

차량 IT 기반 의사결정 지원을 위한 교차로 신호 사전예보 시스템에 관한 연구

이양선*

A Study on the Prior Forecast System of Crossroads Traffic Information based on Vehicle-IT for Decision Assistant

Yang Sun Lee*

Division of Convergence Computer & Media, Mokwon University, Daejeon 302-729, Korea

요 약

본 논문에서는 교차로와 같은 교통집중 구간에서 교통약자를 대상으로 하여 교통신호 변화를 사전에 미리 인지하고 대응할 수 있는 교차로 신호 사전예보 시스템을 제안하였다. 또한, 제안 시스템의 정보연계 절차를 설계하고 무선 통신의 운용 가능성을 검증하기 위해 PHY 기반의 무선통신 시뮬레이터를 설계하였다. 결과적으로, 본 논문에서 설계한 시뮬레이터를 기반으로 교차로 채널환경에 따른 성능분석을 수행함으로써 교통약자에 대한 차량 IT 기반의 의사결정 지원을 위한 교차로 신호 사전예보 시스템의 서비스가 가능함을 확인 하였다.

ABSTRACT

This paper proposed a Prior Forecast System of Crossroad Traffic Information that allows vulnerable road users to perceive traffic signal changes beforehand and respond in concentrated traffic areas such as crossroads. Also, it mapped out information linking procedures of the proposed system and it designed a PHY based wireless communication simulator to verify the operational feasibility of wireless communications. Conclusively, by conducting performance analysis according to crossroad channel environments using the simulator designed in this paper, it verified that a Prior Forecast System of Crossroads Traffic Information service for vehicle IT based decision-making support for vulnerable road users is a possibility.

키워드 : 차량-IT, 교차로 정보 사전예보, 딜레마구간

Key word : Vehicle-IT, Prior forecast of crossroads traffic information, Dilemma zone

Received 27 May 2015, Revised 21 June 2015, Accepted 03 July 2015

* Corresponding Author Yang Sun Lee(E-mail:yslee48@gmail.com, Tel:+82-42-829-7638)

Division of Convergence Computer & Media, Mokwon University, Daejeon 302-729, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2015.19.9.2107>

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

지능형 교통 시스템(Intelligent Transportation System)은 교통시설의 이용을 극대화 하고 교통수단의 수송효율을 증가, 사용자의 교통편 증진과 교통안전을 도모할 수 있도록 교통 체계의 운용, 자동화, 과학화 하는 방법으로 철도, 도로, 공항 등의 교통시설과 자동차, 열차 등 교통수단에 첨단기술을 적용하여 실시간 관리, 제어, 정보수집, 활용하는 환경 친화적 미래형 교통체계이다. 지능형 자동차는 차량 자체의 센서 등을 이용한 ‘첨단 차량시스템’에서 ITS와 연계한 ‘차량-도로 협력시스템인 식 반응 템 (Intelligent Cooperation System)’으로 진화 중이다[1].

‘차량-도로 협력시스템’은 V2I, V2V 통신을 통해 인접 차량 및 도로 정보를 제공받을 수 있기 때문에 ‘첨단 차량시스템’에 비해 폭넓고 다양한 안전 및 부가서비스 제공이 가능하다[2]. 최근 국내 교통실태는 꾸준한 교통 SOC 투자에도 불구하고 교통 혼잡과 이에 따른 사회적 비용은 증가추세에 있다. 범정부차원의 지속적인 노력으로 교통사고 발생건수는 감소 중이나, 여전히 OECD 국가 중 최하위 수준이다. 또한, 고령화 사회 진입으로 인지반응이 느린 교통약자의 이동성/안전성/접근성을 지원하는 고 안전 지능형 서비스 수요는 증가 추세에 있다[3].

따라서, 본 논문에서는 교차로와 같은 교통집중 구간에서 교통신호 변화를 사전에 미리 인지하고 대응할 수 있는 교차로 신호 사전예보 시스템을 제안하고 제안한 시스템의 시뮬레이터를 설계하였다.

