

# 영유아 상호작용 분석을 위한 정밀위치 모니터링 시스템

박형근

남서울대학교 전자공학과

## Precise Position Monitoring System for Infant Interaction Analysis

Park Hyoung-Keun

Department of Electronic Engineering, Namseoul University

**요약** 본 논문에서는 IoT 기술 기반의 명찰을 활용하여 영유아 교육기관 내에서 각 영유아의 개별적인 위치와 타 유아와의 근접거리 유지정도를 파악할 수 있는 실시간 모니터링 시스템을 구축하였다. 이 시스템은 정밀위치 추적 모듈, 게이트웨이 위치정보 산출을 위한 데이터 전송시스템, 서비스 플랫폼 서버, 영유아의 발달을 고려한 데이터 분석 처리 모듈로 구성하였으며, 각 영유아가 어떤 유아와 상호작용을 많이 하는 지에 대한 정보를 추출하고자 하였다. 본 시스템을 통하여 수집한 정보는 소외나 배척을 당하는 영유아뿐만 아니라 사회성 발달 측면에서 문제가 없는 영유아, 더 나아가서 인기가 많은 영유아들에 이르기까지 모든 영유아의 또래관계를 개선할 수 있는 중요한 정보로 활용할 수 있다. 또한, 교사는 영유아간의 근접거리 정보를 토대로, 긍정적인 상호작용인지 부정적인 상호작용인지에 대해 파악하고 이를 토대로 영유아의 또래관계 개선을 위한 교육이 가능하다. 이러한 결과를 학부모와의 상담 시 활용하고 본 시스템을 통하여 수집한 정보를 DB화하여 영유아 또래관계 개선을 위한 체계 구축이 가능하다.

**Abstract** This paper constructs a real-time monitoring system that can identify the individual positions of infants and their proximity to other infants using an Internet of Things (IoT)-based nameplate. The system consists of a precision location tracking module, a data transmission system for calculating gateway location information, a service platform server, and a data analysis processing module considering the development of infants and young children. The purpose of this study is to extract information about how infants interact with each other. The information gathered through this system can be used as important information to improve the peer relations of all infants and toddlers, from neglected infants to infants with no social development problems, to more popular infants. It is possible, based on the proximity information between infants and toddlers, that the teacher can identify positive interactions or negative interactions, and can educate infants on how to improve their peer relationships. These results can be used for consultation with parents, and the information collected through this system can be used as a database to establish a system for improving the relationships between infants and toddlers.

**Keywords** : Precise Position Monitoring, Real-Time Monitoring System, Infants Interact, Parent Consultation, Relationship Recognition

---

본 논문은 2019년도 남서울대학교 학술연구비 지원에 의해 연구되었음.

\*Corresponding Author : Hyoung-Keun Park(Namseoul Univ.)

