

도심에서의 드론 Last-mile 배송 기술의 정밀 측위 기법

A Precision Positioning Method of Drone Last-mile Delivery Technology in Urban Areas

김 규 석

한국폴리텍대학 분당융합기술교육원 데이터융합SW과

Kyuseok Kim

Professor, Department of Data Convergence SW, Bundang Convergence Technology Campus of Korea Polytechnics, Gyeonggi-do 13590, Korea

[요 약]

미국을 비롯한 전 세계 국가는 드론을 이용한 물류 서비스의 상용화를 위해 활발한 연구를 진행하고 있다. 국내에서도 물류 배송 기업을 비롯하여 이동통신사에서도 드론 물류 배송 서비스의 연구, 개발을 진행 중이다. 그러나 우리나라와 미국은 last-mile 물류 배송 환경이 다르다. 우리나라는 인구의 77% 이상이 아파트 등의 공동주택에 살고 있으며 인구 밀도가 전 세계 4위에 달하는 나라이다. 이에 따라 드론 물류 배송에 있어 우리나라 환경에 맞는 연구가 필요하다. 본 연구에서는 도시 지역에서의 근거리 무선통신과 기압계를 활용한 드론 물류 배송의 정밀 위치 판단의 방법을 제안한다. 실험 결과 제안하는 방법을 통해 2.5m 이내의 창문도 탐지할 수 있음을 확인하였다. 본 연구에서 제안하는 방법을 통해 도심에서의 드론 물류 배송 기술의 향상에 도움이 되길 기대한다.

[Abstract]

Countries around the world, including the U.S. are actively researching to commercialize the logistics services using drones. In Korea, telecommunications companies as well as logistics companies are researching and developing the logistics services using drones. However, there's an environmental difference for last-mile delivery between the U.S. and Korea. In Korea, more than 77% of the population lives in apartments and the population density is the 4th highest in the world. Accordingly, in terms of the logistics services using drones, it is necessary to research it with the Korean suitable environment. In this paper, a precision positioning method of drone last-mile delivery in urban areas using short-range wireless communication and barometer is proposed. The experiment results show that the proposed method can detect a window within 2.5 meters. It is expected that the proposed method will help improve the logistics services using drones in urban areas.

Key word : Drone, Drone logistics service, Precision positioning technology, Short-range wireless communication.

<https://doi.org/10.12673/jant.2021.25.1.60>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 31 January 2021; Revised 1 February 2021

Accepted (Publication) 24 February (28 February 2021)

*Corresponding Author, Kyuseok Kim

Tel: +82-31-696-8832

E-mail: kyuseokkim@kopo.ac.kr

1. 서론

2020년은 코로나 19로 인해 우리의 생활환경에 큰 변화가 있던 한 해였다. 코로나19 바이러스의 전파를 예방하는 목적으로 대면 접촉을 지양하는 문화가 생겼다. 업무도 재택근무로 바뀌고, 학습도 비대면으로 집에서 하는 등의 큰 변화가 생겼다. 또한, 물품 구매나 외식을 함에 있어서도 직접 방문하는 것이 아니라 배달 서비스를 더 많이 활용하고 있는 상황이다[1].

게다가 한국은 택배 등의 우편 서비스와 음식 등의 배달 서비스가 꾸준히 증가하고 있다[2]. 이와 관련하여 인력을 줄이고 자동화 할 수 있는 드론을 활용한 물류 배송 서비스 기술의 필요성이 대두되고 있는 상황이다.

그러나 드론을 활용한 물류 배송에 있어 몇 가지 문제점이 존재한다. 첫째로는 배터리로 이동하는 만큼 배터리 무게가 무거울수록 이동 거리 효율이 떨어지고, 배터리 충전 시간도 길어지는 등의 문제점이 있다[3],[4]. 이를 수소 연료를 통해 보완하고 있으나 현재는 전기 배터리를 활용한 드론이 이용되고 있다[5]. 둘째, 드론은 항공기이기 때문에 항공법과 관련된 각종 규제나 정책이 수립되어야 한다는 문제점이 있다[6]. 사람이 많은 곳의 상공을 비행하는 등의 상황에 대한 대책이 필요하다. 셋째, 드론은 무인 항공기로서 자체적으로 각종 돌발 상황에 대처할 기술이나 대응할 능력이 필요하다[7]. 기존의 항공기는 조종사와 승무원이 같이 탑승하기에 비상 상황 발생 시 대처가 가능하지만 무인항공기의 경우에는 기체가 판단하여 충돌회피나 자율비행을 수행해야 하므로 대처의 유연성이 떨어진다. 마지막으로, 물품 last-mile delivery에 있어서의 문제점이 있다[8]. 일례로 물품 수령자가 단독주택에 사는 경우에는 주차장과 같은 마당의 한 곳이나 옥상을 드론이 물품을 놓고 갈 수 있는 공간으로 활용할 수 있으며 이를 기반으로 국내·외에서 다양한 연구와 시뮬레이션이 수행되어 오고 있다. 그러나 공동주택의 경우 물품을 수령할 방법이 마땅치 않으며 아파트와 같은 공간에는 지상이 주차장이거나 놀이터 등의 편의시설이고 그 공간도 매우 협소하다. 본 연구에서는 물품 수령과 관련된 단점에 주요한 점을 두어 개선할 수 있는 연구를 진행한다.