II. 교차로 안전지원 시스템 관련 연구

국내의 경우, 정지선 위반으로 인한 차량사고, 인명사고가 빈번하게 발생하고 있다. 이에 정부차원에서 정지선 위반에 대한 집중관리를 하고 있지만 교차로 신호 변경에 대한 인지속도 저하로 인해 급정거 또는 불법통과 등의 사례가 여전히 비일비재하고 있다. 또한, 교차로 신호 시보에 대한 인지저하로 꼬리 물기 등의 현상이 발생함으로써 교통정체의 증가를 야기 시키고 있다. 표 1은 지난 국내 교통사고의 분류에 따른 통계를 보여주고 있다[1].

표 1. 가해운전자 법규위반별 교통사고

Table. 1 Traffic accident for assailant to illegal

(단위 : 건, 명)

Item	Details	2007	2008	2009	2010
Traffic Violation	Occurrence	25,624	26,436	27,582	25,963
	death toll	390	444	427	409
	be wounded	44,316	44,678	46,281	43,416
Safety distance violation	Occurrence	21,698	21,984	24,554	23,126
	death toll	110	92	128	98
	be wounded	39,298	39,953	45,132	41,629
going slow and pause violation	Occurrence	296	386	419	417
	death toll	3	4	4	2
	be wounded	493	624	781	730

국내 신호교차로의 교통체계에 전체적으로 적용되고 있는 황색신호는 교차로 내에 딜레마구간을 존재하게 한다. 딜레마구간은 차량 운전자가 황색신호에서 교차로를 통과할 것인지 또는 정지할 것인지 결정하지 못하는 구간으로 Gazis 등[4]에 의해 제안된 GHM 모델을 일반적인 예로 들고 있다. 딜레마 구간에 위치한 차량은 갑작스런 정지나 운전자가 운행 중 적색신호를 받기 때문에 후방 충돌의 원인이 될 수 있다. 초기 딜레마구간에 관한 연구는 차량 운전자의 결정을 모두 만족하는 황색시간을 산정하여 딜레마구간을 제거하기 위한 방법으로 연구되었다. 그러나, 딜레마구간이 운전자의 반응 및 차량의 성능, 도로의 상태에 따라 동적으로 변경됨을 인지하고 최근 연구에서는 차량 운전자의 연령과 성별에 따른 인지방응속도 및 감속도와 같이 딜레마구간의 동적인 병화요소들에 관한 연구와 딜레마 구간을 고려한 교통제어 시스템 관련 연구들이 늘고 있다[5,6]. 국내 관련 연구를 살펴보면, 신호교차로에서 황색등화시 딜레마구간 차내 경고시스템과 DSRC 시스템을 응용한 사전경보 알고리즘 등의 연구들이 있으며, 주로 신호교차로에서 차량 운전자가 겪는 딜레마를 해결하기 위해 중점을 두고 있다[7,8]. 그러나, 기존 연구에서는 교통정보 변화시간, 교차로 통과시간, 정지시간 등의 시간적 관계식 계산을 통한 알고리즘 연구로써 계산의 복잡성과 보편적 차량운전자 적용이 어렵다는 문제점이 있다. 따라서, 본 논문에서 착안한 주안점은 다종의 다양한 차량성능, 운전자의 성별, 연령에 따라 표준적인 적용이 어렵다는 점을 착안하여 교차로 진입시 충

분한 이격거리에서 사전에 교차로 교통신호 변경 정보를 알림으로써 차량운전자에게 의사결정에 있어서 충분한 인지 시간을 제공하고자한다.