email: phk315@nsu.ac.kr

Received November 1, 2019

Accepted December 6, 2019

Revised December 4, 2019

Published December 31, 2019

## 1. 서론

영유아기는 개인의 전생애적 관점에서 발달의 초석을 마련하는 시기로, 급격한 발달이 이루어지는 동시에 모든 성장의 근원이 되는 중요한 시기이다. 사회성 발달의 경우, 또래와의 긍정적인 사회적 관계를 형성한 영유아들은 장래의 인생에서도 친사회적인 특성을 가질 수 있으며 그와는 반대로 친구들로부터 거부된 경험을 가진 영유아들은 부정적인 사회적 특성을 가질 가능성이 매우 높다. 그러나 유아에게 있어서도 바람직한 또래관계를 맺어 간다는 것이 쉬운 일이 아니며 최근 들어 왕따현상의 연령 하향화 경향과 어린 연령에까지 스마트 기기가 보급됨으로 인하여 또래와의 사회관계를 제대로 형성하는데 있어서 어려움을 겪는 유아의 수가 늘어나고 있으며, 이에 따라 영유아의 바람직한 또래관계 형성 방안에 대한 사회적인 관심이 증가하고 있다. 또래관계는 유아의 사회성 발달에 매우 중요한 영향을 미치며 제반 발달영역에도 지대한 영향을 미침에 따라 또래관계 내에서의 사회적 위치가 매우 중요한 요소로 고려되었으며, 인기야 또는 비 인기야의 행동특성에 영향을 미치는 제반 요인에 대한 다양한 연구가 진행되어왔다[1-3]. 또한, 비인기야가 어떤 행동을 해야 또래들로부터 수용될 수 있는 지에 대해 파악하고, 또래관계 개선을 위해 다양한 중재방법을 모색해야 하며, 영유아의 또래관계를 개선하고 바람직한 사회성 발달의 초석을 마련해주기 위해서는 과학적이고 객관적인 방법을 활용하여 또래관계에 대한 평가를 해야 할 필요가 있다.[4-6] 따라서 교사의 단편적인 관찰이나 직관적인 판단에 의존하여 수집된 또래관계 자료는 과학적, 객관적이지 못하다는 한계를 가지고 있으므로 본 논문에서는 전통적인 평가방법이 아니라 또래관계에 대한 실증적이고 구체적인 데이터를 확보하기 위하여 각 영유아의 개별적인 위치 및 다른 또래와의 근접거리 유지정도를 파악할 수 있는 실시간 모니터링 시스템을 구축하였다.

## 2. 정밀위치 모니터링 시스템

영유아의 위치를 실시간으로 정밀하게 모니터링하고 상호작용을 분석하기 위하여 영유아들이 부착하고 다니는 명찰에 IoT 융합 RF 센서 모듈을 추가하여 센서 명찰의 위치 데이터를 받고, 이를 서버로 전송하는 게이트웨이, 모바일 앱 그리고 영유아의 또래 상호작용 현황 데이터를 분석하여 모바일 폰에서 서비스할 수 있는 플랫폼

을 구현하였다.

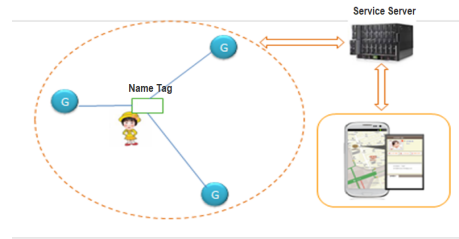


Fig. 1. Block diagram of Precise Position Monitoring System

### 2.1 데이터 전송을 위한 게이트웨이 설계

게이트웨이를 활용한 관찰 시스템을 통해 실시간 모니터링이 가능하고, 이를 차후 CCTV 사각지역에서 발생하는 해당 시간대의 관찰 상황과 비교할 수 있도록 DB에 요구되는 정보를 포함하여 전송한다. 게이트웨이는 Bluetooth to Wi-Fi를 기본으로 명찰의 위치정보를 서버로 전송하도록 하고, 게이트웨이의 위치 정보는 소프트웨어로 간편하게 설정한다.

Fig. 2에서 모바일 기기를 통한 비콘 모듈 인식은 외부에서 적용될 수 있도록 비콘의 정의된 기능을 응용하였고, Fig. 3과 같이 실내에서 정밀위치를 인식하기 위하여 게이트웨이 3개의 포인트를 활용하여 비콘 모듈과의 신호의 세기를 거리로 서버에서 환산할 수 있도록 위치 데이터의 정보를 규격화하여 서버로 전송한다.

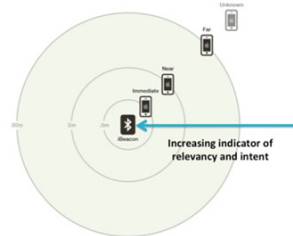


Fig. 2. Beacon distance recognition range

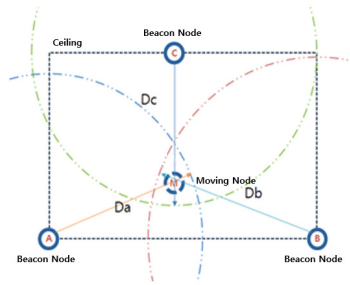


Fig. 3. Configuration of point node calculation position

게이트웨이 전송 시스템 및 설치 프로그램은 Fig. 4와 같이 모바일 장치를 통한 모니터링을 위해 명찰모듈과 모바일 장치를 연동하고, 명찰모듈의 위치정보를 받아 서버로 전송하기 위한 기능 및 요구되는 규격 사양을 기반으로 하였다. 또한 게이트웨이를 설치함에 있어 모바일 장치를 통해 게이트웨이의 위치 정보를 설정할 수 있는 기능을 포함하였다.

