $S_{WorkPlace} \rightarrow$  comparison result = 'Out';
09:       break;
10:     end if
11:   end for

```

알고리즘 1. RSS 지문 비교 알고리즘
Algorithm 1. RSS fingerprint comparison algorithm

이터가 현재 위치에서 수집한 Wi-Fi 정보 집합 S_{WiFi} 에 모두 존재한다는 것이다. 두 번째 조건은 현재 위치에서 수집한 RSS 데이터가 해당 근무지의 RSS 데이터 집합 S_{AP_i} 에 대해서 정규분포 신뢰도 99% 구간을 모두 만족한다는 것이다. 두 가지 조건을 만족시키는 근무지에 근무자가 위치하고 있는 것으로 판단하여 해당 근무지의 RSS 지문 비교 결과를 '근무자 내부'로 저장한다. 두 가지 조건을 만족시키지 못하는 근무지에는 근무자가 위치하고 있지 않는 것으로 판단하여 해당 근무지의 RSS 지문 비교 결과를 '근무자 외부'로 저장한다. 각 근무지 별로 저장한 RSS 지문 비교 결과를 이용하여 3.3.2절에서 최종적으로 근무자의 위치를 확인한다.

3.3.2 최종 위치 판단

무선 AP의 RSS 데이터는 주변의 환경에 영향을 쉽게 받아 항상 유동적이므로 RSS 지문으로 실내 위치 추적을 할 때 정확성을 높이기 위한 방법이 필요하다. 본 논문에서 근무자의 위치를 판단 할 때 정확성을 높이기 위해서 3.3.1절 RSS 지문 비교 결과를 누적시켜 최종적으로 근무자의 위치를 파악한다. RSS 데이터를 누적시키기 위해서 본 절에서는 근무자에게 지정된 근무지에 근무자가 위치하는지 여부를 여러 단계로 나눈다. 근무자에게 지정된 근무지에 근무자가 위치하고 있을 때와 근무자가 위치하고 있지 않을 때로 크게 나뉘며 각각에 여러 단계로 나뉘어져 있다. 3.3.1절을 통하여 알아낸 RSS 지문 비교 결과를 이용

하여 본 절에서 제시하는 여러 단계를 거치면서 근무자의 최종 위치를 판단한다.

그림 2는 3.3.1절의 지문 비교 결과를 이용하여 근무자에게 지정된 여러 근무지 중에서 근무자가 위치하고 있는 근무지를 찾기 위한 알고리즘을 상태 다이어그램으로 표현한 것이다. 본 시스템은 각 근무지에 근무자가 존재하는지 여부를 크게 ‘근무자 존재’ 상태와 ‘근무자 없음’ 상태로 나눈다. ‘근무자 존재’ 상태는 해당 근무지에 근무자가 위치하고 있다고 시스템이 판단한 것이며, 최종 근무자 존재 단계와 불명확한 단계로 나뉘어져 있다. 그리고 ‘근무자 없음’ 상태는 해당 근무지에 근무자가 위치하고 있지 않다고 시스템이 판단한 것이며, 최종 근무자 없음 단계와 불명확한 단계로 나뉘어져 있다. 최종적으로 ‘근무자 존재’ 상태로 판단된 근무지가 현재 근무자가 위치하고 있는 근무지이다. 만약 모든 근무지가 ‘근무자 없음’ 상태로 판단된다면 근무자는 근무를 하고 있지 않은 것을 의미한다.

$WindowSize_{In}$ 은 ‘근무자 존재’에서 ‘근무자 없음’으로 이동하기 위한 윈도 사이즈이다. 만약 근무자가 해당 근무지에서 이탈한다면 RSS 지문 비교 결과가 ‘근무지 외부’로 나타날 것이며 $WindowSize_{In}$ 번 만큼 본 절의 최종 위치 판단 과정을 거쳐서 ‘근무자 없음’ 단계로 이동한다. $WindowSize_{Out}$ 은 ‘근무자 없음’에서 ‘근무자 존재’로 이동하기 위한 윈도 사이즈이다. 만약 근무자가 해당 근무지에 위치하기 시작하였다면 RSS 지문 비교 결과가 ‘근무지 내부’로 나타날 것이며, $WindowSize_{Out}$ 번 만큼 본 절의 최종 위치 판단 과정을 거쳐서 ‘근무자 존재’ 단계로 이동한다.

