

공공 WiFi 지역을 경유하는 경로 찾기 시스템 구현

¹신상원, ²이영찬, ^{3*}김대영

Implementation of Route Selection System via Public WiFi Zone

¹Sang-Won Shin, ²Youngchan Lee, ^{3*}Dae-Young Kim

요약

이동 단말의 보급 및 데이터 통신의 발달로 WiFi의 사용은 점점 더 증가하고 있으며 모바일 인터넷 이용률은 2000년대부터 현재까지 꾸준히 증가하고 있다. 2018년 기준 국내 거의 모든 가구에서 스마트 기기를 보유하고 있으며, 만 3세 이상 인구 중 90%가 모바일 인터넷을 사용한다. 이러한 추세로 현재 정부는 가계 통신비 절감을 위한 방안으로 도심 밀집지역에 공공 와이파이 지역을 구축하고 있으며 연도별 공공 WiFi 이용건수는 매년 증가하고 있다.

본 논문에서는 이러한 공공 WiFi를 효율적으로 사용하기 위한 방법을 제안한다. 거리에서 사용할 수 있는 공공 WiFi로부터 단말기가 네트워크 정보를 수집한 후 Concave hull 알고리즘을 사용하여 지도상에 공공 WiFi 지역을 표시하고, 공공 WiFi 찾기 알고리즘을 사용하여 공공 WiFi 지역을 많이 지날 수 있는 경로를 제공한다. 그 결과 제안하는 방안을 사용한 경로의 경우 더 많은 WiFi 지역을 경유하여 이동 단말의 WiFi 사용량을 증가시킨다.

Abstract

The use of WiFi is gradually increasing through the spread of mobile terminals and the development of data communication. Mobile Internet usage has been steadily increasing from the 2000s to the present. Almost all households in Korea have smart devices, and 90% of the population uses mobile Internet. Due to this trend, the government is currently constructing public WiFi zones in dense urban areas as a way to reduce communication costs. The WiFi usage in the public WiFi zone is increasing every year. Therefore, in this paper, we propose a method for using such public WiFi efficiently. A mobile terminal collects WiFi information and constructs a WiFi zone in a map using a concave hull algorithm. In the map, the mobile terminal provides a route through many public WiFi areas. As a result, the WiFi usage of the mobile terminal is increased through more WiFi regions.

Keywords: WiFi, WiFi zone, Route selection, A* algorithm, Concave hull algorithm

¹ 대구가톨릭대학교 컴퓨터소프트웨어학부 졸업 (rmlll@naver.com)

² 대구가톨릭대학교 대학원 컴퓨터소프트웨어학과 석사과정 (dldudcks1779@naver.com)

^{3*} 교수이자 대구가톨릭대학교 컴퓨터소프트웨어학부 조교수 (kimdy81@cu.ac.kr)

I. 서론

이동 단말의 보급 및 데이터 통신의 발달로 IEEE 802.11 Wireless LAN (WLAN) Access Point (AP)의 사용은 점점 더 증가하고 있다. 게다가, 일상에서 기본적으로 쓰이는 IEEE 802.11은 무선 통신의 광범위한 어플리케이션과 경제 활동을 지원하고 있으며, 그 적용 분야는 스마트그리드, 사물인터넷(IoT) 등과 같이 빠르고, 보다 안전한 무선 통신기능을 보유한 새로운 응용서비스를 위해 적극적으로 개발되고 있다 [1,2]. 따라서 현재 정부는 가계 통신비 절감을 위한 방안으로 도심 밀집지역에 Public WiFi Zone을 구축하고 있으며 이러한 Wi-Fi를 사용한 인터넷 이용률은 2000년대부터 현재까지 꾸준히 증가하고 있으며 2017년 기준 국내 거의 모든 가구(99.5%)에서 무선 랜을 통하여 인터넷을 사용하며 만 3세 이상 인구 중 90.3%가 인터넷을 사용한다 [3].

