

스마트폰 블루투스/와이파이 신호기반 교통정보 생성 시스템 연구

Study of the System for Generating Traffic Information Based on Smartphone Bluetooth and WiFi Signal

남궁근* · 이상선**

* 주저자 : 한양대학교 전자컴퓨터통신공학과 석사과정

** 교신저자 : 한양대학교 융합전자공학부 교수

Keun Nam-gung* · Sangsun Lee**

* Dept. of Electronics and Computer Engineering., Univ. of Hanyang

** Dept. of Electronics Engineering., Univ. of Hanyang

† Corresponding author : Sangsun Lee, ssnlee@hanyang.ac.kr

Vol.19 No.1(2020)

February, 2020

pp.121~131

pISSN 1738-0774

eISSN 2384-1729

<https://doi.org/10.12815/kits.2020.19.1.121>

2020.19.1.121

Received 1 February 2019

Revised 14 February 2019

Accepted 18 February 2020

© 2020. The Korea Institute of Intelligent Transport Systems. All rights reserved.

요약

현재의 교통정보는 루프검지기나 영상검지기를 통해 수집된다. 이러한 방법은 날씨와 시간에 영향을 많이 받기 때문에 이를 대체할 교통정보 생성 시스템이 필요하다. 이러한 문제점을 해결할 수 있는 기술로 무선 네트워크를 이용한 교통정보생성 시스템이 연구 단계에 있다. 차량 내의 스마트폰을 이용하여 교통정보를 생성하는 시스템에 대해 제안하고 필드 테스트를 통해 얻어진 수집율과 통행시간 오차율을 통해 제안방법의 성능을 검증하였다. 또한 회전방향별 교차로 통행정보를 생성하는 알고리즘에 대해 제안하고 이러한 유효정보의 양을 증가 시키는 방안에 대해 제시하고 결과를 확인한다.

핵심어 : IEEE 802.11, 차세대 ITS, 차량 검지, 교통 정보

ABSTRACT

Current traffic information is collected through a loop detector or an image detector. This method is influenced by weather and time, so a traffic information generation system is needed to replace it. A system for generating traffic information using a smartphone in a vehicle is proposed and the performance of the proposed method is verified through the collection rate and the travel time error rate obtained through field tests. In addition, we propose an algorithm for generating intersection traffic information for each direction of rotation, suggest ways to increase the amount of valid information, and confirm the results.

Key words : IEEE 802.11, Next Generation ITS, Vehicle Detection, Traffic Information

I. 서론

차량 수의 증가에 따라 심화되고 있는 교통체증을 해결하기 위해 기존 교통 시스템에 ICT(Information and Communication Technology) 기술을 접목한 지능형 교통 시스템(ITS, Intelligent Transportation Systems) 연구가 전 세계적으로 진행되고 있다. 현재 우리나라는 많은 교통 체증을 겪고 있다. 도심에서의 교통체증을 해소하기 위해서는 가장 먼저 각 지역을 지나는 차량의 수를 파악하는 작업이 필요하다. 차량을 인지 할 수 있도록 차량검지를 위한 센서 융합 시스템 연구가 진행되고 있다. 레이더 센서는 검지율이 높고 빔, 우천, 눈과 같은 환경변화에 강하지만 가격이 비싸고 검지가 직관적이지 못하며, 전파의 난반사에 의한 오검지가 종종 발생한다. 비전 센서는 반대로 빔, 우천, 눈과 같은 환경변화에는 약하지만 가격이 저렴하고, 직관적인 검지가 가능하며, 설치와 관리가 간편하다(Kim, 2017). 센서 융합을 통한 검지체계의 공통적인 단점은 한 지점을 지나간 차량의 수를 파악 할 수 있지만 이 지점에 정체가 발생 하였는지 파악하기는 힘들다는 점이 있다. 교통정체를 해소 하기 위해서는 차량을 수를 파악하는 작업보다는 교차로와 교차로 사이를 지나가는 차량의 속도 정보를 파악하는 것이 교통 상황을 대변하는 정보로 필요하다(Jung, 2005).

본 논문은 센서를 이용한 차량검지 시스템의 단점을 보완할 수 있는 기술로 스마트폰 WiFi 신호를 이용한 차량 검지 방법을 제안하고자 한다. Pewresearch Center의 조사에 따르면 2018년 대한민국의 스마트폰을 보유한 성인 비율이 94%이다(Pewresearch Center, 2018). 스마트폰 단말기는 WiFi 기술을 통해 AP(Access Point)에 접근하여 데이터를 송 수신 할 수 있다. 이러한 기술을 활용하여 AP의 관점에서 통신반경 안의 단말기의 정보를 감지한다면, AP 주변에 WiFi 단말기가 몇 대인지 파악 할 수 있게 되고, 교통정보를 얻기 위하여 교차로 마다 AP를 설치하게 된다면 단말기의 이동 경로를 알 수 있다. 이동경로와 시간을 통해 차량의 진행 속도정보를 얻을 수 있고 이를 통해 도로의 정체 유무를 파악하여 정체를 해소할 수 있도록 신호등제어를 하는데 사용하게 된다면 정체로 인해 발생하는 사회적 손실을 줄 일 수 있다.

본 논문에서는 개포·대치동의 교차로 구간에 Bluetooth와 WiFi 신호를 감지할 수 있는 무선 네트워크 검지장치를 설치한 후 Probe Car를 운영하여 스마트폰 무선신호가 무선 네트워크 검지장치에 검지되고 이를 통해 구간 통행 정보를 생성하는지 알아보았다.