3.3.1절 RSS 지문 비교에서 정규분포 신뢰구간을 이용하여 결과를 얻기 때문에 항상 옳은 결과를 얻을 수 없다. 근무자가 실제로 근무지에 위치하고 있지만

3.3.1절 RSS 지문 비교 결과가 ‘근무지 외부’로 나타날 수 있고, 근무자가 지정된 근무지가 아닌 근무지 주변에 위치하고 있더라도 3.3.1절 RSS 지문 비교 결과가 ‘근무지 내부’로 나타날 수 있다. 만약 근무자가 실제로 근무지에 위치하고 있을 때 최종 근무자 존재 단계에서 연속적으로 $WindowSize_{In}$ 번 만큼 3.3.1절 RSS 지문 비교 결과가 ‘근무지 외부’로 나타난다면, 근무자가 실제로 근무지에 위치하고 있지만 시스템은 근무자가 해당 근무지에 위치하고 있지 않다고 판단하는 오류가 발생할 수 있다. 시스템이 근무자의 위치를 잘못 판단하는 오류가 발생하는 것은 확률에 의존하는 본 근태관리 시스템의 한계이다. 시스템의 한계를 최대한 극복하고 오류가 최소한으로 발생하도록 하기 위해서 $WindowSize_{In}$ 와 $WindowSize_{Out}$ 을 이용한다.

3.3.3 근무정보 생성

근무정보는 3.3.2절에서 근무자의 위치를 최종 확인하여 근무자가 이동했다고 판단하였을 때 생성된다. 관리자는 생성된 근무정보를 통하여 근무자의 출퇴근 시간, 외출시간, 근무시간 등의 정보를 알고 근무자의 근무시간을 관리할 수 있다.

그림 3은 본 근무시간관리 시스템의 서버에 저장된 근무정보를 보여준 것이다. 근무정보는 근무자의 위치가 변경되었을 때 스마트폰과 서버에 저장하며, 해당 근무지에서 근무를 시작한 시간과 종료한 시간을 기록한다. 그림 3을 보면 각 날짜 별로 출근시간, 퇴근시간, 근무시간을 알 수 있으며, 해당 날짜에 근무자가 근무지에서 근무를 시작한 시간, 근무를 중단한 시간, 근무지 위치 정보를 알 수 있다. 본 근무시간관리 시스템을 통하여 출퇴근 시간뿐만 아니라 근무한 시간

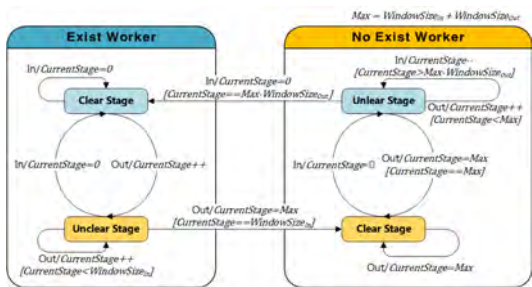


그림 2. 근무자가 위치하고 있는 근무지를 찾기 위한 상태 다이어그램
Fig. 2. The state diagram to detect a workplace which a worker is located.

Date	'Get In' Time	'Get Out' Time	'Working' Time
2014-12-01	2014-12-01 09:17:35	2014-12-01 18:57:59	02:36:45
2014-12-02	2014-12-02 10:31:07	2014-12-02 17:56:37	02:21:50
2014-12-03	2014-12-03 10:55:27	2014-12-03 21:48:49	06:20:55
	2014-12-03 10:55:27	2014-12-03 10:56:59	PositionA
	2014-12-03 15:16:17	2014-12-03 20:17:55	PositionA
	2014-12-03 20:31:04	2014-12-03 21:48:49	PositionA
2014-12-04	2014-12-04 12:41:23	2014-12-04 23:23:37	04:58:49
2014-12-05	2014-12-05 17:17:20	2014-12-05 19:34:01	02:16:41
2014-12-07	2014-12-07 20:08:30	2014-12-08 00:31:37	04:05:37

그림 3. 구현된 근태관리 시스템
Fig. 3. The implemented Attendance Management System

과 근무자의 동선까지 알 수 있다.

3.4 근무지 위치 정보 수정

근무지에 존재하는 주변 사물과 같은 물리적인 환경이 변하거나 장치의 상태에 따라서 각 무선 AP에 대한 RSS 지문이 변할 수 있다. 그리고 근무지 주변에 무선 AP가 추가로 설치되거나 제거될 수도 있다. 본 절에서는 생성된 근무지 위치 정보(3.2절)가 항상 현재 근무지 환경에 알맞도록 하기 위해서 주기적으로 근무지 위치 정보를 수정하는 방법을 제시하고자 한다.

첫 번째는 생성된 근무지 위치 정보에서 각 무선 AP의 RSS 데이터의 평균과 표준편차를 수정하는 방법이다. 먼저 3.3.2절 그림 2에서 최종 근무지 존재 단계일 때마다 RSS 데이터를 추가로 수집한다. RSS 데이터를 추가로 수집할 때는 3.2절 식(1-2)의 RSS 데이터 집합 S_{AP_i} 에 새롭게 수집한 RSS 데이터를 추가하고 가장 늦게 저장된 RSS 데이터 하나를 제거해준다. 그리고 추가로 수집한 RSS 데이터가 일정 이상 모였을 때 3.2절 식(2)을 이용하여 해당 근무지의 모든 RSS 데이터 집합 S_{AP_i} 의 정규분포 데이터를 다시 저장하여 근무지 위치 정보를 수정한다.