Public WiFi는 서민·소외계층 이용시설 등 공공장소에 WiFi AP를 구축하여 3개 이동통신사업자가 공동으로 활용함으로써 모든 국민이 무료 무선인터넷 사용이 가능한 시설로 Public WiFi Service는 스마트폰, 노트북 등의 단말에서 네트워크 설정을 Public WiFi Free SSID로 설정하여 공공와이파이 AP에 연결함으로써 이용할 수 있다. 또한, 보안적용 수준에 따라 개방형, 인증형, 암호형으로 구분되며 비 면허 주파수 대역(2.4GHz/5GHz 등)에서 허가 없이 누구나 설치하여 사용이 가능하다 [4]. 정부는 매년 Public WiFi Zone을 확산하고 있으며 이러한 Public WiFi 사용으로 인하여 국민 가계 통신비 절감에 기여하고 있다. 이러한 사업은 대표적인 국민 체감형 정책으로 인정받고 있다 [5]. 본 논문은 Public Wi-Fi 사용을 통하여 가계통신비 절감에 기여하기 위해 사용가능한 Public WiFi Zone의 데이터를 수집하고 수집한 데이터를 바탕으로 지도상에 Public WiFi Zone을 표시해주며 A*알고리즘 기반의 공공 WiFi 찾기 알고리즘을 사용하여 Public WiFi Zone을 많이 지나는 경로를 제공하는 방법을 제안한다.

II. 관련연구

2.1. WiFi

무선 랜의 표준 규격인 IEEE802.11의 별칭인 WiFi는 무선접속장치(Access Point)가 설치된 곳을 중심으로 일정 거리 이내에서 초고속 인터넷을 이용할 수 있다. Wi-Fi는 비 면허 주파수 대역(2.4GHz/5GHz 등)를 이용하여 네트워크를 구축하며 주파수를 이용함으로써 초고속 인터넷을 사용하고자 하는 기기에는 무선 랜 카드가 장착되어 있어야 하고 속도는 최대 600Mbps까지 가능하다 [6]. 무선접속장치에 접속은 802.11 Authentication 과정을 통해 이루어지며 이 과정은 MAC 주소를 통해 자신의 신원을 확인하는 과정이다. 이 과정은 인증/암호화에 관계없이 모든 형태의 무선랜 접속에 동일하게 적용된다 [7].

2.2. 공공 WiFi 찾기 알고리즘

공공 WiFi 찾기 알고리즘은 A*알고리즘을 기반으로 하며, 비용 F를 계산할 때는 시작 노드부터 해당 노드까지의 비용인 G, 해당 노드부터 목표 노드까지의 비용인 H의 합을 이용한다. 여기서 H는 실제 값을 정확히 알 수 없기 때문에 추측을 통해 계산한다.

공공 WiFi 찾기 알고리즘은 그림 1과 같이 열린 목록과 닫힌 목록이 있는데 열린 목록은 조사하지 않은 노드들을 담은 목록이고 닫힌 목록은 이미 조사한 노드를 담은 목록이다. 알고리즘의 시작에서 닫힌 목록은 비어있으며, 열린 목록은 오직 시작노드만 가지고 있다. 열린 목록의 노드들 중 비용 F가 가장 작은 노드를 선택한 후 선택된 노드를 닫힌 노드에 추가한다. 그 노드가 목표 노드가 아니면 선택된 노드의 이웃한 노드들 중 새로운 노드들을 열린 목록에 넣고, 이미 열린 목록에 있는 것은 비용 비교 후 갱신한다. 위 과정을 목표 노드가 선택될 때까지 반복하는데 만약 열린 목록이 비게 되면 시작 노드로부터 목표 노드에 도달하는 경로가 존재하지 않음을 의미한다 [8].

