

도플러 레이더 센서를 이용한 알람 서비스 개발

신현준¹ · 최두현² · 오창현^{1*}

Development of Alarm Service Using Doppler Radar Sensor

Hyun-Jun Shin¹ · Doo-Hyun Choi² · Chang-Heon Oh^{1*}

¹Department of Electrical, Electronics & Communication Engineering, Korea University of Technology and Education, Cheonan, 330-708, Korea

²IUPluse, Gyeonggi, 435-060, Korea

요 약

본 논문에서는 자전거 사고를 방지하기 위한 어플리케이션을 구현하였으며, 이를 위해 도플러 레이더 센서를 이용하였다. 도플러 레이더 센서는 접근하는 위험 물체를 감지하며, 어플리케이션은 위험 판단 알고리즘을 통해 사용자에게 경고 알람 서비스를 제공한다. 위험 판단 알고리즘은 감지한 전방 물체의 접근 상태와 도플러 주파수를 이용한 상대 속도를 비교하여 위험 상황을 판단한다. 또한 사고가 발생할 경우 설정된 연락처로 SMS를 발송하여 사용자의 위급 상황을 전달한다. 실험 결과 정상적으로 접근 상태와 속도를 파악하여 위험 판단을 내렸으며, 사고 발생이라 가정했을 시 설정된 연락처로 SMS 발송하는 것을 확인할 수 있었다.

ABSTRACT

The paper produced an application that used Doppler radar sensor to prevent bicycle related accidents. Doppler radar sensor detects any approaching object and gives warning to the user through the danger detection algorithm of the application. The danger detection algorithm determines danger by comparing relative speed using the sensed approaching object and Doppler frequency. It also sends SMS to the preset contact to let him/her be informed of the critical situation in which the user lies when an accident happens. The experiment result showed that the algorithm judged danger by detecting the approach status and speed as well as sent out SMS to the set contact under the assumption that there was an accident.

키워드 : 위험 판단 알고리즘, 경고 알람 서비스, 도플러 레이더 센서

Key word : Dangerous Detection Algorithm, Warning Alarm Service, Doppler Radar Sensor

접수일자 : 2015. 01. 22 심사완료일자 : 2015. 02. 27 게재확정일자 : 2015. 03. 09

* **Corresponding Author** Chang-Heon Oh(E-mail:choh@koreatech.ac.kr, Tel: +82-41-560-1215)

Department of Electrical, Electronics & Communication Engineering, Korea University of Technology and Education, Cheonan, 330-708, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2015.19.3.623>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©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.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

레저란 ‘참가의 주 목적이 의식주 문제의 해결이 아닌, 노동 이외의 자발적인 여가활동’으로 정의된다[1]. 소득수준 상승에 따라 건강에 대한 관심과 레저 활동이 증가한 가운데 자전거가 친환경 교통수단으로 주목받으면서 국내 자전거 시장은 2000년 이후 급격히 확대되었다. 하지만 도로교통공단에 따르면 자전거 교통사고 발생건수는 2010년 1만1259건, 2011년 1만2121건, 2012년 1만2970건으로 매년 증가하는 추세이다[2].

이러한 자전거 사고를 방지하기 위해 헬멧, 장갑 등 안전 장비가 증가하고 있다. LED 램프와 탐지 센서가 장착된 웨어러블 점퍼, 자전거 뒤에 라이트를 부착하여 야간에 자전거 도로를 표시하는 광원이 나오는 레이저 라인 라이트, 자전거와 자동차 사이에서 위치 정보를 공유하여 자전거와 자동차가 가까워질 경우 헬멧 진동으로 경고 신호를 보내는 스마트 헬멧 등 다양한 안전 장비들이 있다.

본 논문에서는 자전거 사고를 방지하기 위해 알람 서비스를 제공하는 어플리케이션을 구현한다.

구현한 어플리케이션은 도플러 레이더 센서를 이용하여 전방 물체의 접근 상태와 도플러 주파수를 획득한 후 위험 판단 알고리즘을 통해 접근 물체가 위험하다고 판단 될 시 사용자에게 소리 또는 진동으로 경고 알람을 제공한다. 또한, 위급 상황이라 판단될 경우 설정된 연락처로 사용자의 상황을 SMS로 발송한다.