두 번째는 무선 AP가 추가로 설치되었을 경우에 대응하는 방법이다. 3.2절 식(1-1)의 무선AP 집합 $S_{WorkPlace}$ 에 원소의 개수가 N (식(1-1) 주변 무선 AP 최대 개수) + 1 보다 작을 경우 시도한다. 3.3.2절 <그림2>에서 최종 근무지 존재 단계일 때마다 새롭게 신호가 잡히는 무선AP에 대해서 지속적으로 RSS 데이터를 수집한다. 만약 RSS 데이터 수집 중에 신호가 사라지는 무선 AP가 있다면 해당 무선 AP의 수집한 RSS 데이터는 삭제한다. 그리고 지속적으로 RSS 데이터를 수집하여 RSS 데이터 개수가 n (3.2절 식(1-2)의 RSS 데이터 개수)이 되는 무선 AP가 존재하게 된다면, 해당 무선 AP에 대해서 RSS 데이터 집합 S_{AP_i} 를 생성한다. 생성된 RSS 데이터 집합 S_{AP_i} 에 대해서 3.2절 식(2)을 이용하여 정규분포 데이터를 저장하고 무선 AP 집합 $S_{WorkPlace}$ 에 추가한다.

마지막으로 무선 AP가 제거되었을 경우에 대응하는 방법이다. 3.2절 식(1-1)의 무선AP 집합 $S_{WorkPlace}$ 에 원소가 네 개 이상 존재하는 경우 무선 AP를 제거하는 시도를 한다. 먼저 3.3.1절에서 RSS 지문 비교를 할 때, 근무지에 설치된 무선 AP가 제거될 수도 있다는 것을 고려하여 진행한다. 근무지 위치 정보에 저장된 무선 AP 중에 한 개까지는 신호가 잡히지 않더라

도, 나머지 무선 AP에 대해서 3.3.1절 RSS 지문 비교 결과가 ‘근무지 내부’의 조건이 되는 근무지가 있다면, 해당 근무지에 대해서 우선 RSS 지문 비교 결과를 ‘근무지 내부’로 저장한다. 신호가 잡히지 않는 한 개의 무선AP를 제외하고 RSS 지문 비교를 진행한 결과를 이용하여 3.3.2절 그림 2의 최종 근무지 존재 단계를 일정시간 동안 유지한다면, 제외한 한 개의 무선 AP RSS 집합 S_{AP_i} 를 무선 AP 집합 $S_{WorkPlace}$ 에서 제거한다.

그림 4는 근무지 위치 정보의 변화를 보여주는 그래프로 본 논문에서 제시하는 시스템을 평가하기 위하여 실험을 하는 도중에 얻은 데이터를 보여준 것이다. 시간에 따라서 각 AP의 RSS 데이터 평균과 표준편차의 변화가 나타나며, 주변 AP4는 실험 중에 근무지 위치 정보에 추가되었다가 삭제된 것을 알 수 있다.

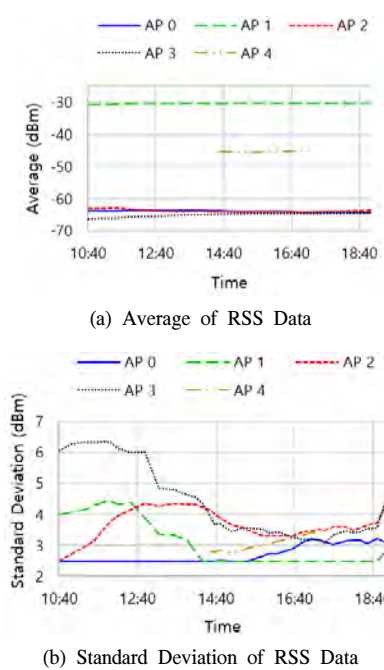


그림 4. 시간에 따른 근무지 위치 정보 그래프
Fig. 4. The time graph of workplace data

IV. 근태관리 시스템 평가

본 절의 구성은 다음과 같다. 4.1절에서는 실험에 사용한 장치와 장소 등의 성능평가를 위한 실험환경에 대해서 설명하며, 4.2절에서는 근무시간관리 시스템을 평가하기 위한 방법과 평가 결과를 설명한다.