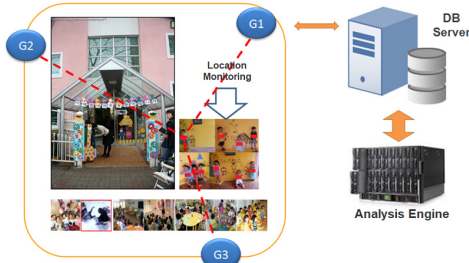


Fig. 4. Diagram of Gateway Transmission System

## 2.2 서비스 데이터 분석 엔진 및 서버 플랫폼

데이터 서버는 Fig. 5와 같이 비콘 정보수집 서버, 클라이언트 접속 서버, 데이터 필터링 모듈, 룰 데이터 처리 모듈, 요청데이터 처리 모듈, 통계 처리 모듈로 구성하였다. 비콘 정보 수집 서버는 UDP로 전송되는 각 데이터의 기본 분석, 추출된 데이터를 정형화하여 실시간 정보 버퍼에 저장하는 기능을 수행한다. 클라이언트 접속 서버는 TCP 서버로 메인 매니저 클라이언트 접속 관리, 중간 매니저 클라이언트 접속 관리, 유저 클라이언트 접속 관리 기능을 수행한다. 데이터 필터링 모듈은 실시간 정보 버퍼에 저장된 데이터의 처리, 각각의 그룹/게이트웨이/비콘 데이터 처리, 위치 정보 및 거리 정보 판단, 중복 데이터의 필터링, 데이터베이스 저장, 데이터 상의 긴급 및 오류에 대한 처리 기능을 수행한다. 룰 데이터 처리 모듈은 위치 판단 룰 처리, 클라이언트/게이트웨이/비콘 거리 등을 이용한 정확한 위치 파악, 알람 판단 룰 처리, 위치 및 거리에 따른 알람 처리, 긴급 판단 룰 처리, 긴급 상황에 해당하는 지 여부 판단 및 알람 처리 기능을 수행한다. 요청 데이터 처리 모듈은 특정 비콘 및 특정 지역의 위치 및 정보 요청 처리, 그룹별 비콘 및 전체 그룹의 위치 및 정보 요청 처리, 룰 보기/수정 요청 처리 기능을 수행한다. 통계 처리 모듈은 각 비콘 및 그룹과 전체의 시간대별/일별 위치 정보 처리 기능을 수행한다.

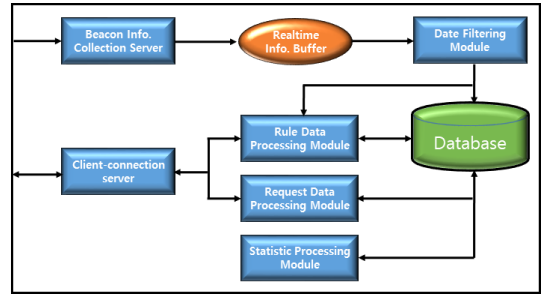


Fig. 5. Diagram of Server System

위치 기반의 유아 관계 분석 시스템을 구현하기 위한 환경은 Fig. 6과 같이 사용자 단말, 위치센서, 통신망, 관계 분석 서버 및 보호자 단말로 구성된다. 사용자 단말은 무선 통신 기능을 구비한 장치로 적외선 LED를 사용하고, 일정 시간 간격으로 고유한 코드를 발송한다. 또한, 복수의 사용자 단말 각각은 서로 다른 아이디를 송출함으로써 서로 구분이 가능하며, 적외선 센서를 이용하여 다운라이트의 고유 ID를 수신한다. 사용자 단말은 주기적으로 검출된 고유 ID 정보를 리스트 형태로 저장하고, 저전력 통신 디바이스(BLE, Zigbee)를 이용하여 검출된 고유 ID 정보 리스트를 관계 분석서버로 전송한다.