본 논문의 구성으로 II장에서는 위험 판단 알고리즘에 대해 설명한다. III장에서는 전방 물체 감지 어플리케이션 구성에 대해 설명한다. IV장에서는 구현한 어플리케이션의 성능을 평가한다. 마지막으로 V장에서는 결론을 맺는다.

II. 위험 판단 알고리즘

본 장에서는 도플러 레이더 센서에서 감지한 전방 물체의 접근, 이탈, 정지 상태 정보와 물체의 움직임에 따라 발생하는 도플러 주파수를 이용하여 접근 물체의 위험 유무를 파악하는 위험 판단 알고리즘을 나타낸다.

2.1 도플러 레이더 센서 데이터 포맷

표 1은 도플러 레이더 센서에서 어플리케이션으로 송신하는 데이터 포맷이다.

표 1. 도플러 레이더 센서의 송신 데이터 포맷
Table. 1 Send data format of Doppler radar sensor

	구분	상대 물체 상태	
문자	C	접근	
	O	이탈	
	S	정지	
숫자	0000	도플러 주파수 (Hz)	
수신 데이터 예시	C500	접근	도플러 주파수 500Hz
	O900	이탈	도플러 주파수 900Hz
	S000	정지	도플러 주파수 0Hz

도플러 주파수와 식 (1)을 이용하여 전방 물체의 상대 속도 v_t 를 구할 수 있다[3,4]. 여기서 f_d 는 도플러 주파수를 나타내고, f_c 는 캐리어 주파수, C 는 빛의 속도, f_c 는 24.15GHz로 고정이다.

$$v_t = \frac{f_d \times C}{2 \times f_c} \quad (\text{식 1})$$

2.2. 전방 물체 위험 판단 기준

표 2는 전방에서 물체가 접근할 경우 위험 유무를 판단하는 기준이다. (a)는 사용자와 같은 속도, 방향으로 주행하기 때문에 정지 상태로 인식하여 안전하다는 판단을 한다. (b)는 사용자와 같은 방향이지만 더 빠른 속도로 주행하기 때문에 이탈로 인식하여 안전하다는 판단을 한다. (c)는 사용자와 같은 방향으로 주행하고 느린 속도로 주행하기 때문에 접근으로 인식하지만 사용자가 회피할 수 있으므로 안전하다는 판단을 한다. (d)는 사용자와 반대 방향으로 주행하고 사용자보다 더 빠른 속도로 주행하기 때문에 사용자가 회피하기 어려우므로 위험하다는 판단을 한다. (e)는 사용자와 반대 방향으로 주행하고 사용자보다 느린 속도로 주행하기 때문에 접근이라 인식은 하지만 회피할 수 있으므로 안전하다는 판단을 한다. (f)는 가로수나 전봇대와 같은 정지된 물체이므로 접근이라 인식하지만 안전하다는 판단을 한다.

표 2. 상대 속도를 이용한 상대 물체의 위험 유무 판단
Table. 2 Risk Judgment of front object using relative velocity

상태				
이동방향	→	→	→	→
실제속도	30km/h	30km/h	30km/h	50km/h
상대속도	0km/h로 정지		20km/h로 이탈	
판단	무시		무시	
	(a)		(b)	
상태				
이동방향	→	→	→	←
실제속도	30km/h	10km/h	30km/h	40km/h
상대속도	20km/h로 접근		70km/h로 접근	
판단	무시		알람	
	(c)		(d)	
상태				
이동방향	→	←	→	X
실제속도	30km/h	10km/h	30km/h	0km/h
상대속도	40km/h로 접근		30km/h로 접근	
판단	무시		무시	
	(e)		(f)	

2.3. 전방 및 후방 물체 감지 알람 알고리즘 설계

전방 및 후방 물체 감지 알고리즘은 접근하는 물체의 접근 상태 및 상대 속도를 이용하여 위험한지를 판단한다. 접근 상태가 이탈 혹은 정지 상태라면 사용자에게 위험을 가할 수 없는 상황이라 판단하며, 접근 중일 때는 사용자보다 상대 속도가 빠를 경우 위험하다는 판단을 내릴 수 있다.