4.1 실험 환경 및 실험 준비

본 논문에서 제시한 근태관리 시스템을 검증하기 위한 실험은 Wi-Fi 검색과 가속도계 사용이 용이한 안드로이드폰 넥서스5(장치1), 갤럭시노트3(장치2)를 통해서 수행하였다. 3.2절 근무자 위치 정보 생성을 위해서 근무자 주변에 설치된 무선AP의 RSS 데이터 수집을 3초 간격으로 반복하였고, 3.3절 근무자 위치 확인을 5초마다 반복하였다. 3.2절 식(1-2)의 RSS 데이터 수집 횟수 n 을 100회로 하여 3.2절 근무자 위치 정보 생성에서 정규분포 데이터를 생성할 때 충분한 양의 RSS 데이터가 모일 수 있도록 하였다. 3.2절 식(1-1)의 근무자 주변에 설치된 무선 AP 중 기준 무선 AP를 제외한 주변 무선 AP 최대 개수 N 은 5개로 하였다. 확률적으로 표준편차가 너무 작은 값이 되어 3.3.1절 RSS 지문 비교 결과가 잘못 나오는 것을 방지하기 위하여 3.2절 식(2-3) 표준편차의 최소값을 2.5로 하였다. 또한 근무자가 지정된 근무지에 위치하고 있을 때 3.3.2절 그림 2의 ‘근무자 존재’에서 윈도우 사이즈 $WindowSize_{in}$ 의 값이 작으면, 본 시스템이 해당 근무지에 근무자가 위치하고 있지 않다고 판단을 하는 오류가 발생할 확률이 증가한다. 그리고 근무자가 지정된 근무지에 위치하기 시작하였을 때 3.3.2절 그림 2의 ‘근무자 없음’에서 윈도우 사이즈 $WindowSize_{Out}$ 의 값이 크면, 근무자의 위치 변화를 감지하는데 많은 시간이 소비된다. 본 실험에서는 3.3.2절 그림 2의 ‘근무자 존재’에서 윈도우 사이즈 $WindowSize_{in}$ 의 값을 10로 하였고, 3.3.2절 그림 2의 ‘근무자 없음’에서 윈도우 사이즈 $WindowSize_{Out}$ 의 값을 4로 하였다.

본 근태관리 시스템의 성능을 검증하기 위하여 표 1과 같이 실험은 총 네 장소에서 실험을 수행하였다. 특히 장소 1에서는 위치를 위치A, 위치B, 위치C를 나누어 세 군데에 근무자가 있다고 가정하여 실험을 수행하였고, 장소2, 장소3, 장소4는 서로 물리적으로 독립적인 장소이며 한 군데의 근무자가 있다고 가정하여 실험을 수행하였다. 여러 장소를 선택하여 실험을 수행함으로써 다양한 환경에서 근태관리 시스템을 검증하며, 장소1의 위치A, 위치B, 위치C와 장소2, 장소3, 장소4에서 성능을 평가하기 위한 실험을 수행하기 전에 각 실험 위치에서 근무자 위치 정보 생성(3.2절) 하였다. 또한 모든 장소에서 공통적으로 장치1을 사용하여 실험을 수행하였으며 장소1에서는 추가적으로 장치2를 사용하여 실험을 수행하였다.

그림 5는 실험장소 장소1의 평면도이며, 근무지로 가정하여 실험을 수행한 위치A, 위치B, 위치C의 위치와 무선 AP의 위치를 표시하였다. 무선 AP의 경우 신호가 수신되는 범위가 넓기 때문에, 장소1에서의 실험에 사용된 모든 무선 AP를 그림 5에서 표시 할 수 없으며, 표시되지 않은 위치에 설치된 무선 AP도 신호가 지속적으로 수신된다면 근무자 위치 정보에 포함하여 활용하였다.

그림 5는 실험장소 장소1의 평면도이며, 근무지로 가정하여 실험을 수행한 위치A, 위치B, 위치C의 위치와 무선 AP의 위치를 표시하였다. 무선 AP의 경우 신호가 수신되는 범위가 넓기 때문에, 장소1에서의 실험에 사용된 모든 무선 AP를 그림 5에서 표시 할 수 없으며, 표시되지 않은 위치에 설치된 무선 AP도 신호가 지속적으로 수신된다면 근무자 위치 정보에 포함하여 활용하였다.