미국은 3억 3천 만 명이라는 전 세계에서 3번째로 인구가 많은 국가임에도 인구 밀도는 122위인 만큼 대륙이 넓다[9]. 또한, 아파트 등의 공동주택보다는 단독주택 거주 비율이 높다. 그러나 우리나라의 인구는 5,100만 명으로 전 세계에서 28위인데 인구 밀도는 4위인 만큼 (면적이 2,000 km² 이하인 국가 제외) 공동주택에 거주하는 국민의 비율도 77%에 이른다[9],[10]. 이러한 점을 고려하여 가까운 미래에 다가올 드론을 활용한 물류 배송에 있어 우리나라 환경에 맞는 연구가 필요하다. 특히, 서울, 인천, 경기 등 공동주택의 비율이 높은 수도권 지역에 우리나라 인구의 절반 이상이 거주하고 있는 만큼 본 서비스의 상용화를 위해 도심에서 활용하는 실험 및 검증이 필요하다[11].

인구가 밀집해 있는 도시에서의 드론을 활용한 물류 배송에 있어 기술적 문제점 중 하나는 GPS(global positioning system)

기술의 측위 오차이다. 이를 개선하기 위한 다양한 연구들이 꾸준히 진행되고 있다. 최근 선박플랜트해양연구소(KRISO; Korea Research Institute of Ships & Ocean Engineering)는 2025년까지 오차범위 10cm 이하의 차세대 해양 위치정보(PNT; positioning navigation timing) 고도화 기술개발 사업에 착수한다고 발표하였다[12]. 그러나 고층 빌딩이 많고 인구가 밀집되어 있는 도시 환경에서 사용하기 위해 GPS 측위 오차 개선을 위한 연구와 검증이 필요하다.

본 연구에서는 공동주택 거주자가 물품을 주문했을 때 물품을 공동주택의 정확한 세대로 배송할 수 있는 정밀 측위 방법을 제안한다. 본 연구에서 제안하는 정밀 측위 방법은 일상생활의 필수품인 스마트폰에 타미카 재된 센서와 근거리 무선통신 기술을 활용하였다. 기존의 GPS 측위 오차를 보완하기 위하여 기압계 센서와 Bluetooth, Wi-Fi의 근거리 무선통신 기술을 활용한다. 본 연구에서 제안하는 방법에 대한 실험 및 검증은 드론을 활용한 물류 배송의 시나리오를 가정하여 스마트폰을 기반으로 진행하였다.

본 논문의 2장에서는 정밀 측위 관련 기술과 이론을 정리하였고, 3장에서는 본 연구에서 제안하는 방법의 설계와 구현을 설명하였다. 4장에서는 본 방법을 활용한 실험결과, 5장에서는 결론 및 추후 연구에 대하여 기술하였다.

II. 관련 기술 및 이론

2-1 GPS 기반의 위도 및 경도 측위 기술

일반적으로 위도 및 경도를 측정하기 위하여 GPS를 활용한다. GPS는 24개의 위성이 지표면으로 보내는 전파의 송신 시각을 수신기가 수신한 시각과의 차이를 계산하여 수신기의 위치를 추정하는 것이다. 그러나 해당 전파가 대기를 통과하는 상황이나 수신기 주변의 지형, 건물 등에 의해서 측위 오차가 발생한다[13]. 또한, 고층 빌딩이 많은 도심에서는 GPS를 통한 위치 측정이 되지 않거나 정확하지 않은 경우가 빈번히 발생하고 있다.

GPS로부터 얻어진 두 위도 및 경도 좌표를 이용하여 거리를 계산하기 위한 Haversine 공식은 식(1)과 같다[14]. 지구의 반지름인 6,317 km를 기준으로 계산을 한다.