그림 1은 전방 물체 감지 알고리즘의 흐름도이다. 어플리케이션을 작동한 후 주행을 시작하면 어플리케이션은 GPS 데이터 수집을 시작하고 이들을 이용하여 사용자의 이동 속도를 측정한다. 도플러 레이더 센서에서 전방의 물체가 감지되면 블루투스 통신을 통해 전방 물체의 상태 정보 및 도플러 주파수를 수신한다. 식 (1)을 이용하여 도플러 주파수 f_d 를 전방 물체의 상대 속도 v_t 로 변환한 후 전방 물체 상태가 접근, 이탈, 정지인지를

판단한다. 전방 물체가 이탈 혹은 정지라면 안전하다는 판단으로 무시하게 되고, 접근 상태라면 다음 조건문으로 진행된다. 접근인 경우 사용자의 이동 속도와 접근 물체의 상대 속도를 비교하여 상대 속도가 더 빠를 경우 어플리케이션에서 설정된 알람을 사용자에게 표시한다.

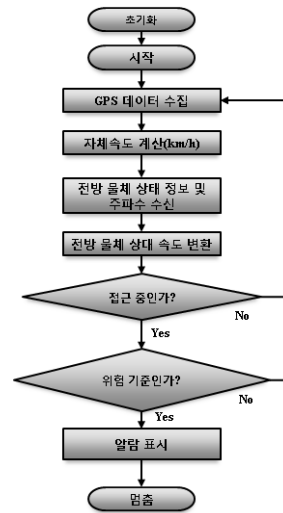


그림 1. 전방 물체 감지 흐름도
Fig.1 Flowchart of detection front object

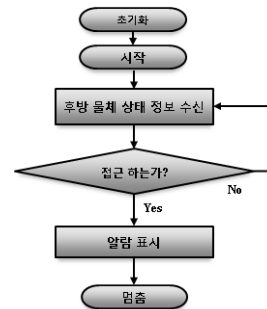


그림 2. 후방 물체 감지 흐름도
Fig. 2 Flowchart of detection back object

그림 2는 후방 물체 감지 알고리즘의 흐름도이다. 후방에서 접근하는 물체의 상태를 판단하여 이탈 혹은 정지라면 안전하다는 판단으로 무시하게 되고, 접근 상태라면 사용자에게 알람을 표시한다. 전방 물체 감지와는 달리 접근 상태를 고려하기 때문에 GPS 데이터를 사용하지 않는다.

2.4. 위급 상황에 따른 SMS 발송 알고리즘 설계

위험 물체가 접근하여 사용자에게 사고가 발생할 경우 설정된 연락처에 사용자의 사고 발생 정보를 전달할 필요가 있다. 하지만 단순히 전방 및 후방 물체 감지 알고리즘을 통해 위험을 판단하여 SMS를 발송한다면 다수의 SMS를 발송하게 되므로 사고 발생 판단을 명확하게 할 필요가 있다.

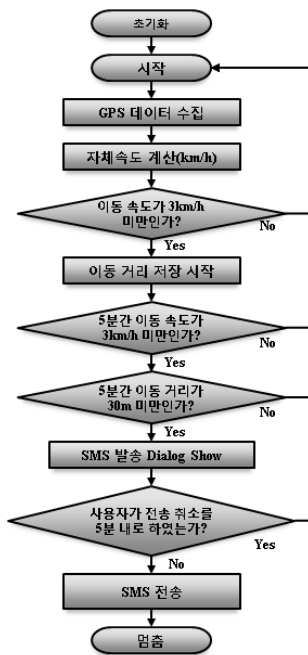


그림 3. 위급 상황 판단 흐름도
Fig. 3 Flowchart of risk status judgment

그림 3은 위급 상황 발생 시 사용자가 설정해 놓은 연락처로 위급 상황 발생 정보를 전달하는 알고리즘의 흐름도이다. 사용자가 이동 후 이동 속도가 3km/h 미만으로 낮춰질 경우 이동 거리 누적을 시작한다. 만약 5분간 이동 속도가 3km/h 미만으로 유지되고 이동 거리가 30m 미만이라면 사고가 발생하여 사용자가 이동 불능 상태라 판별한다. 그 후 SMS 발송 여부를 묻는 dialog 알람을 띄어 사용자가 이동 불능 상태인지 다른 이유로 현재 장소에 머무르고 있는지를 재차 확인한다. 만약 SMS 발송 여부 dialog 알람이 띄어진 후 5분간 사용자가 SMS 발송을 취소하지 않는다면 사고 발생으로 재판단하여 설정된 연락처들로 SMS를 발송한다.

III. 전방 물체 감지 어플리케이션 구성

3.1. 도플러 레이더 센서

그림 4는 전방의 움직이는 물체를 감지하기 위한 도플러 레이더 센서 및 신호처리 보드이다. 표 3은 도플러 레이더 신호처리 보드의 특징이다.