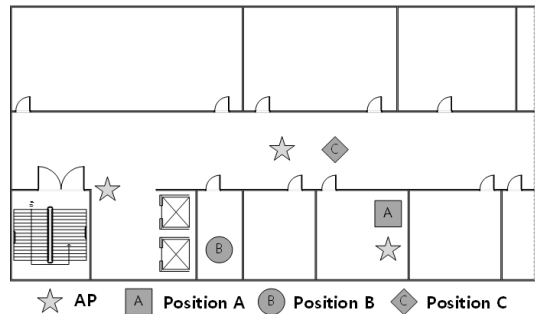


그림 5. 실험장소 ‘장소1’의 평면도
Fig. 5. The floor plan of ‘Place 1’

4.2 성능평가

본 근태관리 시스템에서 가장 중요한 것은 근무자의 근무시간을 정확하게 기록하는 것이다. 대부분의 근태관리 시스템은 근무자의 조작을 통해 출퇴근 시간만을 기록하지만, 본 시스템은 근무자가 정확하게 지정된 근무지에 위치해 있는 시간만 근무시간으로 기록한다. 본 논문에서 제안하는 근태관리 시스템의 성능평가를 위해서 근무자가 근무지에 위치하기 시작한 시간과 이탈한 시간을 분 단위까지 기록하여 시스템이 파악한 근무시간과 비교를 한다.

근무자의 실제 근무시간과 본 시스템이 파악한 근무시간의 오차를 발생시키는 원인은 두 가지가 존재한다. 첫 번째는 위치 판단 오류로 3.3.1절의 RSS 지문 비교 결과가 옳지 않을 때 발생한다. RSS 지문 비교 결과는 확률에 의존하기 때문에 근무자가 지정된

표 1. 실험장소 특징
Table 1. The features of Test beds

Test beds		Wide	The number of selected APs
Place 1	Position A	33m ²	4
	Position B	20m ²	3
	Position C	Corridor	5
Place 2		50m ²	5
Place 3		26m ²	1
Place 4		100m ²	6

근무지에 위치해 있지만 근태관리 시스템이 근무자가 해당 근무지에 위치하고 있지 않다고 판단할 수 있다. 두 번째는 3.3.2절의 최종 위치 판단 과정 중에 발생하는 변화 감지 시간에 의한 오차로 근무자가 지정된 근무지에 진입하거나 이탈한 후 근무자의 위치 변화를 감지하기까지 걸린 시간이다.

첫 번째로 위치 판단 오류를 알아보기 위한 실험을 수행하였다. 실험을 위해서 각 근무지에 일정시간동안 장치를 설치해두고, 본 시스템이 판단한 근무자의 위치를 알아보았다.

그림 6은 장치1, 장치2를 약 8시간 동안 위치 A(Position A)에 두어 시간에 따라 시스템이 판단한 근무자의 위치를 보여준다. 실험을 수행하는 동안 근무자는 동일한 근무지에 위치하고 있기 때문에 시스템이 근무자의 위치를 위치A로 판단하지 않으면 위치 판단 오류이며 그림 6에서 외부(Out)라고 표시하였다. 장치1이 실험을 진행한 시간 중에 위치를 잘못 판단한 시간은 전체 실험시간의 1.3%로 나타났다. 장치2의 위치 판단 오류발생률은 3.4%로 나타났다. 또한 그림 6과 같은 방법으로 장소1의 위치A, 위치B와 장소2, 장소3, 장소4에서 각각 실험을 진행하여 위치 판단 오류 발생률이 평균 1.2%로 나타났다.

두 번째로 위치 변화 감지 시간에 의한 오차를 알아보기 위해 각 장치를 소지한 상태로 정해진 근무지에서 진입과 이탈을 반복하는 실험을 수행하였다.

근무지에 진입(Get In)하고 이탈(Get Out)하는 과정을 장치1은 총 18번, 장치2는 총 14번을 반복하였으며 그림 7과 같은 결과를 얻었다. 장치1에서 진입 시 위치 변화 감지 시간 평균은 77초로 나타났으며 이탈 시 평균은 100초로 나타났다. 장치2에서 진입 시 위치 변화 감지 시간 평균은 197초로 나타났으며 이탈 시 평균은 128초로 나타났다. 실험 결과를 통해 약 2분정도 늦게 근무자의 위치 변화를 감지하는 것을 알 수 있었으며, 상황에 따라서 본 시스템이 기록한 근무시간보다 근무자가 실제로 근무한 시간이 더 많거나 더 적을 수도 있다는 것을 알 수 있었다.

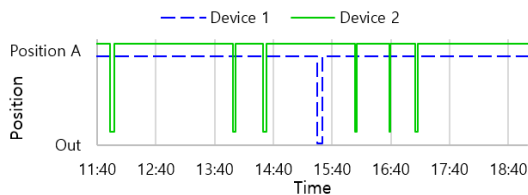


그림 6. '위치 A'에서 수집한 근무자 위치 판단 데이터
Fig. 6. The indoor localization data collected in 'Position A'

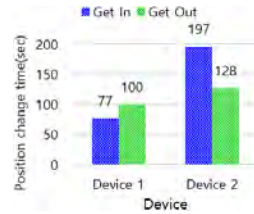


그림 7. 근무자의 위치 변화 감지 시간
Fig. 7. The time span for determining the position of workers

다음으로 실제 근무 중에 발생하는 근무시간 오차를 알아보기 위하여 사흘 동안 실제로 근무하며 실험을 수행하였다.