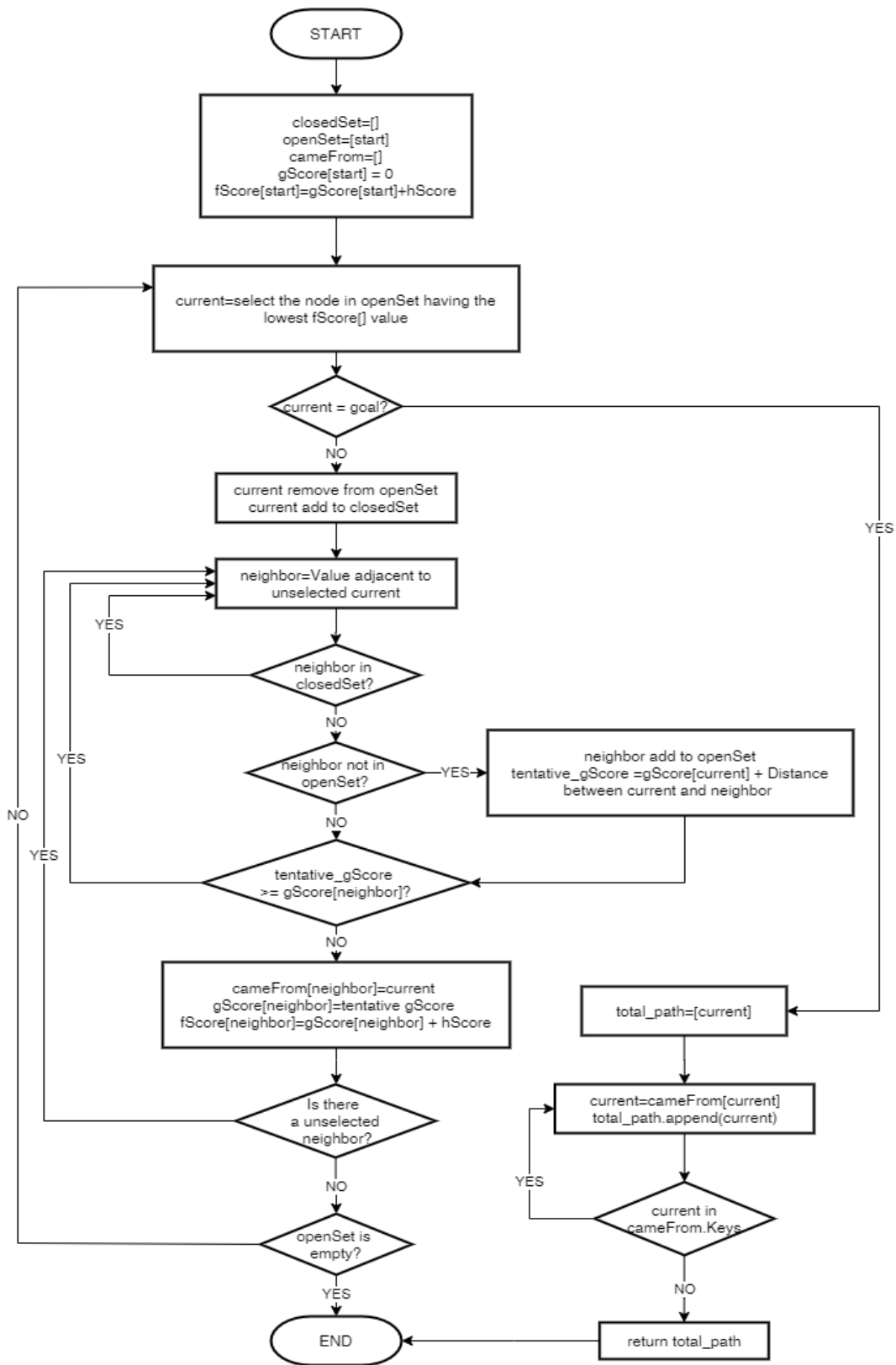


Figure 1. Pseudo code of the algorithm to find a public WiFi

2.3. Concave hull 알고리즘

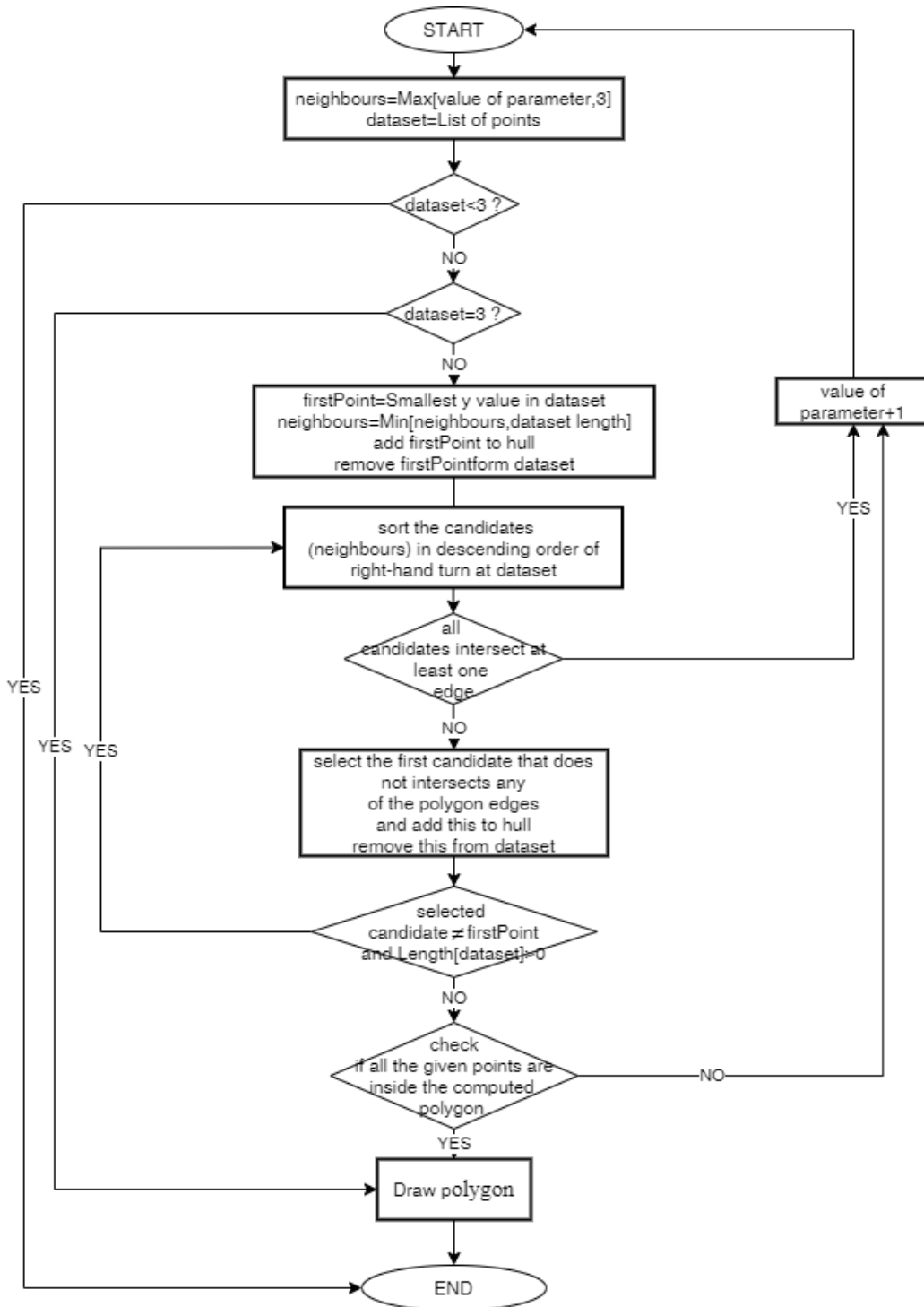


Figure 2. Pseudo code of Concave hull algorithm [8]

Concave hull 알고리즘은 그림 3 과 같이 Y 값이 가장 작은 노드 A 를 초기 노드로 설정한다. 설정된 초기 노드에서 인접한 노드 B, C, D 를 후보 노드로 설정하고 초기 노드를 기준으로

시계방향으로 각도를 계산하여 각도가 가장 큰 노드 B를 다음 노드로 선택하고 선을 잇고 그 선이 각도 계산의 기준선이 된다. 만약 그림 4와 같이 다음 노드로 선택된 노드 A가 그래프와 교점이 있을 경우 그 노드를 포기하고 다음 각도가 큰 후보 노드 C를 선택 한 후 그 노드를 기준으로 인접한 노드 중 각도가 가장 큰 노드를 다음 노드로 선택한다. 위와 같은 과정을 반복하여 선택된 노드가 초기 노드가 될 때까지 반복한다 [9].