위치 센서는 사용자 단말의 위치를 파악할 수 있도록 적외선 영역만 통과시키는 필터로 구성된 스캔 센서 카메라를 이용하였다. 카메라를 통해 획득된 이미지를 영상 처리하여 적외선 송출 영역을 실시간 구분한 후 코드 판독을 통해 송출 아이디를 구분 및 처리하였고, 실제 공간 영역으로의 매핑 작업을 통해 사용자 단말의 위치를 인식하였다.

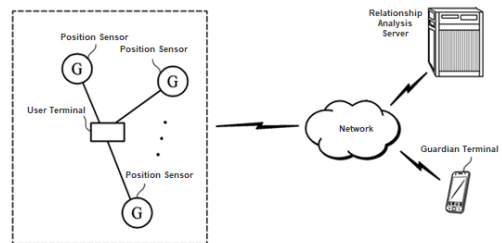


Fig. 6. Implementation environment of Analysis system

관계 분석 서버는 통신망을 통해 사용자 단말과 통신이 가능하며, 복수의 사용자 각각이 소지한 사용자 단말로부터의 위치 정보를 수신하고, 위치 정보를 기초로 복수의 사용자 간의 관계를 분석하였다. 또한 특정 사용자의 위치 정보와 위치 정보를 수신한 시간을 연관시켜 저

장할 수 있다. 이를 통해 특정 시간에 대한 복수의 사용자 중 제 1 사용자의 위치 정보와 제 2 사용자의 위치 정보를 기초로 제 1 사용자와 제 2 사용자가 근접거리에 위치한 시간수를 산출하여 복수 사용자 간의 관계를 분석할 뿐만 아니라 복수의 사용자 간의 관계가 분석된 결과를 시각화하고 사용자 간의 관계가 분석된 결과를 보화자 단말로 전송이 가능하다.

### 2.3 전자명찰 하드웨어 설계

전자명찰 주요 구성요소인 비콘 모듈은 모바일 연동이 가능하고 Broadcasting 기능으로 단방향 신호를 발송한다. 또한 128KB의 내장 메모리와 Bluetooth® v4.1, I2C 인터페이스를 지원하며 제작된 하드웨어는 Fig. 7과 같다.

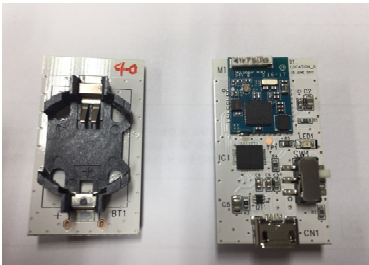


Fig. 7. Hardware of Electronic nameplate

### 2.4 비콘 위치판별 알고리즘

비콘의 위치를 판별하기 위하여 Fig. 8 및 Eq. (1)을 이용하여 두 원의 교점을 지나는 직선 좌표를 분석하였다.

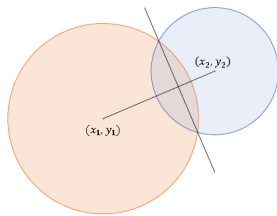


Fig. 8. Linear coordinate analysis

$$2(x_2 - x_1)x + 2(y_2 - y_1)y + (x_1^2 - x_2^2) + (y_1^2 - y_2^2) - (d_1^2 - d_2^2) = 0 \quad (1)$$

AP가 3개인 경우는 Fig. 9와 같이 AP에 대한 각각의 거리 값을 AP를 중심으로 하는 원으로 나타낼 수 있다. 원과 원 사이에 두 교점을 연결하는 직선을 구하고, 구해

진 3개의 직선사이의 교점들을 구한 후 3개 교점의 중점(평균값)을 계산한다.