그림 8은 사흘 동안 위치A에서 실제로 근무를 하면서 기록한 근무자의 실제 근무시간과 시스템이 판단한 근무시간을 비교하여 근무시간 오차율을 보여준다. 근무자는 실험을 수행하는 동안 근무지에 진입한 시간과 이탈한 시간을 분 단위까지 기록하였으며, 기록한 시간으로 실제 근무시간을 계산하였다. 만약 본 근태관리 시스템이 판단한 근무시간보다 근무자가 실제로 근무한 근무시간이 짧은 경우 근무시간 오차율은 음수 값을 갖는다. 실험결과 장치1은 큰 오차 없이 근무시간을 측정할 것을 알 수 있었다. 그러나 장치2를 이용한 경우에는 2일차에 근무시간 오차율을 계산한 값이 7.4%로 다른 날에 비해서 큰 근무시간 오차율은 보여주었으며, 다른 날에 비해서 많은 위치 판단 오류가 발생하였다. 지속적인 3.4절 근무지 위치 정보 수정을 통해 다시 오류가 줄어들었으며, 3일차의 근무시간 오차율은 0.8%로 나타났다.

그림 6에서 그림 8까지의 실험을 통해 수행한 실험은 근무자에게 여러 개의 근무지가 지정되어 있더라도 지정된 근무지의 위치가 서로 물리적으로 인접하지 않은 공간에 존재한다고 가정하여 실험을 수행한

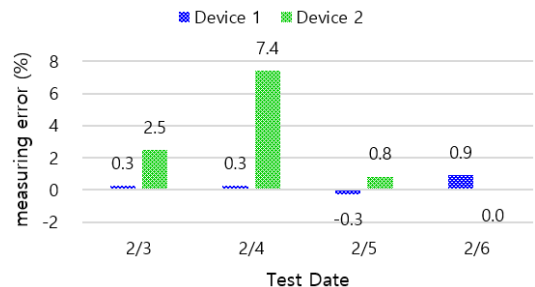


그림 8. '위치A'에서 날짜 별 각 장치의 근무시간 오차율
Fig. 8. The error rate of attendance measurement for each device in 'Position A'

것이다. (물리적으로 인접한 공간에 여러 개의 근무지가 있다는 것은 그림 5의 위치A, 위치B, 위치C와 같이 서로 멀리 떨어져 있지 않은 위치에 있으며 동일한 무선 AP를 이용하여 근무자의 위치를 확인하는 경우를 말한다.) 대부분의 일반적인 사무직 근무자는 실제 업무를 보는 근무지와 회의실에서 근무를 한다. 따라서 근무자 마다 물리적으로 인접한 공간에 1~2개의 근무지가 존재하게 된다. 다음 실험에서는 물리적으로 인접한 공간에 세 개의 근무지가 있다고 가정하고 각 근무지를 이동하면서 실험을 수행하였다.

그림 9의 (a)는 실험장소 장소1에 존재하는 위치A, 위치B, 위치C에서 20분 동안 근무한다고 가정하고 20분마다 다른 근무지로 이동하며 수행한 실험 결과를 보여준다. 장치2는 근무자의 위치 변화를 잘 감지하여 근무시간 오차율이 4.4%로 나타났지만, 장치1은 위치C에서 근무자의 위치 변화를 제대로 감지하지 못하였으며, 근무자의 위치 변화를 감지하는데 약 19분의 시간이 걸렸다. 본 근태관리 시스템이 근무자의 위치를 확실적인 방법으로 판단하기 때문에 근무자의 위치를 잘못 판단하는 경우가 발생할 수 있다. 비교적 짧은 시간동안 수행한 실험에서는 위치 판단 오류와 위치 변화 감지 시간에 의해 근무시간 오차율이 증가할 가능성이 있기 때문에, 근무시간을 20분에서 1시간으로 늘리고 장치1을 이용하여 추가실험을 수행하였다. 추가실험의 결과는 그림 9의 (b) 그래프와 같이 나타났으며 근무자의 위치 변화를 잘 감지하였고 2.4%의 근무시간 오차율을 보여주었다. 물리적으로 인접한 공간

에 여러 개의 근무지가 있더라도 본 근태관리 시스템을 이용하는데 큰 문제가 없는 것을 알 수 있었다.

여러 번의 실험을 통해 총 140시간의 근태정보를 수집하였으며, 실제 근무자의 근무시간과 비교한 결과 근무시간 오차율이 1.3%로 나타났다. 본 근태관리 시스템이 98.7%의 정확도로 근무자의 근무시간을 파악하는 것을 알 수 있었다. 실험을 수행하는 과정에서 근무시간 오차율이 크게 나타나는 현상이 발생하는 경우 있었다. 그러나 시간이 지나면서 3.4절 근무지 위치 정보 수정의 과정을 통해 다시 정상적으로 근무시간을 측정하는 것을 알 수 있었다. 만약 충분한 시간을 두고 근무시간을 기록하고 근무자의 근태를 관리한다면, 보다 정확한 근태관리가 가능해질 것이다.