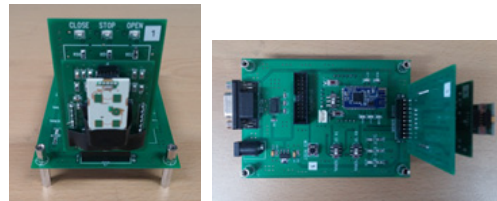


그림 4. 도플러 레이더 센서 및 신호처리 보드
Fig. 4 Doppler radar sensor and signal processing board

표 3. 도플러 레이더 센서 특징

Table. 3 Feature Doppler radar sensor

항목	내용
사용 주파수 대역	24GHz 대역의 ISM 대역
모듈 레이션 방식	Continuous Wave
출력	+12dBmi
IF 출력	I/Q signal
입력 전원	2.7V, 60mA

3.2. 전방 물체 감지 어플리케이션 구현

그림 5는 도플러 센서 신호처리 보드를 이용한 전방 물체 감지 자전거 어플리케이션의 화면이다. 사용자의 이동 속도, 현재 거리, 접근 정보, 작동 시간, 이전 주행 기록 등을 확인할 수 있으며, 소리 및 진동 및 문자 알람을 설정할 수 있다. Google Map Android API v2를 사용하였으며, 내부 DB로는 android DB의 표준인 SQLite를 사용하여 구현하였다[5,6].



(a)

(b)

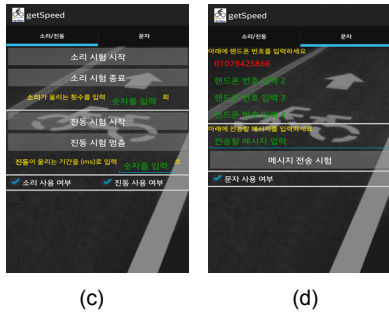


그림 5. 전방 물체 감지 어플리케이션 실행 화면 (a) Main 화면 (b) 전방 시작 화면 (c) 소리 진동 설정 (d) 문자 설정
Fig. 5 Execution screen of detection front object (a) Main screen (b) Front start screen (c) Setting of sound and vibration (d) Setting of SMS

IV. 성능 평가

본 장에서는 본 논문에서 구현한 어플리케이션이 위험 판단 알고리즘에 의해 전방 물체가 위험 판단을 정상적으로 내리는지와 위급 상황이라 판단 했을 때 SMS 발송이 정상적으로 이루어지는지를 평가하였다.

위험 판단 알고리즘의 성능을 평가하기 위해서는 사용자의 속도, 전방 물체의 접근 상태 및 상대 속도가 필요하다. 여기서는 도플러 레이더 센서를 고정시킨 후 실험하였기 때문에 사용자의 속도는 0km/h이다.

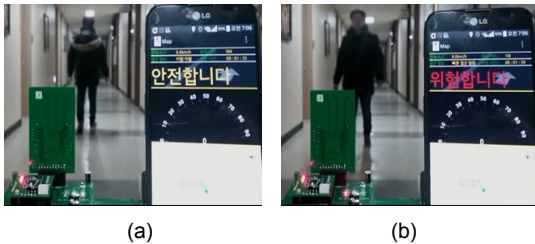


그림 6. 경고 알람 서비스 실험 평가 (a) 이탈 중인 전방 물체 감지 (b) 접근 중인 전방 물체 감지
Fig. 6 Experiment evaluation of Warning Alarm Service (a) Front object detection in separation (b) Front object detection in access

그림 6은 전방 물체의 접근 상태와 상대 속도를 획득하여 위험 판단을 평가하는 것이다. (a)는 전방 물체가 이탈 중인 경우로써, 접근 중이 아니므로 ‘안전 합니다’라는 문자를 표기하고 있다. (b)는 전방 물체가 접근 중

인 경우로써, 접근 상태를 만족한다. 또한, 전방 물체의 ‘위험 합니다’라는 문자를 표기하고 있다. 그림 7은 위급 상황 시 설정된 연락처로 SMS 발송이 정상적으로 이루어지는지를 확인하였다. 그림 6의 (a)는 이동 중 정지한 후 5분 후에 dialog가 띄어진 화면이며, (b)는 dialog가 띄어진 후 아무런 동작을 취하지 않았을 때 5분 후에 설정된 연락처로 SMS가 발송된 화면이다.



