

WiFi MAC을 이용한 병원시설 인원계수의 활용에 관한 연구

류윤규*

대구보건대학교 스마트의료IT과

A Study on People Count of Hospital Facilities Using Wi-Fi MAC

Yun-Kyoo Ryoo*

Department of Smart Medical IT, Daegu Health College

요약

사람들이 휴대하고 다니는 휴대폰에서 WiFi를 이용하여 MAC Address를 수집할 수 있음은 널리 알려진 사실이다. 하지만 개인의 동의없이 MAC Address를 수집하여 이용하는 것에 많은 법적인 문제가 수반되기 때문에 이를 적극 활용하기에는 많은 어려움이 있었다. 최근에 이러한 MAC Address가 의도치 않게 노출되어 사생활 정보가 침해되는 것을 방지하기 위하여 실제 기기의 MAC Address가 아니라 Random으로 생성된 가상의 MAC Address를 노출시켜 사생활 정보를 보호하는 방식이 모든 모바일 기기에 적용되고 있다. 기기에서 무작위하게 생성된 가상의 MAC 어드레스를 노출시킴으로써 MAC Address를 이용하여 개인을 특정하고 추적하는 것은 불가능하게 되었다. 하지만 MAC Address 수집을 통하여 여러 가지 사실을 추정할 수 있다는 사실은 여전히 유효하다. Random MAC Address가 확대 적용됨으로써 오히려 과거에 제기되어 오던 MAC Address를 이용한 사생활 정보 침해의 소지가 완전히 제거되어 과거보다 더욱 적극적으로 이를 활용할 수 있게 되었다. 본 논문에서는 MAC Address를 이용하여 의료진, 건물 관리인원, 환자, 환자의 가족 등의 병원시설의 이용자의 통계 정보를 자동으로 수집하여 분석하는 방법을 제안한다. MAC Address를 이용한 병원시설 이용자의 수집은 비용이 저렴하고 상대적으로 매우 정확한 방법으로써 꾸준한 수집은 병원 운영에 매우 객관적이고 과학적인 근거자료를 제공할 수 있다.

Abstract

It is a widely known fact that MAC addresses can be collected using Wi-Fi from mobile phones that people carry. However, since collecting and using MAC addresses without individual consent entails many legal problems, it was difficult to actively utilize them. In order to prevent invasion of privacy information due to unintentional exposure of these MAC addresses in recent years, the method of protecting privacy information by exposing a randomly generated virtual MAC address rather than the MAC address of the actual device is applied to all mobile devices. By exposing a randomly generated virtual MAC address on a device, it becomes impossible to identify and track an individual using the MAC address. However, the fact that various facts can be estimated through MAC Address collection is still valid. By expanding the application of Random MAC Address, the possibility of invasion of privacy information has been completely removed from the MAC address that has been raised in the past, so that it can be used more actively than in the past. In this paper, we propose a method for automatically collecting and analyzing statistical information of hospital visitors using MAC addresses. The collection of hospital visitors using MAC Address is a low cost and relatively accurate method, and the analysis of hospital visitors through steady collection can provide very objective and scientific evidence for hospital operation.

Key Words

Congestion Analysis, Hospital management, People count, Patient Visit, Wifi Mac Address

1. 서론

Big data를 분석하여 사회현상을 이해하려는 욕

직임에서 Big data는 사람이 인위적으로 생성한 데이터인 경우가 많았다. Big data의 시발점으로 SNS에 남겨진 수십억 건의 댓글을 분석함으로써 우리는

*Corresponding Author : Yun Jyoo Ryoo(Daegu Health colle.)

E-mail: kyoo@dhc.ac.kr

Received Jul 16, 2022

Revised Sep 15, 2022

Accepted Dec 16, 2022

객관적이고 과학적인 사회현상에 대한 해안을 얻을 수 있다는 결론에 도달하였다.