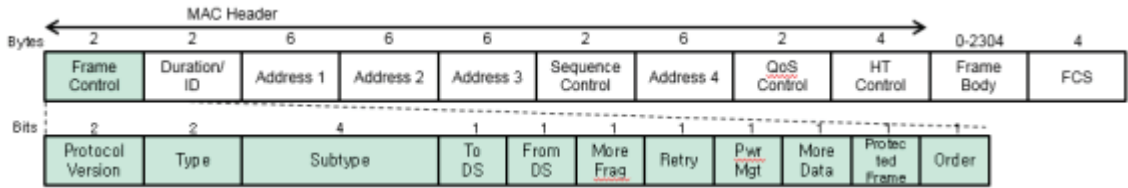
II. 관련 연구

Bluetooth와 WiFi는 무선 근거리 통신망을 위한 컴퓨터 무선 네트워크에 사용되는 기술이다. 본론에서는 무선통신기술인 Bluetooth와 WiFi 신호를 수집하는 시나리오에 대해 연구하고, 이를 교통신호체계에 활용하기 위해 데이터를 가공하는 알고리즘을 제안한다. WiFi의 무선랜 표준을 기반으로 하는 무선 신호를 수집하는 방법과 사용되는 프로브 요청 프레임의 Frame Control 필드의 내용과 MAC주소의 구성이 어떻게 구성되는지 설명한다.

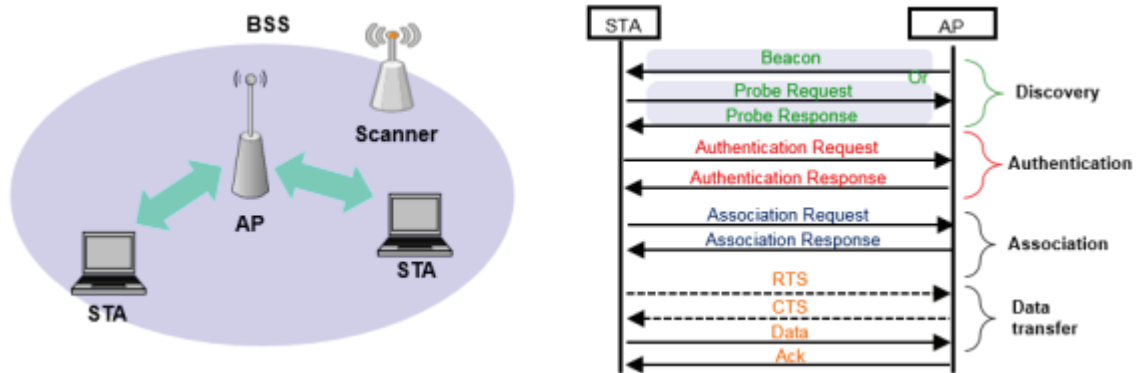
1. 무선 신호 수집

스마트폰 Wi-Fi 신호를 수집 시, 802.11 MAC 계층 Frame format은 <Fig. 1>과 같다. Address field에서 각 스마트폰의 식별인자를 수집할 수 있다. 그림 3에서 보는 바와 같이 발견, 인증, 결합, 데이터 전송 단계에서 MAC frame format은 각각 조금씩 달라지지만 주소 필드는 어느 단계에서나 Frame format에 포함되어 있기

때문에 스마트폰이 교통정보 수집용 AP와 통신을 시작하는 단계부터 스마트폰의 식별인자를 확인할 수 있는 경우는 다양하다고 볼 수 있다.

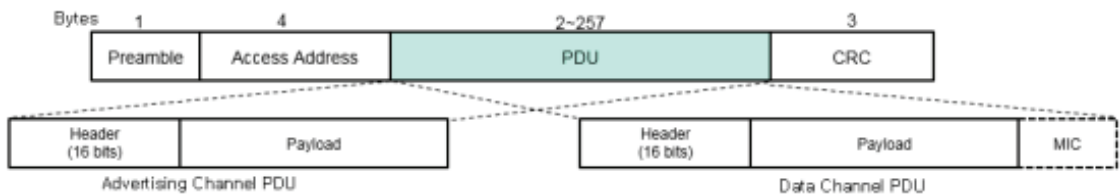


<Fig. 1> 802.11 MAC frame format

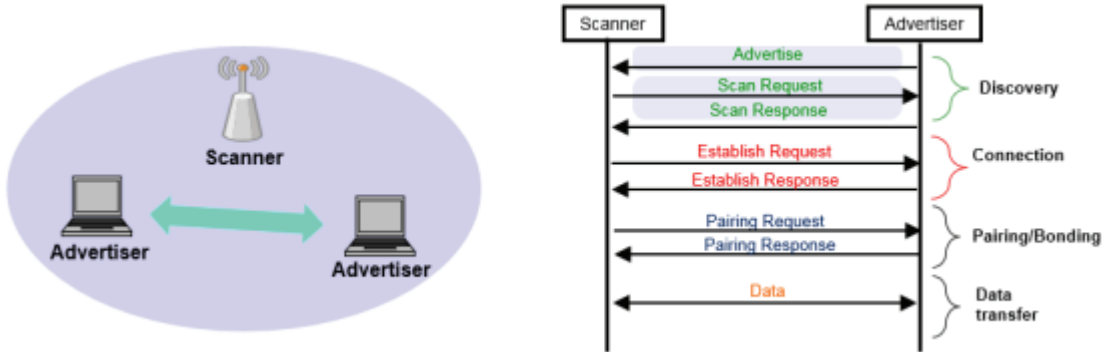


<Fig. 2> 802.11 Wi-Fi communication process

스마트폰 Bluetooth 신호는 차량 내 스마트폰이 차량 오디오 등을 이용하기 위해서 사용했을 때 감지할 수 있다. Bluetooth Link 계층 Frame format을 확인할 수 있으며 Advertising channel PDU 내 Payload에서 스마트폰 식별인자를 확인할 수 있고, Data Channel PDU에서는 Access Address에서 스마트폰 식별인자를 확인할 수 있다. 그 식별인자는 Wi-Fi 신호보다 수집률이 낮을 것으로 예상되며 스마트폰과 차량의 Bluetooth를 연결한다고 가정했을 때, 먼저 스마트폰이 연결하기 위해 Advertising 메시지를 전송하고, 연결 대상자는 Scanning을 하면서 서로를 확인하게 된다. 이 과정에서 스마트폰이 연결요청하기 위해 Advertising channel PDU 내에서 식별인자를 확인할 수 있고, 연결이 완료되고 데이터를 주고받을 때에는 Data channel PDU 내에서 식별인자를 확인할 수 있음을 알 수 있다.