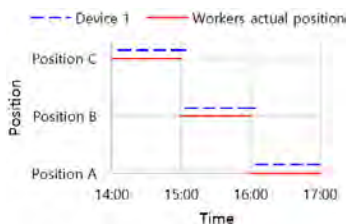
V. 결 론

본 논문에서 제시하는 근태관리 시스템은 RSS 지문 기반 기술을 활용하여 실내에서 근무자의 위치를 확인하며 근무자의 위치 정보를 토대로 근무자의 근무정보를 생성한다. 실내의 RSS 지문은 근무자에서 지정된 각 근무지에 대해서 근무자에게 최초 1회의 위치확인을 받아 생성하여 활용한다. 그리고 해당 근무지에 대해서 지속적으로 RSS 데이터를 수집하고 RSS 지문을 수정하도록 하여 근무지 주변에 설치된 무선 AP의 변동에 대응한다. 생성된 RSS 지문을 이용하여 근무자가 위치하고 있는 근무지를 정확하게 찾아낼 수 있으며 근무자의 출퇴근 시간과 각 근무지에 머무른 시간을 기록하여 근무정보를 생성하고 근무자의 근태관리를 한다. 제안한 시스템을 실제로 운용하기 위해서는 본 시스템이 근무자의 근무시간을 정확하게 기록할 수 있다는 것을 검증해야 한다. 실험을 통하여 실제로 근무자가 근무한 시간과 시스템이 판단한 근무자의 근무시간의 오차율이 평균 1.3%로 나타났다.

본 논문에서 제시한 근태관리 시스템은 몇 가지 제약조건 및 가정이 존재한다. 본 근태관리 시스템은 회사에서 근무지로 인정해주는 위치에 대해서만 RSS 지문기반 방법을 이용하여 근무자의 위치를 추적한다. 그리고 본 근태관리 시스템에서 활용한 RSS 지문기반 방법에서 RSS 데이터를 제공하는 주체는 무선 AP이며 이용하는 RSS 데이터를 이용하는 주체는 스마트폰이다. 따라서 무선 AP가 근무지 주변에 설치되어 있고 근무자가 스마트폰을 소지하고 있어야만 근무자의 근무시간을 정확하게 측정할 수 있다. 또한 일반적으로 건물 내에서 근무를 하는 사무직이 아닌 외부에



(a) Moving every 20 minutes



(b) Moving every 60 minutes

그림 9. 근무자의 근무지 이동에 따른 위치 판단 결과 그래프
Fig. 9. The graph for indoor localization data

서 업무가 많은 직군의 경우 회사 건물 외부에 있을 때 근무자가 실제로 근무를 하고 있는지 아닌지 개인적인 용무를 처리하고 있는지를 판단하기 어려운 점이 있다. 따라서 본 논문에서는 외부에서 업무가 많은 직군이 아닌 일반적으로 건물 내에서 근무하는 사무직으로 대상으로 근태관리 시스템을 설계하였다. 만약 본 근태관리 시스템을 운용하기 위해서 시스템을 실제로 구현하고자한다면 해당 제약조건 및 가정을 고려하여 구현해야할 것이다.

본 근태관리 시스템을 이용하여 유연근무제가 본격적으로 시행되었을 때 관리자는 효율적으로 근태관리를 하고 근무자의 근무시간 선택의 자유를 보장할 수 있다. 또한 근무자는 특별한 조작 없이 자동으로 출퇴근과 근무시간을 기록할 수 있어 편리하다. 그러나 일반적으로 건물 내에서 근무하는 사무직만 이용이 가능하며 스마트폰을 항상 소지하고 있어야 근무시간을 정확하게 기록할 수 있다는 점이 있다. 향후에는 더 다양한 직군이 이용가능하며, 최근 보급률이 증가하고 있고 스마트 워치나 웨어러블 디바이스를 이용한 시스템 구현에 대한 연구를 진행할 예정이다.

References

- [1] Ministry of Government Administration and Home Affairs, *It has changed after implementation of flexible working system!*(2010), Retrieved Feb., 4, 2015, from http://www.mospa.go.kr/firt/bbs/type010/commonSelectBoardArticle.do?bbsId=BBSMSTR_000000000008&nttId=27508.
- [2] Ministry of Government Administration and Home Affairs, *Make the provision of flexible working for the work-life balance*(2011), Retrieved Feb., 4, 2015, from http://www.mospa.go.kr/firt/bbs/type010/commonSelectBoardArticle.do?bbsId=BBSMSTR_000000000008&nttId=28310.