2-2 GPS와 기압계를 활용한 고도 측위 기술

고도를 측정하기 위하여 GPS의 고도 좌표와 기압계를 통해 계산된 기압 고도를 활용할 수 있다. GPS의 고도 좌표는 위성 신호의 전달시간으로 계산을 하며, 지구가 정확한 타원을 이루지 않고 있다는 점과 해수면을 기준으로 높이가 바뀌는 점 때문에 오차 범위가 매우 크다. 이러한 단점과 오차를 기압을 통해 보정할 수 있다. 기압을 통해 높이를 계산하기 위한 기압 고도를 구하는 계산식은 식(2)와 같다[15].

$$distance = 2R \cdot \arcsin\left(\sqrt{\sin^2\left(\frac{\Delta lat}{2}\right) + \cos(latitude2) \cdot \cos(latitude1) \cdot \sin^2\left(\frac{\Delta long}{2}\right)}\right) \tag{1}$$

R : radius of the earth which is 6,371km

Δlat : latitude2 - latitude1

$\Delta long$: longitude2 - longitude1

$$Altitude = 44330 \times \left(1 - \left(\frac{p}{p_0}\right)^{\frac{1}{5.255}}\right) \tag{2}$$

p : measured pressure

p_0 : pressure at sea level

2-3 근거리 무선통신 기술

근거리 무선통신 기술은 Wi-Fi, Bluetooth, IrDA (infrared data association), UWB (ultra-wide band), NFC (near field communication) 등이 있다. 본 연구에서는 GPS의 측위 오차를 보정할 수 있으면서, 스마트폰에 기본적으로 내장되어 있는 Wi-Fi와 Bluetooth 기술을 사용한다.

표 1과 같이 Wi-Fi와 Bluetooth는 신호 전달 범위가 각 100m, 10m로 큰 차이가 있다[16]. 또한, 본 연구에서는 Wi-Fi와 Bluetooth와의 연결은 하지 않고 신호 탐지 여부와 세기를 활용한다.

Wi-Fi AP (access point)는 스마트폰뿐만 아니라 가정, 학교, 식당, 버스, 지하철 등 일상생활을 하는 거의 모든 곳에서 접할 수 있다.

Bluetooth 모듈은 스마트폰에 기본 탑재되어 있으며, 2010년 이후에는 BLE (Bluetooth low energy) 라고 불리는 Bluetooth 4.0이 발표되었다[18]. 이는 기존의 classic Bluetooth와 다르게 저전력으로 저용량의 데이터 패킷을 송수신 하는 기술이다 [17]. 본 연구에서는 BLE의 모드 중 블루투스 다수에게 디바이스의 존재를 알리는 BLE advertising 모드를 사용한다.

표 1. Wi-Fi와 Bluetooth 비교

Table 1. Comparison between Wi-Fi and Bluetooth.

	Wi-Fi	Bluetooth
Bandwidth	High	Low
Range	100 meters	10 meters
Frequency range	2.4GHz and 5GHz	2.400GHz and 2.483GHz
Modulation techniques	OFDM(orthogonal frequency division multiplexing) and QAM(quadrature amplitude modulation)	GFSK(Gaussian frequency shift keying)

Wi-Fi와 Bluetooth의 신호 세기를 파악하기 위하여 RSSI (received signal strength indicator)를 활용한다. RSSI 값은 클수록 신호의 강도가 크며 해당 모듈과의 거리가 상대적으로 가까워지는 것이다[18]. 이 RSSI 값을 이용하여 식(3)과 같이 거리를 측정할 수 있다. 그러나 주위 환경과 수신 기기에 따라 전파 손실률이 달라짐으로써 RSSI를 활용한 거리 측정은 정확도가 낮다[19]. 본 연구에서는 배송 받을 위치에서의 Wi-Fi AP와 Bluetooth의 RSSI 값을 활용한다.

$$distance = 10^{\left(\frac{Tx Power - RSSI}{10n}\right)} \tag{3}$$

n : loss factor

III. 연구 방법 및 설계

3-1 실험 환경 및 장비

본 연구에서 제안하는 정밀 위치 판단 방법을 실험하기 위한 환경 및 장비는 표 2와 같다. 장소는 서울 시내 한 3층 공동주택의 1층 창가와 2층 창가로 총 2군데이다.

실험 장비로는 스마트폰 두 대이다. 스마트폰 한 대는 주문 역할을 하는 스마트폰이며, 다른 한 대는 드론 역할을 하는 스마트폰이다. 두 스마트폰에 실험용 애플리케이션을 개발하여 탑재한다.

3-2 정밀 측위 관련 데이터

본 연구에서 제안하는 정밀 위치 판단 방법을 실험하기 위하여 디바이스별로 송신 및 탐지해야 할 정보는 표 3과 같이 총 6가지이다.

표 2. 실험 환경 및 장비

Table 2. Experimental environment and device.