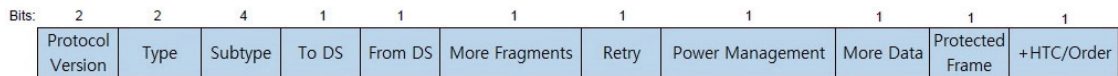
<Fig. 3> Bluetooth frame format



<Fig. 4> Bluetooth communication process

2. 프로브 요청 프레임

프로브 요청 프레임은 무선 네트워크망에 접속하기 위하여 주변에 어떠한 AP들이 있는지 스캔하기 위한 프레임이다. 프로브 요청 프레임의 Frame Control 은 <Fig. 5>과 같은 형태로 구성이 된다(IEEE, 2016).



<Fig. 5> Frame control field of Probe request frame

Frame Control 필드에는 16 bit의 데이터가 자리하게 되며 의미하는 내용은 다음과 같다. Protocol Version 서브필드는 2 bit에 해당하며, IEEE 802.11 메시지의 현재 프로토콜 버전을 의미한다. 프로토콜 버전은 현재 “00” 값을 가지게 된다. Type을 나타내는 서브필드에는 이 프레임이 관리 프레임(Management Frame)인지, 제어 프레임(Control Frame)인지, 데이터 프레임(Data Frame)인지, 확장 프레임(Extension Frame)인지 나타낸다. 프로브 요청 프레임은 관리 프레임 중 하나로 이를 나타내는 “00” 값을 갖는다. Subtype 서브필드에는 프로브 요청 프레임을 나타내는 “0100” 값을 갖게 된다. To DS 와 From DS는 각각 1 bit에 해당하며, 무선망을 확장 시키는 분산시스템(Distributed System)을 기준으로 프레임을 전달하는지를 나타내는 역할을 한다. More Fragments 서브필드는 데이터 프레임의 길이가 길어져 메시지를 나누어 전송을 하게 될 경우 이를 알려주는 역할을 한다. Retry 서브필드는 메시지의 전송이 제대로 전달되지 않았다고 판단이 되어 메시지를 다시 재전송 하게 될 경우 이전 메시지와 구분하기 위해 사용하는 필드이다. Power Management 서브필드의 경우 해당 메시지를 전송한 이후 단말기가 절전모드로 전환되는지 나타내는 필드이다. More Data 서브필드는 일반적으로 버퍼가 있는 AP에서 절전모드에 있는 단말로 프레임을 전송할 때 보내려는 메시지가 적어도 1개 이상일 경우 이를 나타내기 위하여 사용한다. Protected Frame 서브필드는 프레임 바디에 해당하는 내용이 암호화 알고리즘에 의해 보호되고 있을 경우 이를 나타내 주는 필드이다. +HTC/Order 필드의 경우 QoS(Quality of Service)를 지원하지 않는 단말에서 데이터 전송을 할 때 사용하거나 QoS데이터 또는 관리 프레임이 특정 정보를 포함한 포맷으로 전송할 때 사용한다(Choi et al., 2005).

3. MAC 주소

MAC 주소는 네트워크 세그먼트의 데이터 링크 계층에서 통신을 위한 네트워크 인터페이스에 할당된 고유 식별자이다. IEEE에 의해 MAC 주소가 관리되고 정해진 규칙을 따라 만들어진다. 지역적으로 관리되는 MAC 주소를 제외하고, 일반적인 MAC 주소는 각각의 장비 벤더별로 고유한 번호를 갖고 있어서 본 정보를 통해서 해당 하드웨어의 제조사를 확인할 수 있다. MAC 주소는 총 48 bit 로 구성되며, 이 중 첫 24비트는 OUI(Organizational Unique Identifier) 제조업체의 식별코드로 사용된다. 이 MAC 주소 관리를 통해 스마트폰 제조사에 해당하는 OUI만을 조회할 경우 무선 단말기의 검지장치에 수집된 정보 중 스마트폰의 신호만을 필터링 할 수 있게 된다.