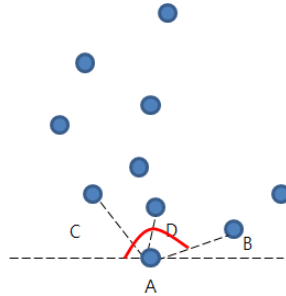


Figure 3. Concave hull algorithm: initial step

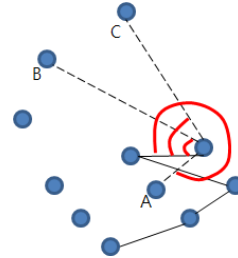


Figure 4. Concave hull algorithm: intermediate step

III. 제안하는 시스템

3.1. 시스템 설계

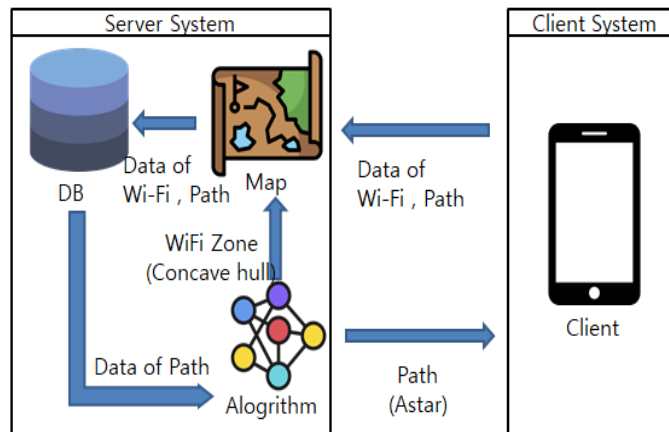


Figure 5. System architecture

본 논문에서는 WiFi를 지나가는 경로 찾기 시스템을 그림 5와 같이 제안한다. 시스템 구조는 데이터를 측정하고 경로 찾기를 요청하는 클라이언트 시스템(Client System), 경로 찾기 결과를 반환하는 서버 시스템(Server System)으로 구성된다. Client는 데이터수집과 다양한 서비스를 제공 받을 수 있다. 데이터 수집은 스마트폰을 이용하여 현재 연결된 AP의 위도, 경도, BSSID(WiFi 고유번호), RSSI를 서버의 데이터베이스에 저장한다. Map는 데이터베이스에 저장된 위도, 경도를 바탕으로 해당 좌표에 Wi-Fi Zone을 시각화 하고 Client가 경로 찾기 요청시 출발지부터 목적지까지의 경로를 시각화 하여 보여준다. Client는 URL을 통하여 Map에 접속할 수 있으며 Public WiFi Zone을 최대한 많이 지나가는 경로를 채택하는 경로 찾기 서비스를 제공 받을 수 있다. Public WiFi Zone은 클라이언트로부터 수집한 데이터를 바탕으로 이루어진다. 데이터베이스(DB)에서 BSSID가 같은 AP를 Query한 뒤 Concave hull 알고리즘을 이용하여 다각형으로 만들어주며 겹치는 다각형은 병합하여 Map에 표시한다. 경로 찾기는

데이터베이스에 저장된 정보들을 바탕으로 공공 WiFi 찾기 알고리즘을 사용하여 출발지로부터 목적지까지의 경로를 Map 에 표시한다.

3.2. 공공 WiFi 찾기 알고리즘 설정

Public WiFi Zone 을 지나는 경로를 설정하기 위하여 A* 알고리즘의 비용 F, G, H 는 아래와 같이 설정한다. 비용 F 를 계산할 때는, $G\{ (시작\ 노드\ 부터\ 해당\ 노드\ 까지\ 의\ 거리) - (Wi-Fi\ 를\ 사용할\ 수\ 있는\ 거리) \}$, $H(해당\ 노드\ 부터\ 목표\ 노드\ 까지\ 의\ 유클리드거리)$ 의합을 이용하며 서버는 Client 로부터 경로 찾기 요청이 들어왔을 때 A* 알고리즘의 연산 부담을 줄이기 위하여 각 노드의 G 값을 미리 구하여 데이터베이스에 저장한다.

IV. 시스템 구현 및 실험

4.1. 시스템 구현 환경

데이터 수집을 위한 Client System 은 Android Studio 를 사용하여 구현하였다. Server System 은 3.30GHz 쿼드코어의 Intel Xeon E3-1225 v5 CPU 와 32GB 의 RAM 으로 구성되고 운영체제는 우분투 서버 16.04.5 LTS 가 사용되었으며 경로 찾기에 필요한 지도는 Daum Kakao Map API [10]를 사용하였다. 또한 데이터베이스는 클라우드의 우분투 서버 16.04.5 LTS 운영체제에서 MySQL [11]을 사용하였다.

4.2. 시스템 구현

▪ 클라이언트 시스템 구현

Client System 은 Android Studio 를 사용하여 어플리케이션으로 구현하였으며 그림 6 의 의사코드 동작을 통해 데이터를 측정하고 수집한다. 어플리케이션은 연결된 Wi-Fi 가 변할 때 WiFi 의 SSID, BSSID, RSSI 를 저장한다. 사용자가 보내기 버튼을 클릭하면 클릭 당시 위도 경도를 측정하여 위에 저장된 SSID, BSSID, RSSI 와 함께 서버의 데이터베이스에 전송한다. 사용자의 위치가 지도에 표시된다. 또한 Web View 로 구현된 어플리케이션에 나타나는 지도를 클릭하여 해당 위도 경도에 출발지와 도착지를 정할 수 있으며 출발지와 도착지를 정하고 경로 찾기 버튼을 누르면 공공 WiFi 찾기 알고리즘을 이용하여 계산된 경로를 제공 받는다.

```

0: If Change WiFi
1:   BSSID ← BSSID of Wi-Fi
2:   RSSI ← RSSI of WiFi
3:   SSID ← SSID of WiFi
4: CASE Send Button Select
5:   Lat ← Latitude
6:   Lon ← Longitude
7:   SaveDatabase[BSSID,RSSID,SSID,Lat,Lon]
8: CASE Current location Button Select
9:   Lat ← Latitude
10:  Lon ← Longitude
11:  ShowCurrentLocation[Lat,Lon]
12: CASE FindPath
13:  sLat ← Starting Latitude
14:  sLon ← Starting Longitude
15:  dLat ← destination Latitude
16:  dLon ← destination Longitude
17:  AStar[sLat,sLon,dLat,dLon]
    
```