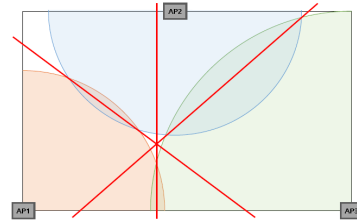


Fig. 9. Coordinate Analysis for Three APs

AP 3개만으로도 위치를 결정할 수 있으나 더 정확한 값을 구하기 위해 AP가 4개인 경우 Fig. 10, Fig. 11과 같이 먼저 (AP2, AP3, AP4), (AP3, AP4, AP1), (AP4, AP1, AP2), (AP1, AP2, AP3)에 대한 위치 값을 차례로 구한 후 4개 CASE에 대한 평균값을 취함으로써 각 위치 값들의 중점을 계산한다.

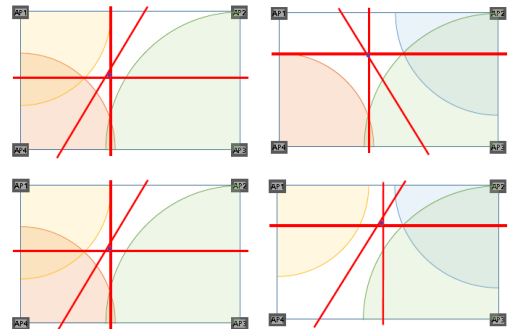


Fig. 10. Coordinate Analysis Process for Four APs

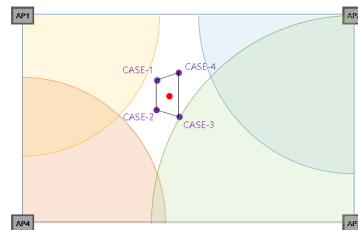


Fig. 11. Coordinate Determination for Four APs

패킷 구성은 Fig. 12와 같이 각각의 BLE AP가 서버에 접속하는 형태로 명찰에서 신호 수신 시 해당 패킷을 전송하고 서버에서는 시간 정보 및 수신 감도를 가지고 위치 정보 계산한다. 서버 접속 정보 설정은 별도의 프로그램으로 처리하였으며, 기본적으로 UDP 전송으로 처리하였다.

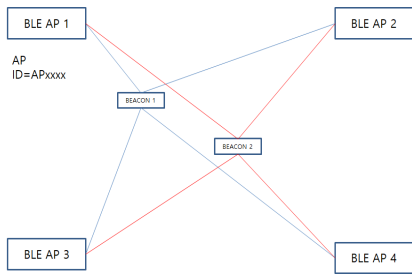


Fig. 12. Packet composition

### 3. 성능 측정 및 분석

Fig. 13 ~ Fig. 15는 관계 분석 서버에서 분석한 복수의 사용자 단말 간의 근접정도를 도시하는 그래프이다. 각각의 사용자 단말이 다른 사용자 단말과의 근접 정도는 그래프의 수치이며, Y축은 시간을 나타낸다.

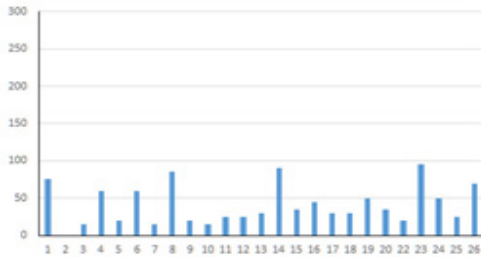


Fig. 13. Measurement result(I)

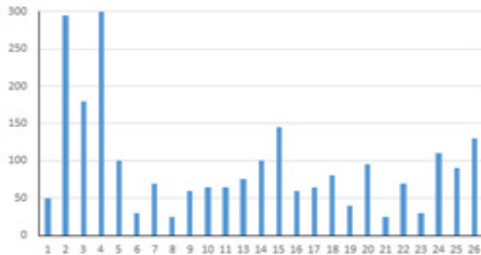


Fig. 14. Measurement result(II)



Fig. 15. Measurement result(III)

Fig. 13에 도시된 사용자 단말을 소지한 유아는 다른 유아에 비해 상대적으로 또래들과의 근접 거리를 유지한 시간이 길지 않았고, Fig. 14는 다른 유아에 비해 상대적으로 또래들과의 근접 거리를 유지한 시간이 긴 것으로 나타났다. 또한, Fig. 15는 특정 유아에 국한하지 않고 골고루 근접거리를 유지하고 있는 것으로 측정되었다. 또한 전자명찰 시스템의 성능 테스트 결과는 Table 1과 같다.