	Description
Place	Inside the windows on the 1st and 2nd floors of a 3-story house
Device for order	LM-V500N(Android 10)
Device for drone	LG-G710N(Android 10)

표 3. 장비별 측위 관련 정보에 따른 행동

Table 3. Action for each device according to the positioning related information.

	Device for order	Device for drone
Latitude	Sends the latitude coordinate from GPS	Searches for the location that matches the received latitude coordinate
Longitude	Sends the longitude coordinate from GPS	Searches for the location that matches the received longitude coordinate
Altitude	Sends the altitude coordinate from GPS	Searches for the location that matches the received altitude coordinate
Wi-Fi information	Sends the name, address and RSSI value of the nearest Wi-Fi AP	Searches for Wi-Fi AP that matches the received name address and RSSI value
Atmospheric pressure	Sends the atmospheric pressure from the barometer on phone	Searches for the location that matches the received atmospheric pressure
BLE information	Sends the BLE device name from the phone	Searches for the BLE device that matches the received name

주문하는 폰에서 보내야 할 정보의 종류는 총 6가지이다.

첫째, 건물 주변의 대략적인 위치를 탐지할 수 있는 정보로서 GPS로부터 얻어진 위도, 경도, 고도 좌표이다. GPS 신호는 실내에서 잘 수신되지 않기 때문에 창문을 열거나 신호가 잘 잡히는 베란다 등의 위치에서 신호를 수신한다. 둘째, 해당 위치에서 가장 센 RSSI 값으로 탐지되는 Wi-Fi AP의 이름과 address 그리고 RSSI 값이다. 셋째, 스마트폰의 기압 센서로부터 얻어진 기압이다. 마지막으로, 주문자 스마트폰의 BLE advertising 시 보여질 BLE device 이름이다.

이렇게 6가지의 정보를 주문자 폰에서 탐지한다. 이 정보를 활용하여 해당 정보와 일치하는 정밀 위치를 드론에서 탐지하는 것이다.

표 4. 용어

Table 4. Terminology.

Terminology	Description
A_c	Currently detected value of A
A_r	Received value of A
LAS	Latitude score
LOS	Longitude score
ALS	Altitude score
WRS	Wi-Fi RSSI score
APS	Atmospheric pressure score
BS	Bluetooth low energy score
PPS	Precision positioning score

3-3 정밀 위치 탐지 용어 및 점수화 모형

본 연구에서 사용하는 용어는 표 4와 같다. 용어들은 아래 첨자에 따라 의미가 달라진다. A_c 는 드론용 애플리케이션이 탐지한 현 위치에서의 A의 값이며, A_r 은 주문용 애플리케이션이 송신한 A의 값이다.

이를 활용한 제안하는 정밀 위치 판단을 위한 계산 방법은 식(4)~(9)와 같다.

첫째, LAS(latitude score)는 위치 i에서의 위도 좌표와 수신 받은 위도 좌표와 비교하여 점수화한 것이다. 둘째, LOS(longitude score)는 위치 i에서의 경도 좌표와 수신 받은 경도 좌표와 비교하여 점수화 한 것이다. 셋째, ALS(altitude score)는 위치 i에서의 고도 좌표와 수신 받은 고도 좌표를 비교하여 점수화 한 것이다. 넷째, WRS(Wi-Fi RSSI score)는 위치 i에서의 Wi-Fi AP에 대한 RSSI 값을 수신 받은 해당 Wi-Fi AP의 RSSI와 비교하여 점수화 한 것이다. 이 때, 수신 받은 Wi-Fi AP의 이름과 address를 통해 해당 Wi-Fi AP 여부를 판단한다. 다섯째, APS(atmospheric pressure score)는 위치 i에서의 기압과 수신 받은 기압을 비교하여 점수화 한 것이다. 마지막으로, BS(Bluetooth low energy score)는 위치 i에서의 수신 받은 BLE device가 scanning이 되는지에 따라 RSSI 값이 -60 이상으로 검색이 되면 100, 아니면 0으로 점수화 한 것이다. 이는 주문자의 위치에서 크게 벗어나는 곳에서 나머지 값의 조합으로 PPS의 근사치가 나오는 것을 막기 위함이다. 위 6가지의 값은 모두 0~100의 값을 가진다.

$$LAS_i = 100 - \left(\frac{LAS_c - LAS_r}{LAS_r} \times 100 \right) \quad (4)$$

$$LOS_i = 100 - \left(\frac{LOS_c - LOS_r}{LOS_r} \times 100 \right) \quad (5)$$

$$ALS_i = 100 - \left(\frac{ALS_c - ALS_r}{ALS_r} \times 100 \right) \quad (6)$$

$$WRS_i = 100 - \left(\frac{WRS_c - WRS_r}{WRS_r} \times 100 \right) \quad (7)$$

$$APS_i = 100 - \left(\frac{APS_c - APS_r}{APS_r} \times 100 \right) \quad (8)$$

$$BS_i = \begin{cases} \text{if detected} > -60 \text{ of RSSI}, & 100 \\ \text{else} & ,0 \end{cases} \quad (9)$$