사람들에 의하여 인위적으로 만들어진 Big data는 아니지만 갈수록 고도로 디지털화되어가는 사회에서 수집될 수 있는 Big data가 늘어나고 있다. 그 대표적인 정보가 휴대폰의 WiFi를 이용한 MAC Address이다. 일반적으로 WiFi 통신모듈이 장착된 휴대폰과 같은 휴대용 전자장치는 주기적으로 WiFi Probe Request 신호를 송출하여 주변에 위치하는 AP(Access Point)를 찾는다. 휴대용 전자장치(휴대폰)와 AP(공유기)는 네트워크 연결을 위해 각자의 MAC Address(기기고유주소)값과 RSSI(Received Signal Strength Indicator) 등의 데이터를 교환한다. 이러한 과정에서 두 장치가 직접 연결 되지 않더라도 또, 암호 인증 절차 없이 상호 기기에 대한 정보를 수집하는 것이 가능하다[1].

WiFi MAC Address의 수집은 특정 지역의 유동인구를 분석하는데 매우 유용한 방법이다. 하지만 과거의 휴대폰에는 고유한 MAC Address를 그대로 사용하여 개인의 신원을 특정할 수 있었기 때문에 개인정보 수집에 의한 사생활 침해의 가능성이 제기되었다. 과거에는 이러한 방법을 이용하여 Big Data를 수집하는 것은 막대한 법적 비용을 유발할 수 있었기 때문에 적극적으로 활용되지 못하였다.

최근에 이러한 사생활 침해의 문제로 개인 휴대폰에서는 Random MAC Address라는 기법이 적용되기 시작하였다. 이는 장치의 실제 MAC Address를 노출하지 않고 임의의 MAC Address를 생성하여 노출하도록 하는 방법으로 개인정보 노출의 가능성을 완전히 제거하였다. 이러한 최근 움직임은 개인 사생활 침해의 가능성을 완전히 제거한 획기적인 사건이 되었다. 하지만 개인을 특정할 수 없다고 해서 MAC Address의 수집이 아무런 정보를 줄 수 없는 것은 아니다. MAC Address의 수집과 분석은 여전히 특정 공간에 체류하는 사람들에 대한 정보를 줄 수 있다.

특히 이런 방법을 이용하면 의료진, 환자, 환자의 가족, 환자의 방문자 그리고 기타 인원 등의 병원시설을 이용하는 체류인원을 자동으로 계수하고 이를 활용하여 병원시설을 효율적으로 이용하도록 하는 근

거자료를 자동으로 수집할 수 있게 된다. 또 수집된 데이터를 기반으로 병원시설의 관리와 운영을 자동화시킬 수 있는 중요한 방법을 제공할 수 있게 된다. 본 논문에서는 참고논문의 인원계수 결과와 최근 달라진 WIFI 기술 트렌드에 대한 통찰을 통하여 병원시설의 유동인구를 자동으로 파악하고 이를 기반으로 효율적인 병원시설의 관리가 가능함을 제안한다. 실제 병원시설에서의 검증은 병원 측의 허가와 관련 WIFI 장비 준비의 어려움으로 인하여 후속 연구를 통하여 보완하고자 한다.

2. 관련연구

2.1 인원계수와 유동인구 분석

실내외에 체류하는 인원수를 분석하고자하는 요구는 매우 오래전부터 제기되어 왔다. 쇼핑몰의 방문자 분석, 은행의 방문자수 분석, 옥외 광고의 효과를 분석하기 위한 유동인구 분석 그리고 병원 방문자 분석 등이 있다. 이러한 방문자의 실시간 기록을 통하여 매우 많은 사실을 유추할 수 있으며 쇼핑몰, 은행, 병원은 이를 기반으로 매우 효율적인 건물관리를 수행할 수 있다[2-3].