Table 1. Performance test result of electronic nameplate system

Specification	Unit	Test result
Positioning accuracy	m	≤1m
Precision measuring range	m <sup>2</sup>	1m ±5% @15m <sup>2</sup>
Effective measuring range	m <sup>2</sup>	1m ±20% @30m <sup>2</sup>
Interaction Measurement Accuracy	%	90%
Electromagnetic wave characteristics	W/kg	≤1.6 W/kg

### 4. 결론

본 논문에서는 영유아의 정밀위치를 모니터링하기 위한 IoT 시스템을 개발하고 이를 통한 또래관계 인식 및 분석을 통하여 교사는 영유아간의 상호작용의 종류를 파악하고 관계개선을 위해 노력할 수 있는 체계를 구축하였다. 영유아의 위치를 실시간으로 정밀하게 모니터링하고 상호작용을 분석하기 위하여 영유아들이 부착하고 다니는 명찰에 IoT 융합 RF 센서 모듈을 추가하여 명찰의 위치 데이터를 받고, 이를 서버로 전송하는 게이트웨이, 모바일 앱 그리고 영유아의 또래 상호작용 현황 데이터를 분석하여 모바일 폰에서 서비스할 수 있는 플랫폼을 구현하였다. 본 논문의 결과를 활용하여 영유아 교육기관 활동 모니터링 서비스 플랫폼 구축 및 또래관계 분석시스템의 개선, 또래관계에 대한 빅데이터를 시계열적으로 분석함으로써 교육의 질적 수월성을 확보하는데 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

### References

[1] Ji Hyun Sung, "A study of the association between toddler/child care provider interactions and toddlers' language development", *Early Childhood Education Research*, Vol.32, No.4, pp.229-253, Aug. 2012

DOI: <http://dx.doi.org/10.18023/kjece.2012.32.4.011>

- [2] Choi, Sun-Hee, Hwang, Hye-Jung, "The Relationship Between Teacher-Infant Interactions and Young Children's Maladjusted Behaviors", *Korean Journal of Children's Media*, Vol.10, No.3, pp.1-18, Dec. 2011  
UCI: [G704-001863.2011.10.3.008](https://nvl.go.kr/uci/G704-001863.2011.10.3.008)
- [3] Sun Young Lee, "The Effect of Group Traditional Play Activities on Young Children's Prosocial Behavior", *Korean Journal of Early Childhood Education*, Vol.13, No.1, pp.157-173, Feb. 2011
- [4] Hyoung-Keun Park, "A Study on Relationship Recognition and Analysis through IoT-based Infant Activity Monitoring", *International Journal of Advanced Science and Technology*, Vol.130, pp.59-68, Sep. 2019  
DOI: <http://dx.doi.org/10.33832/ijast.2019.130.06>
- [5] S. Y. Kim, H. K. Park, Y. C. Choi, Development of Peer Relationship Recognition and Analysis System by IoT-based Infant Precise Position Monitoring, Ministry of SMEs and Startups Research report, Prowtech Co. Ltd & Namseoul univ. & Korea national univ. of edu., Korea, pp.10-55, 2017
- [6] Myung-Soon Won, "The mediating effect of decision making ability on the relationship between courage and happiness in young children", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.18, No.2, pp.568-575, Feb. 2017.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2017.18.2.568>

---

박 형 근(Hyung-Keun Park)

[중신회원]



- 1995년 2월 : 원광대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
- 2000년 2월 : 원광대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)
- 1998년 5월 ~ 2001년 9월 : (주)미디어서브기술연구소 선임연구원
- 2005년 3월 ~ 현재 : 남서울대학교 전자공학과 교수

<관심분야>

마이크로프로세서응용, 임베디드시스템, SOC