위 총 6가지의 score를 모아 평균을 낸 값인 PPS는 식(10)과 같이 계산할 수 있다.

$$PPS_i = \frac{LAS_i + LOS_i + ALS_i + WRS_i + APS_i + BS_i}{6} \quad (10)$$

3-4 실험 시나리오

실험용 애플리케이션은 주문자용과 드론용으로 총 2가지 형태로 구현을 한다.

주문자용 애플리케이션은 그림 1과 같다. 이 애플리케이션은 드론에게 보낼 정밀 위치 판단 정보 6가지 파악을 위하여 실행과 동시에 4가지의 작업을 동시에 수행한다.

첫째, GPS 모듈로부터 위도, 경도, 고도 좌표 받아 애플리케이션에 실시간으로 파악한다. 둘째, Wi-Fi AP 검색을 수행하여 주문자의 위치에서 RSSI 값이 가장 높으면서 AP의 이름과 address가 비어있지 않은 것을 파악한다. 셋째, 주문자용 스마트폰의 Bluetooth 모듈을 켜고 동시에 BLE advertising 모드에 들어간다. 성공적으로 BLE advertising 모드에 진입하면, 상대방에게 보여질 디바이스 이름을 파악한다. 마지막으로, 기압계로부터 실시간 기압을 받아온다.

드론용 애플리케이션은 그림 2와 같다. 이 애플리케이션은 주문자용 애플리케이션에서 제공한 정보와 현 위치와의 일치도의 계산한 내용을 보여준다. 또한, 본 실험에서는 위치 정확도를 판단하기 위한 것으로 주문자용 애플리케이션에서 탐지된 6가지 정보를 수기로 입력하여 준다.

Precision Positioning Technology	
ORDERER Application (GPS POSITION)	
Latitude	37.5555398
Longitude	127.0738076
Altitude	42.70000076293945
Wi-Fi AP Name, Address and RSSI Value	
iptime	
	-33
BLE Device Name(This name is shown from the other devices)	
Drone	
Atmospheric Pressure	
	1013.59

그림 1. 주문자용 실험 애플리케이션
Fig. 1. Experimental application for orderer.

Precision Positioning Technology	
DRONE Application (GPS POSITION)	
Latitude	37.5555837
Longitude	127.0738253
Altitude	42.60000228881836
Wi-Fi AP Name, Address and RSSI Value	
iptime	
	-40
BLE Device Name(This name is shown from the other devices)	
Orderer	
	-60
Atmospheric Pressure	
	1026.2
<PPS> : 98.54404468140729 <LAS>99.99991292905935 ->3.269999999844231E-5(37.555551) <LOS>99.99998174289635 ->2.320000000111122E-5(127.0738021) <ALS>100.0 ->0.0(42.60000228881836) <WRS>92.5 [WIFINAME]iptime[ADDR] [RSSI]-43 ->3 <BS>100.0 [BLENAME]Orderer[RSSI]-97 ->-37100.0 <APS>98.764373416488 [Pressure]1013.52 ->-12.680000000000064	

그림 2. 드론용 실험 애플리케이션
Fig. 2. Experimental application for delivery drone.

IV. 실험 결과

본 연구에서의 실험결과는 총 2그룹으로 6세트이다.

첫째, 1층 창문에서 실험한 결과이다. 창문 안에서 주문을 하여 주문자의 정밀 위치 정보를 파악한다. 이 때, 드론이 해당 창문 앞과 좌우 약 2.5미터의 거리에서 각각 PPS 값을 계산한 결과 총 3가지이다.

둘째, 위와 같은 방식의 실험을 2층 창문에서도 시행한다. 창문 안에서 주문을 하여 주문자의 정밀 위치 정보를 파악 후 해당 창문 앞과 이와 약 2.5미터의 거리가 차이 나는 좌우 창문 앞에서 실험하여 PPS 값을 얻은 3가지의 결과이다.

이 실험을 위해 창문 안에서 주문자의 정밀 위치 정보를 파악한 실험한 결과는 표 5와 같다. A₁은 1층에서의 실험결과이며 A₂는 2층에서의 실험결과이다.

표 5. 1층과 2층 주문자 위치에서의 A_r 값

Table 5. A_r values at orderer location on the 1st and 2nd floors.