인원계수를 위한 전형적인 방법에는 2D 영상을 이용한 방법, 3D 영상을 이용한 방법, WiFi를 이용한 방법, 휴대폰 기지국을 이용한 방법 등을 연구해 왔다. 2D 영상과 3D 영상을 이용한 인원 계수 방법은 비용이 매우 높으며 조명의 영향에 매우 민감하여 조명상태가 불량할 경우 정확도가 급격히 낮아지는 방법이다. 스마트폰이 대중화되기 이전 시점에 주로 연구하였다[5-9].

스마트폰이 대중화 되면서 스마트폰을 이용한 인원계수의 방법이 출현하였다. WiFi를 이용한 인원 계수 방법은 좁은 영역에서의 인원계수에 적합하며 휴대폰 기지국을 이용한 인원 계수 방법은 비교적 넓은 영역에 대하여 인원을 매우 정확하게 계수할 수 있는 방법이다[10-13]. 하지만 이 두 가지 방법은 사생활 침해라는 법적 규제가 존재하기 때문에 쉽게 활용할 수 있는 방법은 아니다.

병원시설의 경우 OCS(order communication system)이나 EMR(electronic medical record)를

기반으로 방문 환자수의 통계를 자동으로 구할 수 있다. 하지만 이는 병원 전체에 대한 방문환자의 수만 파악할 수 있다. 대형 병원의 경우 여러 진료과목으로 구분된 복합건물 혹은 다층의 영역으로 구성되며 병원시설을 이용하는 대상 또한 의료진, 환자, 환자의 가족, 환자의 방문자 그리고 기타 인원으로 구성되는 만큼 OCS나 EMR을 이용한 단순 환자 수의 파악은 각 구역별로 최적화된 병원시설의 효율적인 이용을 위한 기초 데이터로 판단하기에는 다소 부족한 부분이 있다.

2.2 Wireless 패킷 분석 방법

Windows 운영체제와 달리 linux 운영체제에서는 WiFi이 패킷을 관찰할 수 있는 방법을 kernel 수준에서 공식적으로 지원하고 있다. Kali linux는 보안 테스트를 위하여 리눅스로 WiFi 패킷 분석에도 많이 이용되고 있다. WiFi는 다섯 가지의 모드로 동작하는데 그 중에서 monitor mode로 변경하면 WiFi 패킷을 수집하여 관찰할 수 있다.

일반적으로 WiFi 패킷을 분석하기 위한 도구로 Wireshark를 가장 많이 이용한다. Wireshark는 패킷을 그래픽 GUI로 편리하게 표시하는데 필터를 이용하면 원하는 정보만 골라서 표시할 수 있다.

또 Aircrack-ng 패키지를 설치하면 airmon-ng, airdump-ng, aireplay-ng, airdecap-ng의 툴을 이용할 수 있다. airmon-ng는 무선 랜카드를 monitor mode로 변경하여 무선 패킷을 수집할 수 있도록 설정하는 툴이다. airdump-ng는 무선 패킷을 캡처할 수 있는 기능을 하는데 무선 데이터 트래픽을 cap이나 IVS 형태로 저장하고 네트워크 정보를 보여주는 역할을 한다. aireplay-ng는 임의의 패킷을 만들어 패킷을 전송하여 크래킹을 시도할 때 사용한다. airdecap-ng는 무선 패킷의 헤더를 제거하고 평문 패킷을 얻을 때 사용한다.

3. 병원시설의 유동인구 분석

3.1 AP 설치방법

Random MAC Address는 Repeat Random MAC

Address와 Non-repeat Random MAC Address로 구분된다[1]. Repeat Random MAC Address는 스캔 장치가 감지하는 동안 하나의 랜덤 MAC Address를 유지하는 방식이다. Non-repeat Random MAC Address는 한 번의 Probe Request에서 1~3회 사용된 뒤 또 다시 새로운 Random MAC Address를 변경하는 방식이다. 주요 MAC randomization의 주요 내용은 [표 1]에 정리하였다.