Ⅲ. 제안 방법

1. 무선 신호 검지장치

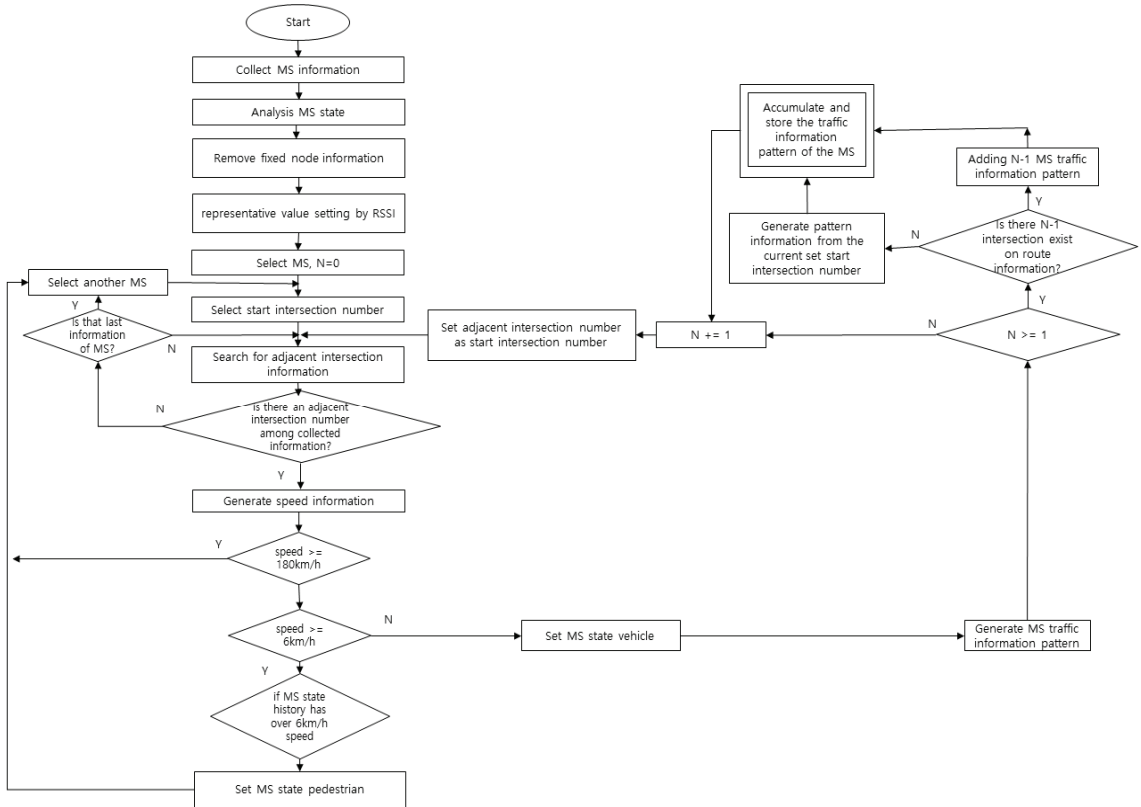
교통 정보를 생성하기 위해서 AP의 역할을 수행 할 수 있는 장비로 크리웨이브社의 특허 제품을 사용하였다. 이 장비는 운전자의 이동단말기로부터 송출되는 정보를 이용하여 교통정보를 생성하도록 구성된 수집장치로서 수집된 접속정보들을 단말기 식별정보별로 분류한 후 접속정보들의 노변중계기 식별정보들을 통해 경로를 생성하는데 사용되었다(Ann et al., 2018).

2. 서버 데이터

단말기의 프로브 요청 프레임과 데이터 프레임을 통해 무선신호 검지장치가 추출하는 정보는 MAC 주소, WiFi의 주파수, 수신 신호세기가 되고, 각 무선신호 검지장치의 위치를 알 수 있게 해주는 무선 네트워크 검지장치 ID 와 수집한 정보가 서버에 저장된 시간을 기록하여 사용하게 된다. MAC 주소는 단말을 구분해 주는 값으로 고유한 값을 가진다. 이 정보를 무선 신호 검지 장치를 통해 수집하게 되며, 각 교차로에 설치된 무선 신호 검지 장치의 데이터를 통합 관리하기 위하여 서버로 전송을 하고 이를 저장을 하여 관리하게 된다.

3. 차량 교통정보 생성 알고리즘

서버의 데이터를 통해 우리가 알 수 있는 정보는 단말기가 검지된 교차로의 번호, 검지 된 단말기의 MAC 주소, 단말이 검지된 시간, 검지된 신호의 데이터타입, 무선 신호의 세기를 알 수 있다. 이 정보만으로는 교통상황을 알 수 없기 때문에 이를 위해서 데이터를 가공하는 방법과 차량 내부에 위치한 스마트폰으로 보기 어려운 데이터를 분류 하는 방법에 대해 제안한다.



<Fig. 6> Traffic data algorithm

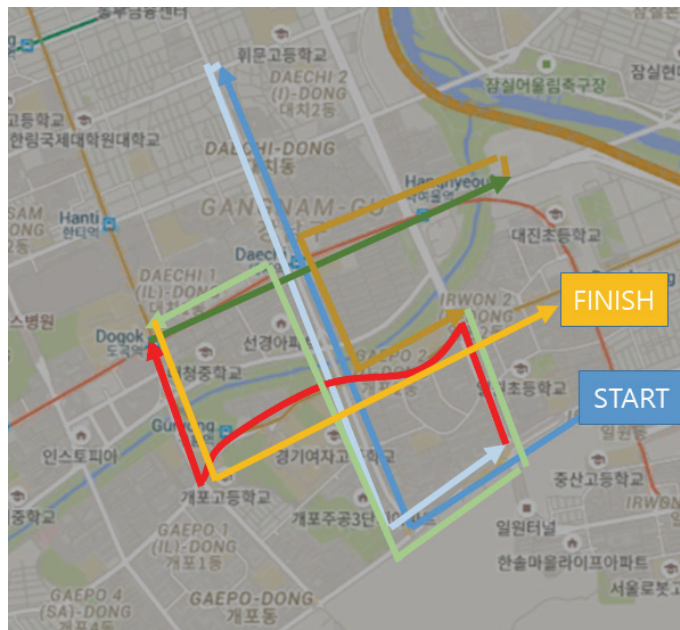
<Fig. 6>은 무선신호검지장치를 통해 수집된 데이터를 활용하여 유효정보를 생성하는 알고리즘을 나타낸다. 무선 신호검지장치를 통해 검지된 교차로, 단말의 타입, 검지된 신호의 크기별로 단말의 상태를 분석한다. 검지된 데이터의 패킷 분석을 통해 고정된 위치에 설치된 AP의 데이터는 필터링하여 제거하는 작업을 수행한다. 검지된 신호의 크기인 RSSI(Received Signal Strength Indicator)값을 이용하여 단말의 특정 교차로에 대한 대표시간을 설정한다. 시간 순서상 가장 먼저 검지된 단말을 선정하여 차례로 단말을 지정하여 단말이 인접 교차로에 검지되었는지 검색한다. 다음 대푯값 정보가 인접교차로에 해당하는 정보일 경우 각 교차로를 지날 때 시간 정보를 바탕으로 한 교차로에서 다른 교차로로 이동하는데 걸린 시간을 산출 할 수 있다. 두 교차로 사이의 거리와 시간정보를 바탕으로 단말의 이동속도를 계산하게 되며 이 값의 크기에 따라 차량과 보행자 정보로 구분하여 차량으로 판단될 경우 유효패턴정보로 필터링하여 정보를 저장한다. 유효 패턴 정보의 경우 두 구간(교차로) 사이의 단말의 이동속도, 거리, 이동방향 정보를 생성하여 가지게 된다. 이 구간 정보를 바탕으로 회전방향별 교차로 패턴정보를 산출하는 알고리즘 고도화 작업을 진행한다.