Figure 6. Client system

▪ 서버 시스템 구현

Field	Type	Null	Key	Default	Extra
Number	int(11)	NO	PRI	NULL	auto_increment
Latitude	double	NO		NULL	
Longitude	double	NO		NULL	
MAC_AP	varchar(255)	NO		NULL	
RSSI	int(11)	NO		NULL	

Figure 7. WiFi Data

Server System 은 경로 찾기 서비스를 위한 지도와 경로 찾기 서비스에 필요한 데이터를 저장하는 Database 로 나뉜다. Database 에는 그림 7 과 같이 Client 로부터 수집된 WiFi 의 정보를 저장한다. 수집된 데이터들을 가지고 그림 8 의 동작을 통하여 WiFi Zone 을 시각화 한다.

```

0: macList ← BSSID of WiFi in Database
1: wifiZoneList
2: loop: macList.length
3: spotList ← Wifi Data with BSSID of macList[n]
4: wifiZoneList ← ConcaveHull[spotList]
5: result ← cascaded_union[wifiZoneList]
6: loop: result.length
7: Save result[n] to database

```

Figure 8. WiFi Zone Visualization

데이터베이스에서 Client 가 저장한 모든 데이터를 Query 한다. 반환된 결과를 BSSID 별로 나누는데 데이터의 개수가 3 개 이하이면 다각형을 통해 영역을 표시 할 수 없기 때문에 그 데이터들을 버린다. 만약 3 개 이상하면 Concave hull 알고리즘을 이용하여 다각형으로 만든다. 모든 데이터가 이 과정을 끝내면 cascade_union 라이브러리를 통하여 겹치는 다각형을 병합한다. 결과 값이 Public WiFi Zone 이 되며 Database 에 저장한다.

Field	Type	Null	Key	Default	Extra
Number	int(11)	NO	PRI	NULL	auto_increment
mNode	int(11)	NO		NULL	
Latitude	double	NO		NULL	
Longitude	double	NO		NULL	
pNode	varchar(255)	NO		NULL	

Figure 9. Positioning Information

지도는 PHP [12]와 Daum Kakao Map API [10]를 사용하여 구현하였다. Daum Kakao Map API 는 지도에서 선택된 위치의 정보를 지원하지 않기 때문에 현재 선택된 위치와 인접한 위치의 정보를 알 수 없기 때문에 공공 WiFi 찾기 알고리즘을 사용 할 수 없으므로 그림 9 와 같이 위치의 정보를 저장 한다. mNode 는 갈림길이 있는 위치의 번호이며 mNode 의 위도 경도를 저장한다. pNode 는 mNode 에서 갈 수 있는 인근 노드를 저장한다.

```

0: wifiList ← WiFi Zone Data in Database
1: loop: wifiList.length
2:   if (mNode and pNode exist in WiFi Zone)
3:     return G=0
4:   else if (mNode or pNode exist in WiFi Zone)
5:     return G=((Distance of two nodes) - (WiFi Zone distance between two nodes))
6:   else if (mNode and pNode not exist in WiFi Zone)
7:     if (no wifi zone between two nodes)
8:       return G=Distance of two nodes
9:     else
10:      return G=((Distance of two nodes) - (distance in Wi-Fi Zone))
11: Save Distance Data
    
```

Figure 10. Pseudo code to obtain G value of a node

Field	Type	Null	Key	Default	Extra
Number	int(11)	NO	PRI	NULL	auto_increment
mNode	int(11)	NO		NULL	
pNode	int(11)	NO		NULL	
G	double	NO		NULL	
mX	double	NO		NULL	
mY	double	NO		NULL	
pX	double	NO		NULL	
pY	double	NO		NULL	

Figure 11. Database for G value of a node

Client 에서 경로 찾기 응답에 대해 연산을 줄이기 위하여 그림 10 의 동작을 통하여 공공 WiFi 찾기 알고리즘에 이용할 각 노드의 G 값을 미리 계산하여 그림 C 와같이 데이터베이스에 저장한다. 의사코드 A 에서 계산한 Wi-Fi Zone 데이터와 그림 B 에서 저장된 데이터를 가지고 공공 WiFi 찾기 알고리즘에 필요한 가중치 값을 계산하여 그림 11 과 같이 각 노드 쌍에 대한 G 값을 저장한다.