	A_{r1}	A_{r2}
LAS	37.5554547	37.5555407
LOS	127.0738254	127.0737927
ALS	40.10000228881836	42.70000076293945
WRS	-49	-45
APS	1011.99	1010.49
BS	100.0	100.0

4-1 1층에서의 실험 결과

1층에서 실험한 결과는 표 6, 표 7과 같다. A_{c2} 는 주문자의 창문 앞에 드론이 있다는 가정 하에 측정된 결과이며 A_{c1} 과 A_{c3} 는 해당 위치의 좌측과 우측 약 2.5미터 거리의 창문 앞에서 측정된 결과이다.

표 6은 GPS로부터 얻어진 위도, 경도, 고도 좌표의 정확도 점수의 합을 낸 값이다. 그 값이 주문자 위치 좌측에서의 측정값이 299.99 이상으로 가장 높았고, 주문자의 바로 앞의 위치에서의 측정값이 293.76 이상으로 상대적으로 가장 낮았다.

또한, 표 7과 같이 GPS로부터 얻어진 위도, 경도의 정확도 점수인 LAS와 LOS의 값에 비해 고도의 정확도 점수인 ALS 값은 같은 고도임에도 불구하고 93에서 99 사이로 변동이 컸음을 알 수 있었다. 그러나 기압의 정확도 점수인 APS는 세 지점의 측정값의 차이가 상대적으로 적음을 알 수 있었다. 따라서, 상대적으로 정확도가 높은 APS의 값을 통해 ALS의 값을 보정해 줄 수 있다.

Wi-Fi AP의 RSSI 값의 정확도인 WRS는 주문자의 창문 바로 앞에서 측정된 값이 가장 높았음을 알 수 있었다. 또한, 위치에 따른 정확도도 42에서 95로 변동이 컸음을 알 수 있다.

실험결과, 표 6과 같이 GPS만 활용했을 때에는 주문자 좌측 창문에서의 정확도 점수가 가장 높아 정확한 위치를 판단하는데는 오류가 있었다. 그러나 표 7과 같이 변동폭이 상대적으로 큰 WRS, APS, BS를 통해 창문 정면에서의 PPS 값이 가장 높도록 보정할 수 있었다.

표 6. GPS 좌표의 정확도 점수의 합

Table 6. Summation of accuracy score for GPS coordinates.

	A_{c1} (left)	A_{c2} (center)	A_{c3} (right)
LAS + LOS + ALS	299.9996800209600	293.7653544635520	294.5135434818040

표 7. 1층에서의 실험 결과

Table 7. Experimental result on the 1st floor.

	A_{c1} (left)	A_{c2} (center)	A_{c3} (right)
LAS	99.9997781946706	99.9998197332437	99.9998532836297
LOS	99.9999075340656	99.9999426317735	99.9999760768987
ALS	99.9999942922240	93.7655920985351	94.5137141212759
WRS	42.8571428571429	95.9183673469388	36.7346938775510
APS	99.9950592397158	99.9950592397158	99.9980236958863
BS	100.0000000000000	100.0000000000000	100.0000000000000
PPS	90.4753136863032	98.2797968417012	88.5410435092069

4-2 2층에서의 실험 결과

2층에서 실험한 결과는 표 8, 표 9와 같다. 앞 실험과 같이 A_{c5} 는 주문자의 창문 앞에 드론이 있다는 가정 하에 측정된 결과이며 A_{c4} 와 A_{c6} 은 해당 위치의 좌측과 우측 약 2.5미터 거리의 창문 앞에서 측정된 결과이다.

앞의 1층에서의 실험과 같이 GPS로부터 얻어진 위도, 경도, 고도 좌표의 정확도 점수인 LAS, LOS, ALS의 합으로는 정확한 위치를 파악하는데 어려움이 있었다. 표 8과 같이 주문자의 우측에서의 측정값이 298.51 이상으로 가장 높았다. 그래서 주문자의 정면에서의 값은 296.78 이상으로 정확한 측위에 오차가 생겼다.

또한, 본 실험도 표 9와 같이 LAS와 LOS의 값에 비해 ALS 값의 변동이 컸음을 알 수 있었다. 앞 실험과 같이 기압의 정확도인 APS 값의 차이가 크지 않아 ALS의 측위 오차를 보정할 수 있었고, Wi-Fi AP의 RSSI 값의 정확도인 WRS의 값의 변동폭이 커 정밀 측위에 도움이 될 수 있는 수치들이었음을 알 수 있었다.