4. 회전방향별 교차로 통행정보 생성 알고리즘

회전방향별 교차로 통행 패턴정보 생성 알고리즘의 경우 교차로에서 차량의 진행 방향에 따른 신호 대기 시간이 각각 다르기 때문에 이를 분류하여 도로의 교통상황을 파악하기 위해 설계된 알고리즘 이다. 기존 유효정보 필터링 알고리즘을 통해 만들어진 구간 정보를 활용하여 검지된 교차로의 수가 3곳 이상일 경우 단

해당 필드에서 Probe Car를 운영하여 차량 내부에서 송신한 스마트폰의 신호를 수집할 수 있는지 확인하는 실험을 진행하였다. 무선 네트워크 검지장치가 차량 신호등에 설치되었기 때문에 교차로의 한 가운데 위치해 있지 않다는 문제가 있고, 이는 스마트폰 단말기와와의 거리에 영향을 미치는 요인이다. 또한, 주변 건물의 영향으로 인해 통신이 원활하게 될 것이라 예상할 수 있는 가시거리에 무선 네트워크 검지장치가 위치하지 않게 된다. 이러한 특성을 확인하기 위하여 필드테스트 구간에 Probe car 운영하면서 단말의 검지율을 확인해보고 Prove car가 정지선을 지나 교차로를 통과할 때의 시간을 기록하여 차량이 실제 지나간 시점과 단말의 무선신호가 검지되어 대표시간으로 선정된 시간 사이의 차이를 확인하는 실험을 진행하였다.

Wi-Fi의 경우 단말이 슬립모드로 전환 될 경우 데이터를 전송하는 주기가 길어져 검지가 어렵다는 단점이 있다. 이를 해결하기 위해 실험을 진행한 단말의 상태는 다음과 같다. 실험 단말 1은 핫스팟을 작동하고 실험 단말 2와 연결한다. 실험 단말 2는 스트리밍 데이터를 사용하며 차량과 블루투스 페어링을 통해 스트리밍하는 음성이 차량 내 스피커에서 출력되도록 구성하여 실험을 진행하였고 교통정보 수집 서버에는 실험 단말 2를 통해 생성되는 데이터를 바탕으로 검지율과 통행 시간 산출 정확도를 구하였다.



<Fig. 8> Probe car driving route

차량의 이동경로는 <Fig. 8>과 같이 구성하여 3회씩 진행하였다.

또한 해당 시스템을 운영하여 수집된 정보를 바탕으로 회전방향별 교차로 통행패턴정보를 생성하는 알고리즘을 구현하여 생성되는 정보량을 확인하는 실험을 진행하였다. 연속된 세 교차로에서 단말의 신호가 검지되어 통행패턴정보를 만들었을 때의 생성되는 정보의 양과 방향정보를 생성할 수 있는 진출교차로에 해당하는 정보가 연속되지 않아도 패턴정보를 만들 수 있도록 보완된 알고리즘을 적용하여 생성되는 정보의 양을 비교하였다. 회전방향별 경로에 따라 5분간 해당 경로를 이동이 검지된 단말들에 대하여 속도가 어떻게 발생하는지 분석할 수 있는 프로그램을 설계하였고 데이터는 한 시간 동안 축적 된 단말의 검지 정보를 기반으로 알고리즘에 적용하여 각 3회씩 진행하였다.

2. 실험 결과

검지장치가 설치된 위치는 신호제어기와의 거리, 차량 신호등의 기동을 고려하여 설치되기 때문에 교차로의 한 가운데 위치해 있지 않다는 문제가 있고, 이는 스마트폰 단말기와의 거리에 영향을 미치는 요인이 되었고, 이에 대한 수신율을 확인하기 위해 Probe car를 운영하여 수집율을 확인해 보았다. 또한 수집된 정보를 통해 교차로를 이동하는데 걸린 시간을 계산하여 실제 이동하는데 걸린 시간을 기준으로 하여 통행시간 오차율을 계산하였다.