- [3] S. Choi, S. Bae, K. Han, and J. Park, "System development for flexible office and its efficiency evaluation metrics," *J. Inf. Technol. Appl. & Management*, vol. 20, no. 4, pp. 33-45, Apr. Dec. 2013.
- [4] C. Ahn, S. Yoon, and S. Chin, "Diligence and indolence management system for specialty contractor on construction site-using GPS of smart phone," *Korean J. Construction Eng. and Management*, vol. 13, no. 3, pp. 56-66, May 2012.
- [5] H. Jo, J. Park, D. Lee, and D. Kim, "Diligence/indolence management scheme using wifi access points," *J. Korea Inst. Inf. Commun. Eng.*, vol. 18, no. 6, pp. 1395-1400, Jun. 2014.
- [6] L. M. Ni, Y. Liu, Y. C. Lau, and A. P. Patil, "LANDMARC: Indoor location sensing using RFID," *Wirel. Netw.*, vol. 10, no. 6, pp. 701-710, 2004.
- [7] A. Athalye, V. Savic, M. Bolic, and P. M. Djuric, "A novel semi-passive RFID system for indoor localization," *Sensors J. IEEE*, vol. 13, no. 2, pp. 528-537, Feb. 2013.
- [8] M. Minami, Y. Fukuju, K. Hirasawa, S. Yokoyama, M. Mizumachi, H. Morikawa, and T. Aoyama, "DOLPHIN: A practical approach for implementing a fully distributed indoor ultrasonic positioning system," *UbiComp 2004*, pp. 347-365, 2004.
- [9] R. Want, A. Hopper, V. Falcão, and J. Gibbons, "The active badge location system," *ACM Trans. Inf. Syst. (TOIS)*, vol. 10, no. 1, pp. 91-102, 1992.
- [10] N. B. Priyantha, A. Chakraborty, and H. Balakrishnan, "The cricket location-support system," in *Proc. Int. Conf. Mob. Comput. Netw., ACM*, pp. 32-43, 2000.
- [11] A. Bose and C. H. Foh, "A practical path loss model for indoor WiFi positioning enhancement," in *Proc. ICICS'07*, pp. 1-5, Singapore, Dec. 2007.
- [12] K. Chintalapudi, A. Padmanabha Iyer, and V. N. Padmanabhan, "Indoor localization without the pain," in *Proc. Int. Conf. Mob. Comput. Netw., ACM*, pp. 173-194, 2010.
- [13] P. Bahl and V. N. Padmanabhan, "RADAR: An in-building RF-based user location and tracking system," in *Proc. IEEE INFOCOM 2000*, vol. 2, pp. 775-784, 2000.
- [14] M. Youssef and A. Agrawala, "The horus WLAN location determination system," in *Proc. MobiSys '05 ACM*, pp. 205-218, 2005.

[15] M. Azizyan, I. Constandache, and R. R. Choudhury, "SurroundSense: Mobile phone localization via ambience fingerprinting," in *Proc. MobiCom ACM*, pp. 261-272, 2009.

[16] C. Wu, Z. Yang, Y. Liu, and W. Xi, "WILL: Wireless indoor localization without site survey," in *Proc. IEEE INFOCOM*, pp. 64-72, Mar. 2012.

[17] D. Ahn and R. Ha, "Indoor localization methodology based on smart phone in home environment," *J. KICS*, vol. 39, no. 4, pp. 315-325, Apr. 2014.

서 동 인 (Dong-in Seo)



2015년 2월 : 홍익대학교 컴퓨터 공학과 졸업
 2015년 3월~현재 : 홍익대학교 컴퓨터 공학과 석사과정
 <관심분야> 모바일 컴퓨팅, 실내 위치 추적, 스마트 홈·오피스 등

안 다 예 (Daye Ahn)



2012년 2월 : 홍익대학교 컴퓨터 공학과 졸업
 2014년 2월 : 홍익대학교 컴퓨터 공학과 석사
 2014년 2월~현재 : 홍익대학교 컴퓨터 공학과 박사과정
 <관심분야> 홈 에너지 관리, 스마트 그리드, 스마트 홈, 실시간 시스템 등

하 란 (Rhan Ha)



1987년 2월 : 서울대학교 컴퓨터 공학과 졸업
 1994년 3월 : 서울대학교 컴퓨터 공학과 석사
 1995년 4월 : University of Illinois at Urbana-Champaign 전산학박사
 1989년 3월~1990년 7월 : 한국통신 전임연구원
 1995년 9월~현재 : 홍익대학교 컴퓨터공학과 교수
 <관심분야> 모바일 컴퓨팅, 실시간 시스템, SW보안, 스마트 그리드 등