III. 차량 IT 기반 교차로 신호 사전예보 시스템

본 논문에서는 V2X 기반 안전지원 응용서비스의 신규 발굴을 위하여 교통약자를 대상으로 하는 교차로 진입여부 의사결정 지원을 위한 교차로 교통신호 사전예보 서비스를 제안하고 제안 서비스를 통해 교차로 정지선을 확보함으로써 2차사고 및 인명사고 예방과 교통정체를 감소하고자 한다. 그림 1은 본 논문에서 제안하는 교차로 정보 사전예보 서비스 시나리오의 개념적 정의를 나타내고 있다



그림 1. 교차로 교통신호 사전예보 서비스 개념
Fig. 1 Concept of crossroad traffic signal prior forecast service

제안하는 차량-IT 기반 교차로 정보 사전예보 시스템은 교차로 교통신호 시보현황을 사전에 주행차량에게 예보해줌으로써 정지선까지 감속 운행이 가능하며, 교차로 통과 가능여부의 판단을 효과적으로 지원할 수 있다. 각 교차로 구간에 대한 고유 GPS 좌표를 교차로에 설치되는 AP(Access Point 가칭)가 보유하고, 교통관제센터로부터 제공되는 교차로 교통신호의 잔여시간 정보를 각 도로구간 별로 패킷화 하여 각 도로구간 GPS 좌표와 함께 무선통신을 이용하여 Broadcasting 방식으로 전송하게 되고 교차로 각 구간에 진입하는 차량은

교차로 전방 100~150m 구간에서부터 AP에서 송출되는 신호를 수신하고 차량자체(OBU: On Board Unit)에서 체크되는 주행경로에 대한 GPS 좌표와 수신 데이터와의 Matching 계산을 통하여 해당 교차로 구간 데이터만을 검출 후, 음성안내를 통하여 사전 잔여시간 신호 변경 정보를 받을 수 있다. 아래 그림 2는 본 논문에서 제안한 교차로 신호 사전예보 시스템의 운용 시나리오를 보여주고 있다.

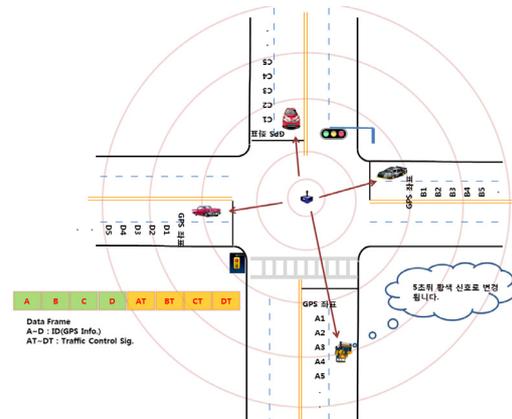


그림 2. 교차로 신호 사전예보 시스템 구성도
Fig. 2 Configuration of the prior forecast system of crossroads traffic information

교차로에 설치되어 있는 AP는 교통관제센터로부터 제공되는 교차로 신호정보를 각 도로 구간별로 패킷화하여 각 도로구간 GPS 좌표 데이터와 함께 무선통신으로 전송(Broadcasting)하게 된다. 그림 3은 AP의 데이터 프레임 포맷을 나타낸다. 데이터 프레임은 초기 신호 획득을 위한 프리앰블 및 교차로 고유 ID정보를 포함한 헤더와 교차로의 각 도로구간에 해당하는 고유 위치정보(GPS 좌표 위경도) 구간, 교통관제센터로부터 수집되는 교통신호 제어정보(신호 잔여시간정보)로 구성된다.

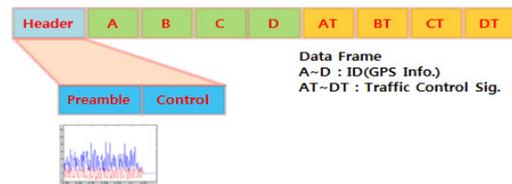


그림 3. 데이터 프레임 포맷
Fig. 3 Format of data frame

표 2는 데이터 프레임에 포함되는 세부 정보를 나타내고 있다.