마지막으로 Client 가 경로 찾기를 선택하면 공공 WiFi 찾기 알고리즘을 사용하여 경로를 표시해준다. 출발지와 도착지가 노드 쌍의 경로에 존재하면 출발지와 도착지의 인접노드는 그 노드쌍이 되고 경로에 존재하지 않으면 인접노드는 가장 가까운 노드가 된다.

4.3. 실험 결과

▪ WiFi Zone 생성

WiFi Zone 생성을 위하여 대구가톨릭대학교 학내를 WiFi 애플리케이션을 통하여 측정하였다. 클라이언트가 수집한 WiFi 의 데이터들은 그림 12 와 같이 Database 에 좌표형식(점)으로 저장되어있다. WiFi Zone 을 표시해야 함으로 이러한 점들을 다각형으로 나타내기 위해서 Concave hull 알고리즘을 사용하여 그림 13 과 같이 나타내었다.



Figure 12. Initial WiFi Data

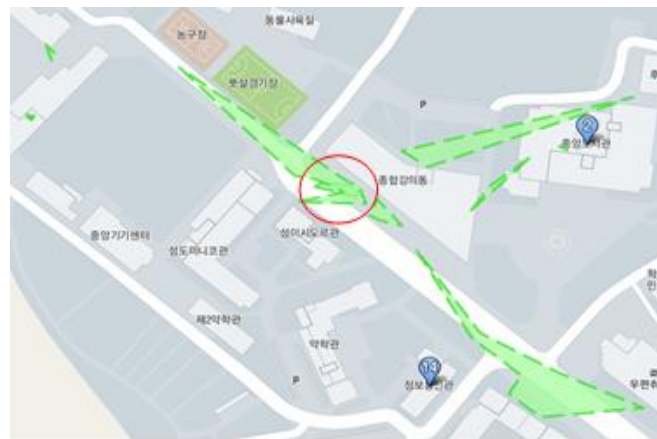


Figure 13. Building WiFi Zone: Step 1

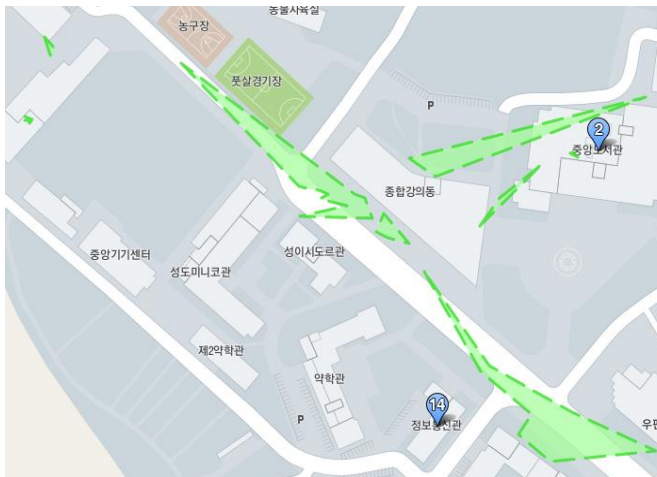


Figure 14. Building WiFi Zone: Step 2

그림 13의 문제점은 WiFi Zone을 표시한 다각형이 겹치기 때문에 공공 WiFi 찾기 알고리즘 F를 계산함에 있어서 같은 WiFi Zone을 여러번 계산하는 단점을 가지고 있다. 이러한 단점을 없애기 위하여 그림 14와 같이 WiFi Zone을 표현한 다각형을 병합해야한다. 다각형을 매끄럽게 병합하기 위하여 Python3의 shapely cascaded_union 함수를 사용하여 그림 14와같이 매끄러운 다각형을 구현하였다.

▪ WiFi Zone 기반 경로 찾기

실험을 임의의 출발지와 도착지를 정하여 경로 찾기를 실행하여 보았다.



Figure 15. Route selection of the existing system (Daum Kakao)



Figure 16. Route selection of the proposed system

다음 카카오에서 제공하는 경로 찾기인 그림 15 와 제안한 시스템인 그림 16 의 경로를 와이파이를 지나는 경로의 위도, 경도의 좌표를 이용하여 그림 17의 방법으로 비교해 보았다. 그림 15에서는 WiFi Zone 을 지나는 경우가 없으므로 0m 만큼 WiFi Zone 을 지나며 그림 16에서는 92.58m의 거리만큼 WiFi Zone 을 지났다.

```

0: loop: Exist route through WiFi Zone
1: lat1, lon1 ← lat and lon of before passing the WiFi zone
2: lat2, lon2 ← lat and lon of after passing the WiFi zone
3: dlon = lon2 - lon1
4: dlat = lat2 - lat1
5: a = sin(dlat / 2)**2 + cos(lat1) * cos(lat2) * sin(dlon / 2)**2
6: c = 2 * atan2(sqrt(a), sqrt(1 - a))
7: distance = R * c
    
```