실험결과, 2층에서의 실험도 1층에서의 실험과 같이 GPS 좌표의 정확도인 LAS, LOS, ALS 값만으로는 정밀 위치 파악이 불가하였다. 그러나 WRS, APS, BS의 값을 추가하여 얻어진 PPS 값이 98 이상으로 가장 높아 주문자의 정면에서 가장 높은 값을 나타낼 수 있었다.

표 8. GPS 좌표의 정확도 점수의 합

Table 8. Summation of accuracy score for GPS coordinates.

	A_{c4} (left)	A_{c5} (center)	A_{c6} (right)
LAS + LOS + ALS	295.7919693950070	296.7820778460540	298.5146463648270

표 9. 2층에서의 실험 결과

Table 9. Experimental result on the 2nd floor.

	A _{c4} (Left)	A _{c5} (Center)	A _{c6} (Right)
LAS	99.9999163905765	99.9999187870249	99.9997992308748
LOS	99.9999755260434	99.9999788312080	99.9999918157830
ALS	95.7920774783871	96.7821802278206	98.5148553181693
WRS	66.0377358490566	94.3396226415094	77.3584905660377
APS	99.9763187496300	99.9792789059262	99.9703984370375
BS	100.0000000000000	100.0000000000000	100.0000000000000
PPS	93.6343373322823	98.5168298989149	95.9739225613171

4-3 실험결과 종합

본 연구의 실험 결과는 3가지로 요약될 수 있다.

첫째, 본 실험의 모형에 동일한 비중을 두었던 GPS를 통한 위도, 경도, 고도의 정확도 점수인 LAS, LOS, ALS 보다 Wi-Fi RSSI와 기압의 수치인 WRS, APS의 변동 폭이 상대적으로 컸다. WRS는 100미터 이내의 근거리에서 수신이 되고, 실제 각종 장애물들로 수신 거리가 훨씬 짧아지는 특징이 있는 Wi-Fi AP의 신호 세기로서 근거리에서의 더 정밀한 측위를 하는데 도움이 될 수 있는 지표이다. 또한, APS는 GPS 통한 고도 값의 정확도 점수인 ALS 보다 정확도가 더 높고, 기기별 편차가 적어 고도 파악의 정확도를 높이는 데 도움이 될 수 있는 지표이다.

둘째, 고도의 정확도 점수인 ALS 값의 편차가 위도나 경도의 정확도 점수인 LAS, LOS 보다 컸음을 알 수 있다. 따라서 APS를 통해 ALS의 값을 보정할 수 있음을 알 수 있다.

셋째, 두 실험의 경우 모두 주문자가 위치했던 창문 앞에서의 PPS 값이 98 이상으로 가장 높았음을 알 수 있다. 이는 본 연구에서 제안하는 정밀 측위 방법의 활용 가능성을 시사한다.

V. 결 론

GPS의 오차 범위가 점점 줄어들고 있지만 오차는 여전히 존재한다. 또한, 실제 측위기술도 쓰이고 있지만 다양한 장비가 필요하기도 하며 관련하여 정확도를 높이는 연구가 필요하다.

정밀 측위 기술과 무인 항공 기술을 기반으로 국내·외에서는 드론을 활용한 물류 배송 연구가 한창이다. 그러나 우리나라는 인구밀도가 높고 공동주택 거주 비율이 높아 정밀 측위 기술이 필요할 뿐만 아니라 배송할 위치의 결정도 필요한 상황이다. 따라서 공동주택의 거주 비율이 높고 주택 간 간격이 좁은 국내 환경을 기반으로 드론을 활용한 물류 배송은

last-mile delivery의 측위 정확도를 높일 기술이 필요하다.

본 연구에서는 스마트폰에 기본적으로 탑재된 GPS와 BLE, 기압계 모듈, 그리고 가정에 1~2개 이상씩 가지고 있는 Wi-Fi AP를 활용하여 드론을 활용한 주택 창가에서의 last-mile delivery를 위한 정밀 측위 기술을 제안하였다.

실험 결과, 같은 층에서 2.5m 이내의 창문 구분도 가능한 것으로 확인되었다. 이는 GPS로부터 얻어진 위도, 경도, 고도만을 활용한 측위 방법보다 BLE, Wi-Fi, 기압계 등으로부터 얻어진 값을 조합한 측위 방법이 더 정밀한 위치를 탐지할 수 있음을 알 수 있었다. 따라서 본 방법론은 원룸이나 고시원 같은 밀집 공동주택에서의 드론을 활용한 물류 배송의 가능성도 시사한다.

추후 연구에서는 GPS와 그 외의 센서로부터 얻어진 값의 가중치를 달리하여 정밀 측위의 정확도를 높일 수 있는 모형을 좀 더 구체화 할 수 있을 것이다. 또한, 다양한 디바이스를 기반으로 실험 표본을 늘리고, 실제 드론에 탑재한 결과를 통해 last-mile delivery의 정확도 향상 기법을 연구할 수 있을 것이다.