다수의 AP를 병원 내부에 설치할 경우 두 개의 AP에서 동일 MAC Address가 동시에 검출될 수 있다. MAC Address가 고정 MAC Address라면 동시에 검출되는 MAC Address의 중복성을 검출하기 쉽다. 하지만 Random MAC Address일 경우 동일 기기라 하더라도 각기 다른 MAC Address로 검출될 수 있다. 따라서 AP의 위치를 결정할 때 다른 AP와 검출영역이 중복되지 않도록 설계하는 것이 중요하다.

병원의 내부 구조나 물리적인 이유로 검출 영역이 중복될 경우 RSSI(Received Signal Strength Indicator) 필터링을 통하여 동일 기기의 신호가 중복으로 검출되는 것을 피하여 Random MAC address로 인한 혼란을 피하도록 해야 한다.

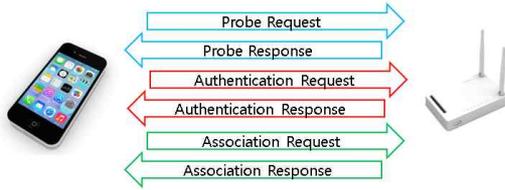
[Table 1] History of main MAC Randomization

[표 1] 주요 MAC Randomization 역사

Year	Main MAC Randomization process
2014	probe request 요청시 iOS8에서 MAC 랜덤화 구현
2017	probe request 요청시 Android 8에서 MAC 랜덤화 구현
2018	Android 9에서 개발자 모드가 disable 될 때 완전한 MAC 랜덤화 구현
2019	Android 10에서 개발자 모드가 disable 될 때 완전한 MAC 랜덤화 구현. 하지만 랜덤화된 MAC은 수시로 변경되지 않음
2020	iOS14에서 MAC 완전한 랜덤화 구현. 랜덤화된 MAC 어드레스는 24시간 마다 변경됨.

3.2 MAC Address 수집 방법

휴대폰에서는 [그림 1]와 같이 주기적으로 전 채널에 걸쳐 암호화 되지 않은 Probe Request를 방송하므로 이를 캡처하기 위해서는 완벽한 AP를 구현할 필요는 없다.



[Fig. 1] Process of Active Scanning
 [그림 1] Active Scanning의 과정

WiFi 장치가 인가된 노트북을 이용할 수 있지만 이는 현장에 상시로 거치하여 장기간의 실험을 수행하기에는 적합하지 않다. 장기간의 실험을 위해서는 하드웨어의 크기가 작은 장치를 사용하는 것이 유리하다. [그림 2]와 같이 라즈베리파이와 ESP8266이 가장 많이 사용된다. 라즈베리파이는 리눅스 OS가 탑재되어 더 쉽고 빠른 개발이 가능한 것이 장점이다. ESP8266은 WiFi 모듈을 탑재하고 자유롭게 펌웨어를 이용하여 WiFi기능을 이용할 수 있는 것이 특징이다.



[Fig. 2] ESP8266(Rt) Raspberry Pi(Lt)
 [그림 2] ESP8266(좌) 라즈베리파이(우)

본 논문에서는 실험의 용이성을 증진시키기 위하여 라즈베리파이에 USB 무선 랜카드 TP-Link T4U를 이용하였다. Probe Request를 감지하기 위하여 무선 랜카드의 모드를 “monitor” 모드로 변경하고 python의 라이브러리인 scapy와 netaddr를 이용하였다[4].

3.3 MAC Address 분석 방법

과거의 고정 MAC Address일 경우 MAC Address가 변하지 않기 때문에 병원 재방문 회수, 병원시설 내에서의 동선분석, 병원시설 내에서의 체류시간 등 다양한 분석이 가능하였다. 하지만 Random MAC Address의 도입으로 한 개의 단말기에서 여러 개의 가상 MAC Address를 무작위로 노출시키므로 더 이

상 정교한 분석은 불가능하게 되었다. 하지만 한 개의 단말기에서는 특정 시간에 한 개의 MAC Address를 노출시키기 때문에 10초 단위로 Request Probe를 통한 MAC Address를 수집하고 1분 단위로 평균하여 현재 체류 중인 인원을 계수할 수 있다.