그림 7. 위급 상황 판단 실험 평가 (a) Main 화면 (b) SMS 화면
Fig. 7 Experiment evaluation of judge emergency status (a) Dialog screen (b) SMS screen

V. 결론

본 논문에서는 자전거 사고를 방지하기 위해 자전거 안전 장비로 스마트폰에서 전방 물체를 감지할 수 있도록 도플러 레이더 센서를 이용하여 접근하는 감지한 후 위험 판단 알고리즘을 통해 사용자에게 경고 알람 서비스를 제공하는 어플리케이션을 구현하였다. 도플러 레이더 센서에서 감지한 전방 물체의 접근 상태 및 도플러 주파수를 어플리케이션으로 블루투스 통신을 통해 전송하고 이러한 정보를 상대 속도로 변환하여 사용자의 이동 속도와 비교한 후 위험 상황을 판단한다. 또한 사고가 발생하여 이동 불능인 경우 사전에 설정된 연락처로 SMS를 발송하여 사용자의 위급 상황을 전달한다. 실험 결과 정상적으로 접근 상태와 속도를 파악하여 사용자에게 위험 경고를 제공했으며, 사고 발생이라 가정했을 시 미리 설정된 연락처로 SMS 발송하는 것을 확인할 수 있었다. 향후 연구과제로는 전방 및 후방뿐만 아니라 측면에 대한 위험 여부를 판단할 필요가 있으며, 또한 정확한 판단을 위해 타 센서들을 추가적으로 활용하여 연구할 필요가 있다.

감사의 글

본 연구는 중소기업청에서 지원하는 2014년도 산학협력 기술개발사업(C0237588)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

REFERENCES

- [1] S. H. Park, "The Domestic Leisure Industry Overview and Growth Outlook", *Hana Institute of Finance, Technical Report*, vol. 11, Apr. 2008.
- [2] Koroad. the ROAD Traffic Authority Availabel: <http://www.koroad.or.kr/>
- [3] T. J. Kim, Y. C. Rhee, S. H. Kim, "Implementation of a Microwave Doppler Sensor", *The Journal of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 4, no. 2, pp. 75-81, Jun. 2009.
- [4] F. P. Martinez, F. C. Galeano, "New Microwave Sensors for Intrusion Detection Systems", *Security Technology, 1999. Proceedings. IEEE 33rd Annual 1999 International Carnahan Conference on*, pp. 49-53, Oct. 1999.
- [5] Kyesang Lee, "An Analysis of the Operation of the GPS Location Provider in the Android Platform," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 18, no. 1, pp. 50-56, Jan. 2014.
- [6] J. G. Yim, J. R. Jeon, "Development of a Positioning Android App", *Asia-pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities, and Sociology*, vol. 4, no. 2, pp. 359-368, Dec. 2014.



신현준(Hyun-Jun Shin)

2013년 3월 ~ 현재 한국기술교육대학교 전기전자통신공학과 박사과정
2013년 2월 한국기술교육대학교 전기전자통신공학과 공학석사
2011년 2월 남서울대학교 전자공학과 공학사
※관심분야 : MIMO, Channel coding, M2M, BigData



최두헌(Doo-Hyun Choi)

2012년 1월 ~ 현재 ㈜아이유플러스 대표이사
2013년 9월 ~ 현재 서강대학교 연구교수
2010년 9월 ~ 현재 성결대학교 정보통신 공학부 외래교수
2009년 2월 중앙대학교 전기전자공학부 박사
1967년 2월 서강대학교 전자공학과 석사
1985년 2월 서강대학교 전자공학과 학사
※관심분야 : 근거리 radar 센서, 5세대 이동통신, RTS(Radar Test System), mm-wave module



오창현(Chang-Heon Oh)

1999년 2월 ~ 현재 한국기술교육대학교 전기전자통신공학부 교수
2006년 8월 ~ 2007년 7월 방문교수(University of Wisconsin-Madison)
1993년 10월 ~ 1999년 2월 삼성전자(주) 기술연구소 선임연구원
1996년 2월 한국항공대학교 항공전자공학과 공학박사
1990년 2월 한국항공대학교 항공통신정보공학과 공학석사
1988년 2월 한국항공대학교 항공통신공학과 공학사
※관심분야 : 이동통신, 무선통신, Wireless Sensor N/W, CR