References

- [1] [Internet]. Available: <http://www.greenpostkorea.co.kr/news/articleView.html?idxno=124879>
- [2] Savills, Korea logistics 2H/2020 [Internet]. Available: https://en.savills.co.kr/research_articles/166219/187797-0
- [3] N. Zhang, J. Wu, G. M. Jin, K. H. and K. H. Bae, "Research on the status and competitiveness of chinese drone delivery service," *Korea Logistics Review*, Vol. 27, No. 6, pp. 71-83, 2017.12
- [4] Á. Gubán and J. Udvaros, "Logistics drone problem and shortcomings," *Prosperitas*, Vol. 7, No. 1, pp. 78-88, 2020
- [5] EETimes, Hydrogen Fuel Cell-Powered Drones [Internet]. Available: <https://www.eetimes.com/hydrogen-fuel-cell-powered-drones/>
- [6] J. S. Kim, "A study on the civil aeronautics law for the safety and use of drone," *Dankook Law Review*, Vol. 39, No. 3, pp. 267-298, 2015.09
- [7] S. Y. Ahn, T. H. Kim, T. H. Yang, G. W. Lee, M. T. Lee, J. S. Lee and Y. S. Kim, "Individual airbags devices for unexpected falling drone accidents," in *Proceedings of the KSMPE Spring Conference 2019*, Jinju: Korea, Vol. 2019, No. 4, pp. 237-237
- [8] J. S. Baik, "A study on last mile delivery strategy in the city," *Korea International Commerce Review*, Vol. 34, No. 4, pp. 327-348, 2019.12
- [9] [Internet]. Available: <https://en.wikipedia.org/>
- [10] [Internet]. Available: <http://kostat.go.kr/>

- [11] [Internet]. Available: <https://kosis.kr/>
- [12] [Internet]. Available: https://www.kriso.re.kr/gallery.es?mid=a10403000000&bid=0019&list_no=221&act=view
- [13] E. S. Park, K. Y. Kim, D. S. Seong and K. B. Lee, "Implementation of CCTV security services using GPS precision implement," *The Journal of Korean Institute of Information Technology*, Vol. 12, No. 3, pp. 187-202, 2014.03
- [14] R. A. Azdy and F. Darnis, "Use of haversine formula in finding distance between temporary shelter and waste end processing sites," in *Proceedings of Journal of Physics: Conference Series*, South Sumatera: Indonesia, Vol. 1500, No. 1, pp. 12104
- [15] SIN, How to set up the BMP180 barometric pressure sensor on an arduino [Internet]. Available: <http://sin.lyceeleyguescouffignat.fr/how-to-set-up-the-bmp180-barometric-pressure-sensor-on-an-arduino>
- [16] TechDifferences, Difference between bluetooth and wifi [Internet]. Available: <https://techdifferences.com/difference-between-bluetooth-and-wifi.html>
- [17] WIKIPEDIA, Bluetooth low energy [Internet]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Bluetooth_Low_Energy
- [18] B. Yamamoto, A. Wong, P. Agcanas, K. Jones, D. Gaspar, R. Andrade, A. Trimble, "Received signal strength indication (RSSI) of 2.4 GHz and 5 GHz wireless local area network systems projected over land and sea for near-shore maritime robot operations," *Journal of Marine Science and Engineering*, Vol. 7, No. 9, pp. 290, 2019.08
- [19] C. Lee, Y. W. Jang, C. H. Lee, H. K. Choi, S. G. Myung, Y. M. Byun, B. K. Seo, M. J. Park, J. H. Kim and S. R. Cho, "Beacon distance calculating based on RSSI using tensorflow," in *Proceedings of the Korean Institute of Communication Sciences Conference*, Jeju: Korea, Vol. 2017, pp. 1352-1353



김 규 석 (Kyuseok Kim)

2011년 2월 : 한국항공대학교 정보통신공학과 (공학사)
 2019년 8월 : 아주대학교 정보통신대학원 정보통신공학과 (공학석사)
 2019년 9월 ~ 현재 : 서울대학교 환경대학원 환경계획학과(교통학 전공) 박사과정
 2011년 1월 ~ 2019년 6월 : LG전자(주) 선임연구원
 2019년 7월 ~ 2020년 2월 : (주)LG유플러스 책임
 2020년 2월 ~ 현재 : 한국폴리텍대학 분당융합기술교육원 데이터융합SW과 조교수
 ※ 관심분야 : ITS, UTM, 교통공학, IoT, 근거리 무선통신, 데이터 처리