<Table 1> Detection time and travel time error rate

Round	intersection cid	Actual measurement time	Detection rate			travel time			Error rate					
			BT	WiFi	interval	BT	WiFi	BT	WiFi	BT	WiFi			
1	17	12:09:18	12:09:18	12:09:19										
	11	12:09:51	12:09:50	12:09:52	33	32	33	3.03%	0.00%					
	12	12:11:40	12:10:11	12:11:41	109	21	109	80.73%	0.00%					
	5	12:12:25	12:12:27	12:12:27	45		46	2.22%	0.00%					
	2	12:14:54	12:14:56	12:14:56	149		149	0.00%	0.00%					
	2	12:20:36	12:20:35	12:20:35			151	3.42%						
	5	12:23:02	12:23:07	12:23:06	146		143	12.50%	10.43%					
	13	12:23:50	12:23:48	12:23:49	49	42	43	12.50%	10.43%					
	11	12:25:25	12:25:08	12:25:30	95	79	101	16.84%	6.32%					
	17	12:26:37	12:26:42	12:26:42	72		72	0.00%	0.00%					
	14	12:30:56	12:30:56	12:31:05	359		263	1.54%						
	12	12:31:43	12:31:56	12:31:49	47	60	44	27.66%	6.38%					
	12	12:32:08	12:32:09	12:32:12	25	13	23	48.00%	8.00%					
	9	12:34:18	12:34:15	12:34:15	130		123	5.38%						
4	12:35:57	12:35:55	12:35:59	99		104	5.05%							
5	12:37:57	12:37:57	12:37:54	120	122	115	1.67%	4.17%						
6	12:40:00	12:40:03	12:40:03	123		129	4.88%							
6	12:47:44	12:47:19	12:47:45											
5	12:49:20	12:49:25	12:49:25	96		100	4.17%							
12	12:51:04	12:50:27	12:51:04	104		99	4.81%							
13	12:51:45	12:51:45	12:51:47	41	78	43	90.24%	4.88%						
14	12:52:20	12:52:15	12:52:22	35	30	35	14.29%	0.00%						
17	12:53:57	12:53:54	12:53:58	97	99	96	2.06%	1.03%						
11	12:55:45	12:55:35	12:55:45	108	101	107	6.48%	0.93%						
12	12:56:11			26										
5	12:58:21	12:57:24	12:58:26	130		91	1.09%							
4	12:59:53			12										
9	13:02:20	13:02:29	13:02:29	147		147								
12	13:04:08	13:04:14	13:04:05	108	105	101	2.78%	6.48%						
13	13:05:07	13:05:04	13:05:06	99	50	61	15.23%	3.39%						
14	13:07:45	13:05:41	13:07:41	198	37	155	76.58%	1.90%						
2	17	13:54:46		13:54:47										
	11	13:56:26		13:56:07	100		80	20.00%						
	12	13:56:56		13:56:57	30		50	66.67%						
	5	13:59:00		13:59:01	124		124	0.00%						
	2	14:01:32		14:01:38	152		157	3.29%						
	2	14:15:13	14:15:13	14:15:17										
	5	14:15:53	14:15:53	14:15:56	40	40	39	0.00%	2.50%					
	12	14:18:08		14:18:46	135		52	61.49%						
	11	14:18:31		14:18:32	23		104	352.17%						
	17	14:20:00	14:20:10	14:20:09	89	99	97	11.24%	8.99%					
	14	14:23:29	14:23:40	14:23:36	209	210	207	0.48%	0.96%					
	13	14:24:00	14:23:58	14:24:05	31	19	29	38.71%	6.45%					
	12	14:24:26	14:24:30	14:24:31	26	31	26	19.23%	0.00%					
	9	14:25:40		14:25:45	74		74	0.00%						
4	14:28:03		14:28:03	143		138	3.50%							
5	14:30:32		14:30:34	149		151	1.34%							
6	14:32:28	14:32:23	14:32:33	116		119	2.59%							
6	14:40:10	14:40:20	14:40:12											
5	14:41:53	14:41:55	14:41:59	102	108	100	5.88%	1.96%						
12	14:43:34	14:43:32	14:43:37	102	97	105	4.90%	2.94%						
13	14:43:53	14:43:56	14:43:52	21	24	15	14.29%	28.57%						
14	14:44:33	14:44:36	14:44:30	38	40	38	5.26%	0.00%						
17	14:46:18	14:46:15	14:46:17	105	99	107	5.71%	1.90%						
11	14:46:46		14:46:46	28		29	3.57%							
12	14:48:40	14:48:02	14:48:41	114		115	0.88%							
5	14:51:02	14:51:08	14:51:09	142	186	148	30.99%	4.23%						
4	14:54:47		14:54	225		222	1.33%							
9	14:57:27	14:57:24	14:57:24	160		153	4.38%							
12	14:58:50	14:58:53	14:58:48	83	79	84	4.82%	1.20%						
13	15:00:03	14:59:31	14:59:40	73	38	52	47.95%	28.77%						
14	15:00:34	15:00:38	15:00:38	31		68	87.10%							
3	17	15:06:08	15:07:10	15:07:13										
	11	15:07:15		15:07:03	67	49	82	26.87%	22.39%					
	12	15:07:36		15:07:37	21		24	14.29%						
	5	15:09:01		15:09:03	85		86	1.18%						
	2	15:11:25		15:11:28	144		145	0.68%						
	2	15:19:21		15:19:21	161		473							
	5	15:22:05		15:22:05	161		164	1.86%						
	12	15:23:26	15:23:30	15:23:34	94		89	5.32%						
	11	15:24:01	15:24:01	15:24:01	25	31	27	24.00%	8.00%					
	17	15:25:21	15:25:46	15:25:29	80	107	88	33.75%	10.00%					
	14	15:30:08	15:30:19	15:30:14	287	271	285	5.57%	0.70%					
	13	15:31:42		15:31:50	94		96	2.13%						
	12	15:32:04	15:32:06	15:32:09	22		19	13.64%						
	9	15:33:36		15:33:30	92		81	11.96%						
4	15:35:16		15:35:19	100		109	9.00%							
5	15:37:11		15:37:11	115		112	2.61%							
6	15:39:20	15:39:23	15:39:23	129		132	2.33%							
6	15:52:01	15:51:18	15:52:02											
5	15:53:53		15:53:54											
12	15:55:47	15:55:47	15:55:42	112		112	0.00%							
13	15:56:43	15:56:35	15:56:37	56	48	55	11.11%	1.79%						
14	15:57:37	15:57:23	15:57:39	54	48	62	14.81%							
17	16:00:22		16:00:21	165		162	1.82%							
11	16:01:01	16:00:51	16:00:59	39		38	2.56%							
12	16:01:28		16:01:29	27		30	11.11%							
5	16:05:28	16:05:36	16:05:37	241		248	2.90%							
4	16:09:30		16:09	241		240	0.41%							
9	16:12:01	16:12:04	16:11:18	151		101	33.11%							
12	16:13:31	16:13:37	16:13:32	90	93	134	3.33%	48.89%						
13	16:14:06	16:14:00	16:14:03	35	23	31	34.29%	11.43%						
14	16:15:04	16:15:00	16:15:01	58		64	9.45	0.00%						