물론 WiFi를 끄거나 스마트폰을 소지하지 않은 사람의 수는 계수할 수 없다. 현재 고령자들도 스마트폰의 사용비율이 계속 증가추세에 있다. 랜덤 MAC Address의 사용으로 사생활 침해의 이슈도 거의 제기되고 있지 않기 때문에 WiFi를 꺼두는 사람을 거의 찾아 볼 수 없다. 또, 휴대폰 배터리 용량의 증가 및 WiFi 모듈의 기술 발전으로 WiFi의 배터리 소모량이 크게 문제되지 않는다. 따라서 WiFi를 항상 켜두는 사람들의 숫자가 대부분일 것이기 때문에 향후 인원계수의 정확도가 계속하여 높아질 것이다.

3.4 병원 내 체류인원 분석의 활용방법

병원과 같은 대형 건물에서 가장 중요한 관리는 에너지 관리이다. 에너지 관리 중에서도 가장 큰 비중을 차지하는 것은 조명관리이다. 병원 내에는 수많은 조명이 존재하고 해당 구역에 체류하는 인원의 수에 따라 점등하는 조명의 수를 달리하면 전기료를 상당히 절감할 수 있다.

또, 병원에서의 가장 중요한 관리는 공조관리이다. 공조관리란 실내공기의 온도나 공기의 질을 쾌적하게 유지하는 것인데 공조는 병원 내에 체류하는 인원수와 밀접한 관계가 있다. 코로나가 유행하는 상황을 고려한다면 실내 공기의 온도뿐만 아니라 실내외 공기의 순환을 고려하여야 하는데 병원 내의 인원수에 기반하여 공기순환을 제어한다면 많은 에너지를 절약할 수 있을 것이다.

병원에 내원하는 인원수의 요일별 통계나 월별 통계를 통하여 특정한 패턴이 발견된다면 병원 인력의 운용 측면에서도 상당한 효율을 제고할 수 있을 것이다. 아무런 데이터도 없을 경우 계획을 세우기가 힘들지만 이러한 병원을 내원하는 인원수의 패턴이 있음을 확인한다면 병원 인력운용에 있어서 체계적인 계획을 세울 수 있어 병원의 비용절감 혹은 인력운용의 효율성 측면에서 매우 도움이 될 것이다.

병원을 내원하려는 환자의 측면에서도 병원 혼잡도를 실시간으로 확인할 수 있다면 그 혼잡도에 따라 방문을 방문하는 시기를 조절할 수 있을 것이다. 병원 방문이 덜 시급하고 여유시간이 많은 환자들은 병원 혼잡도를 실시간으로 확인하고 덜 혼잡한 내원시기를 택할 수도 있을 것이다. 병원에서 요일별 혹은 월별 혼잡도 통계나 요일별 예상 혼잡도 등을 홈페이지 등으로 제공하면 그를 기반으로 각 환자들의 상태에 따라 내원시기가 적응적으로 조절될 수 있다. 이를 통하여 병원 혼잡도가 평균화 된다면 병원 측에서도 혼잡으로 발생하는 많은 비용을 절감할 수 있을 것이다.

4. 결론

Random MAC Address의 도입으로 MAC Address를 수집하여 활용하는 것에 대한 규제가 완전히 제거되었다. 법적인 규제가 제거되긴 했지만 휴대폰 기종마다 Random MAC Address를 생성하는 패턴이 다양하므로 과거에 고정된 고유한 MAC Address를 노출할 때에 분석이 가능하던 방문빈도 분석, 체류시간 분석, 병원 시설 내 이동분석은 불가능하게 되었다. 하지만 개인정보 수집의 규제를 벗어나 Big Data를 수집할 수 있는 계기가 마련되었으며 병원을 방문하는 인원의 계수는 여전히 가능하다. 지하철역이나 시장과 같은 환경에서는 빠르게 이동하는 유동인구로 인하여 MAC Address를 이용한 인원계수의 정확도에 많은 문제가 발생하지만 병원 내부와 같이 내원 환자와 보호자들이 거의 정적으로 머무는 환경에서는 인원계수의 정확도가 상당히 높을 것으로 판단된다.