Figure 17. Distance Measurement via WiFi Zone

V. 결론

재 정부는 가계 통신비 절감을 위한 방안으로 도심 밀집지역에 Public WiFi Zone 을 구축하고 있으며 이러한 WiFi 를 사용한 인터넷 이용률은 2000 년대부터 현재까지 꾸준히 증가하고 있다. 본 논문은 이러한 Public WiFi 를 더 효율적으로 사용하여 가계 통신비 절감에 기여하기 위하여 WiFi Zone 을 지나가는 경로 찾기 시스템을 구현하였다. 이 시스템은 클라이언트 디바이스에서 측정된 AP 정보를 데이터베이스 모듈에 저장하고 이 데이터를 통하여 WiFi Zone 을 생성한다. 생성된 데이터를 통하여 클라이언트는 WiFi Zone 을 지나가는 목적지까지의 경로를 제공받음으로 WiFi 를 더 효율적으로 사용하여 가계 통신비를 절감할 수 있다.

VI. 감사의 글

이 결과물은 2019 년도 대구가톨릭대학교 학술연구비 지원에 의한 것임 (20191197)

VII. 참고문헌

- [1] G. Kim and S. Lee, "Access Point Selection Algorithm for Densely Deployed IEEE 802.11 WLANs," The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences, Vol. 41, No. 6, pp. 707-713.
- [2] D.Y. Kim, D. Ko and S. Kim, "Network Access Control for Location-based Mobile Services in Heterogeneous Wireless Networks," Mobile Information Systems, Vol. 2017, ID 6195024, 2017.
- [3] H. Chung, J. Kim, G. Noh, J. Park, J. Lee, J. Lee and I. Kim, "Trends of Public Wi-Fi Technologies," ETRI Electronics and Telecommunications Trends, Vol. 33, No. 5, 2018.
- [4] S.U. Na, G.H. Gang and J.Y. Jeong, "A Study on the Effective Deploy Strategy of Wi-Fi," The journal of the Korean Institute of Communication Science, Vol. 30, No. 6, pp. 3-12.
- [5] B. Shim, H. Ahn, Y. Chung, S. Seo and D. Choi, "Reviews of the Promotion of the Public WiFi Service through Case Study Analyses," Proc. of Symposium of the Korean Institute of Communications and Information Sciences, 2015.
- [6] Y.H. Chang, S.B. Pyo, J. Y. Song and D.W. Park, "A Study on Hacking Attack When Free WiFi Internet Access in Smart Phone," Proc. of the Korean Society of Computer Information Conference, Vol. 19, No. 2, pp. 95-99, 2011.
- [7] D. Kim, "Damian's Wi-Fi On," Midasbooks, 2011.
- [8] M.S. Oh and S.J. Park, "A Weighted based Pre-Perform A* Algorithm for Efficient Heuristics Computation Processing," Journal of Korea Game Society, Vol. 13, No. 6, pp. 43-51, 2013.
- [9] A. Moreira and M. Y. Santos, "Concave Hull: A K-Nearest Neighbours Approach for the Computation of the Region Occupied by a Set of Points," Proc. of International Conference on Computer Graphics Theory and Applications, pp. 61-68, 2007.
- [10] Daum KaKao Map API, <https://apis.map.kakao.com>.
- [11] MySQL, <https://www.mysql.com>.
- [12] PHP, <https://www.php.net>.

저자 소개



신상원 (Sang-Won Shin)

2020년 2월 대구가톨릭대학교 컴퓨터소프트웨어학부 학사

관심분야: 모바일 네트워킹



이영찬 (Youngchan Lee)

2020년 2월 대구가톨릭대학교 컴퓨터소프트웨어학부 학사

2002년 3월~현재 대구가톨릭대학교 대학원 컴퓨터소프트웨어학과 석사

관심분야: 모바일 네트워킹, 머신러닝, 딥러닝



김대영 (Dae-Young Kim)

2010년 8월 경희대학교 대학원 컴퓨터공학과 박사

2010년~2013년 LIG 넥스원 통신연구센터 선임연구원

2013년~2015년 (주)에어플러그 선임연구원

2015년~2017년 8월 창신대학교 컴퓨터소프트웨어공학과 조교수

2017년 9월~현재 대구가톨릭대학교 컴퓨터소프트웨어학부 조교수

관심분야: 모바일 네트워킹 및 컴퓨팅, 머신러닝, 네트워크 시스템