이 실험을 통해 Bluetooth의 경우 64.5%의 확률로 검지가 일어났으며, Wi-Fi의 경우 98.9%의 확률로 검지가 일어났다. Wi-Fi의 경우 Bluetooth에 비해 넓은 통신 반경을 갖기 때문에 차량과 신호검지장치의 거리가 멀리 떨어져 있어도 신호검지가 발생하는데 반해 Bluetooth의 경우 근거리통신에 적합한 통신 표준이기 때문에 검지될 확률이 떨어짐을 확인할 수 있었다. 평균 통행시간 오차율의 경우 Bluetooth의 경우 20.67%의 오차율을 가지며, Wi-Fi의 경우 12.48%의 오차율을 갖는다. 이러한 오차를 갖게 된 이유로는 차량의 경우 신호등의 정지신호에 의해 차량이 오랜 시간 대기하게 될 경우 검지된 여러 신호 값 중 대푯값을 선정하는데 있어 어려움을 가지게 되고 이로 인해 오차도 커지게 되는 문제가 발생하였다. 최대값의 RSSI를 대푯값으로 선정할 경우 신호검지장치에서 가장 가까운 위치라고 가정하였지만 차량이 신호대기로 인해 같은 장소에 오래 머물게 되었을 경우 검지된 신호들 중 대푯값을 선정하는데 있어서 신뢰도가 떨어지게 되었다. Bluetooth의 신호가 Wi-Fi보다 큰 오차율을 갖게 된 이유로는 Bluetooth의 경우 신호의 출력 크기가 이 Wi-Fi에 비해 일정하게 수신되지 않는다는 점을 확인하였다. 신호검지장치와 단말이 동일한 거리에 위치하여도 같은 크기의 RSSI값을 수신하지 않는다는 점이 큰 요인이 되었다. 또한, 차량이 신호검지장치의 밑에 위치하여 가장 가까운 위치에서 신호를 발생 시켜도 검지되지 않는 경우를 확인하였다. 이는 Bluetooth 신호의 경우 투과성이 떨어져 유리가 아닌 차량의 철강 부분을 신호가 투과할 경우 수신율이 많이 떨어짐을 확인할 수 있었다. 이러한 요인으로 인해 Bluetooth의 오차율이 더욱 증가 하게 되었다는 것을 확인할 수 있었다.

필드테스트 구간의 수집한 무선신호를 통하여 회전방향별 교차로 통행패턴정보 생성 알고리즘에 적용한

결과는 <Fig. 9>와 같다. id는 회전방향별 교차로 경로번호에 해당하며 dtype은 BT와 Wi-Fi를 구분하는 데이터 타입이다. h_cid(home_cid)는 기준 교차로, f_cid(from cid)는 진입교차로, t_cid(to_cid)는 진출 교차로를 의미하며 s_cid는 해당교차로의 방향별 신호를 제어하기 위한 id이다. 이후 해당경로에 5분 동안 검지된 차량의 평균속도와 최고속도, 최저속도, 표준편차와 패턴을 생성한 단말의 수를 표기하도록 설계하였다.

id	dtype	stime	etime	h_cid	f_cid	t_cid	s_cid	s_avg	s_max	s_min	s_sd	cnt
9	BT	11:00:00	11:04:59	4	5	3	873	55.124	55.124	55.124	0.000	1
17	BT	11:00:00	11:04:59	5	4	6	918	40.373	40.373	40.373	0.000	1
20	BT	11:00:00	11:04:59	5	6	4	921	23.510	23.510	23.510	0.000	1
23	BT	11:00:00	11:04:59	5	2	4	924	33.795	33.795	33.795	0.000	1
24	BT	11:00:00	11:04:59	5	2	6	925	9.187	9.187	9.187	0.000	1
32	BT	11:00:00	11:04:59	8	9	7	531	16.704	16.704	16.704	0.000	1
34	BT	11:00:00	11:04:59	8	3	15	533	31.325	47.515	15.838	9.895	6
40	BT	11:00:00	11:04:59	9	10	8	761	21.253	21.253	21.253	0.000	1
44	BT	11:00:00	11:04:59	9	4	10	765	19.883	21.069	17.510	1.678	3
46	BT	11:00:00	11:04:59	9	12	8	767	17.281	17.281	17.281	0.000	1
49	BT	11:00:00	11:04:59	10	16	9	536	25.401	54.239	10.771	16.931	4
51	BT	11:00:00	11:04:59	10	9	16	538	28.781	32.097	22.793	4.242	6
52	BT	11:00:00	11:04:59	10	9	11	539	20.163	20.163	20.163	0.000	1
54	BT	11:00:00	11:04:59	10	11	9	541	27.758	27.758	27.758	0.000	1
56	BT	11:00:00	11:04:59	11	17	12	790	35.161	62.202	25.838	13.791	5
59	BT	11:00:00	11:04:59	11	12	17	797	26.263	41.597	10.928	15.335	4
61	BT	11:00:00	11:04:59	12	9	11	848	24.927	25.633	24.221	0.706	2
62	BT	11:00:00	11:04:59	12	9	13	849	24.301	25.213	23.845	0.645	3
65	BT	11:00:00	11:04:59	12	11	13	852	11.021	11.021	11.021	0.000	2
66	BT	11:00:00	11:04:59	12	11	5	853	58.614	58.614	58.614	0.000	1
67	BT	11:00:00	11:04:59	12	13	9	854	26.825	26.825	26.825	0.000	1
69	BT	11:00:00	11:04:59	12	13	5	856	27.013	29.264	24.762	2.251	2
70	BT	11:00:00	11:04:59	12	5	9	857	17.857	17.857	17.857	0.000	1
71	BT	11:00:00	11:04:59	12	5	11	858	31.396	38.349	20.701	7.439	4
72	BT	11:00:00	11:04:59	12	5	13	859	25.153	25.153	25.153	0.000	2
1	BT	11:05:00	11:09:59	4	9	3	866	18.511	18.511	18.511	0.000	1
4	BT	11:05:00	11:09:59	4	3	9	869	27.322	38.344	15.396	9.390	3
5	BT	11:05:00	11:09:59	4	3	5	870	15.501	28.623	11.045	4.246	21
8	BT	11:05:00	11:09:59	4	5	3	873	22.347	56.205	14.930	10.037	20
10	BT	11:05:00	11:09:59	4	1	9	875	18.605	18.605	18.605	0.000	2
11	BT	11:05:00	11:09:59	4	1	3	876	27.641	31.602	19.718	5.602	3
12	BT	11:05:00	11:09:59	4	1	5	877	29.961	29.961	29.961	0.000	1
13	BT	11:05:00	11:09:59	5	12	4	914	22.069	22.069	22.069	0.000	1
14	BT	11:05:00	11:09:59	5	12	6	915	8.384	8.384	8.384	0.000	2
17	BT	11:05:00	11:09:59	5	4	6	918	21.453	54.084	9.217	13.407	20
20	BT	11:05:00	11:09:59	5	6	4	921	16.023	50.156	9.028	10.630	13
21	BT	11:05:00	11:09:59	5	6	2	922	19.626	19.626	19.626	0.000	1
23	BT	11:05:00	11:09:59	5	2	4	924	19.131	27.428	7.820	7.229	6
24	BT	11:05:00	11:09:59	5	2	6	925	6.980	7.422	6.759	0.312	3
25	BT	11:05:00	11:09:59	8	15	7	524	30.433	41.101	19.766	10.667	2