본 논문에서는 기존 논문을 통하여 이러한 가능성을 제시하였으며 수집된 기반 데이터를 통하여 병원 시설의 관리가 효율적으로 이루어 질 수 있음을 제시하였다.

향후 논문에서는 실제 병원 환경에서 Random MAC Address 수집을 수행함으로써 이를 실증하는 연구를 수행할 필요가 있다.

References

- [1] Oppokhonov, Shokirkhon, J-H. Lee and J-Y. Moon, 'An Analysis of Wi-Fi Probe Request for Crowd Counting through MAC-Address classification', *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, 2022, 26.4: 612-623.
- [2] Y-K. Yoon, People Count For Managing Hospital Facilities, *Journal of The Health Care and Life Science*, 2020, vol.8, no.2, pp. 121-126
- [3] C-Y. Han and Y-K. Yoon, Development of hospital access control system using smartphone NFC, *Journal of The Health Care and Life Science*, vol.4, no.2, pp. 143-148, 2016.
- [4] S-H. Kwon, S-C. Lee and H-S. Kim, Development of congestion estimation program utilizing IEEE 802.11 ProbeRequest, *KSCSI summer Conference, Jeju university*, 2021.
- [5] Jingwen Li, Lei Huang and Changping Liu, 'Robust people counting in video surveillance: Dataset and system, Advanced Video and Signal-Based Surveillance' *2011 8th IEEE International Conference(AVSS)*, pp. 54-59, 2011.
- [6] Jingyu Liu, Jiazheng Liu, and Mengyang Zhang, A detection and tracking based method for real-time people counting, *Chinese Automation Congress (CAC) 2013*, pp. 470-473, 2013.
- [7] Elvira Sukma Wahyuni, Rizqi Renafasih Alinra and Hendra Setiawan, 'People counting for indoor monitoring, *Computing Engineering and Design*', *2017 International Conference (ICCED)*, pp. 1-5, 2017.
- [8] Yang Cong, Haifeng Gong, Song-Chun Zhu and Yandong Tang, 'Flow mosaicking: Real-time pedestrian counting without scene-specific learning, *Computer Vision and Pattern Recognition*', *2009 IEEE Conference*, pp. 1093-1100, 2009.
- [9] R Urtasun, DJ Fleet and P Fua, '3D people tracking with Gaussian process dynamical

- models', 2006 *IEEE computer society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, pp.238–245,
- [10] Y. Yang, J. Cao and X. Liu, "Wi-Count: Passing People Counting with COTS WiFi Devices," *2018 27th International Conference on Computer Communication and Networks (ICCCN)*, pp. 1–9, 2018.
- [11] Wei Xi, Jizhong Zhao, Xiangyang Li, K. Zhao, Shaojie Tang, Xue Liu and Zhiping Jiang, 'Electronic frog eye: Counting crowd using WiFi', *IEEE INFOCOM 2014 – IEEE Conference on Computer Communications*, 2014. p. 361–369, 2014.
- [12] P. Reichl, B. Oh, R. Ravitharan and M. Stafford, "Using Wifi Technologies to Count Passengers in Real-time around Rail Infrastructure," *2018 International Conference on Intelligent Rail Transportation (ICIRT)*, pp. 1–5 IEEE, pp.1–5, 2018.
- [13] TOSI, Davide, MARZORATI and Stefano, 'Big data from cellular networks: real mobility scenarios for future smart cities', *2016 IEEE second international conference on big data computing service and applications (BigDataService)*. IEEE, pp.131–141, 2016.