<Fig. 9> Simulation result

<Table 4>은 회전방향별 교차로 통행정보를 생성하는 데이터의 양을 보여준다. 기존 방안을 적용한 알고리즘의 경우 변경 전에 해당하며, 1회차의 증가율은 8.1%, 2회차 7.3%, 3회차 7.6%이다. 결과를 통해 특정 경로의 경우 차량의 이동 빈도수가 적어 생성되는 통행정보 또한 적은 곳도 있지만 생성되는 교통 정보의 데이터가 많아 필드테스트 구간의 통행 정보를 파악하기에 유용한 구간이 존재함을 볼 수 있었다. 데이터 생성이 부족하다고 판단되는 구간을 보완하기 위해 해당 알고리즘을 적용할 경우 생성되는 정보의 양을 증가시킬 방안이 될 수 있다고 판단된다.

<Table 2> Generated Data comparison

Round	BT		WiFi		Total		
	Before	After	Before	After	Before	After	Increase rate
1	1720	1844	1753	1909	3473	3753	8.1%
2	1459	1579	1771	1888	3230	3467	7.3%
3	1419	1560	1491	1571	2910	3131	7.6%

V. 결 론

본 논문에서는 무선신호 수집 시나리오에 대해서 분석하고, 교차로 지점에서 수집 가능한 무선 신호의 특성을 연구하였다. 또한 수집한 데이터를 바탕으로 도로의 상황을 파악 할 수 있는 구간정보를 생성 할 수 있도록 알고리즘을 제시하였다. 제안하는 알고리즘의 유효성을 평가하고자 실제 무선 네트워크 검지장치가 설치된 도심지 도로 환경에서 Probe Car를 사용한 실 환경 기반의 실험을 진행하여 Bluetooth 64.5%, Wi-Fi 98.9%의 수집율을 보였다. 또한 실제 Probe car가 정지선을 지날 때 시간을 기록한 값을 바탕으로 교차로 간 이동한 시간과 수집된 데이터를 바탕으로 이동하는 데 걸린 시간을 가지고 오차율을 구하는 결과를 보였다. 그 결과 Bluetooth는 20.67%의 오차율을 보였고, Wi-Fi는 12.48%의 오차율을 확인할 수 있었다.

또한 테스트베드 구간의 수집된 데이터를 바탕으로 알고리즘을 적용시킨 프로그램을 실행 하여 1시간 동안 생성되는 회전방향별 교차로 통행정보를 확인할 수 있었고, 모든 교차로에서 검지되지 않는 무선통신의 특성을 고려하여 보완된 알고리즘을 적용한 시뮬레이션 결과를 통해 총 7.67% 증가한 데이터 생성량을 확인할 수 있었다.

ACKNOWLEDGEMENTS

본 논문은 미래창조과학부 재원으로 경찰청과 치안과학기술연구개발사업단의 지원을 받아 수행된 치안과학기술연구개발사업임.(PA-A000001)

REFERENCES

- Ann C., Park Y. and Kim J.(2018), Real-time traffic information generating system using beacon information, p.2.
- Choi H., Kim I. and Seo S.(2005), "QoS(Quality of Service)-oriented handoff algorithm in IEEE 802.11 Wireless LAN," *The Journal of The Korean Institute of Communication Sciencess*, vol. 30, no. 6B, pp.338-348.
- IEEE(2016), "Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications," IEEE standard 802.11.
- Jung Y.(2005), "Development of The Signal Control Algorithm Using Travel Time Informations of Sectional Detection Systems," *Korean Society of Transportation*, vol. 23, no. 8, pp.181-191.
- Kim S., Won I. and Kwon J.(2017), "Vehicle Detection System Using Sensor Fusion," *KICS*, vol. 42, no. 8, pp.1599-1600.
- Pewresearch Center,
<http://www.pewglobal.org/2018/06/19/2-smartphone-ownership-on-the-rise-in-emerging-economies/>, 2018.12.17.