표 2. 데이터 프레임 세부 정보

Table. 2 Specification information of data frame

No	Info.	display	format	
1	Crossroad ID	Unique number of crossroad	Static	Location /Time
2	Current time	00M 00D 00:00:00	Variable	Location /Time
3	Center coordinates	Latitude, Longitude	Static	Location /Time
4	Current info. of traffic	Current info. of traffic	Variable	Location /Time
5	Driveway ID	Driveway link ID (included coordinates)	Static	Location /Time
6	Green time of traffic sig.	info. of green remaining time	Variable	Location /Time
7	Yellow time of traffic sig.	info. of yellow remaining time	Variable	Location /Time

본 논문에서는 제안한 시스템의 무선통신 운용 가능성을 검증하기 위해 MATLAB Simulink Tool을 이용하여 시뮬레이터를 구현하고 제안 시스템의 성능을 가변 속도 환경에서 시뮬레이션 분석을 수행하였다. 표 3은 제안 시스템 분석에 사용된 시뮬레이션 파라미터를 나타내고 있다.

표 3. 제안 시스템 분석 파라미터

Table. 3 Analysis parameters of proposed system

Mudulation	QPSK	
Frequency band	2.4GHz	
Channel Env.	AWGN+Rician Fading	
Preamble	16Sym. CAZAC Seq. X 12	
Vehicle speed	60 km	100 km
Doppler frequency	133 Hz	220 Hz
Transmission rate	256 Kbps	
Transmission type	Broadcasting	

IV. 교차로 신호 사전예보 시스템 설계

4.1. 교차로 신호 사전예보 시스템 설계

본 논문에서는 교차로 교통신호 시보현황을 사전에 주행차량에게 예보해줌으로써 정지선까지 감속 운행이 가능하며, 교차로 통과 가능여부의 판단을 효과적으로 지원할 수 있는 차량-IT 기반 교차로 정보 사전예보 시스템을 제안하였다. 그림 4는 제안한 교차로 신호 사전예보 시스템의 정보연계 절차를 나타내고 있다.

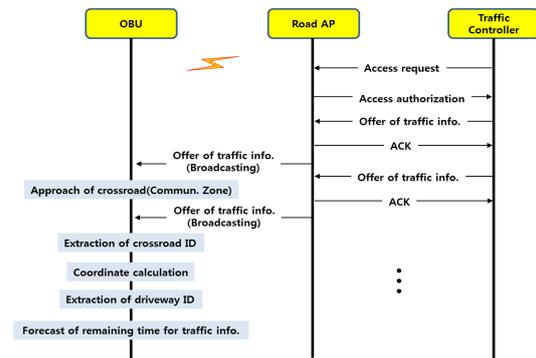


그림 4. 교차로 사전예보 시스템 정보연계 절차

Fig. 4 Information linking procedure of prior forecast system of crossroads traffic information

그림 5는 표 3의 시스템 파라미터를 이용하여 Matlab Simulink Tool로 구현한 시스템 시뮬레이터를 나타내고 있다. 무선 채널구간은 AWGN 잡음 환경과 Rician Fading 채널 환경을 고려하였고[9-11], 차량의 이동 간 발생할 수 있는 도플러 주파수를 고려하여 채널분석을 수행하였다.

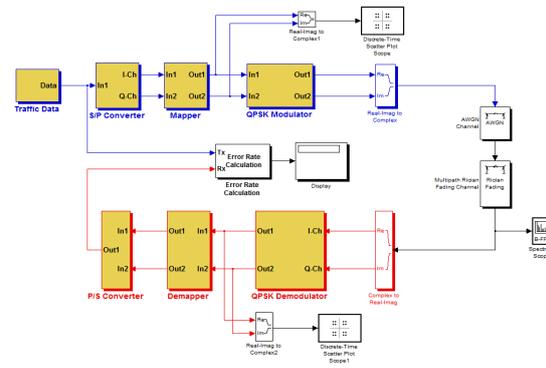


그림 5. 사전예보 시스템 시뮬레이터

Fig. 5 Prior forecast system simulator

4.2. 초기 동기획득을 위한 프리앰블 설계

본 논문에서는 AP로부터 Broadcasting된 신호의 빠른 신호 초기획득을 위하여 CAZAC 시퀀스를 이용한 프리앰블 구조를 설계하였다. Rx 초기 동기부에서는 채널

널 영향을 받은 수신신호로부터 프리앰블 CAZAC Seq. 를 이용한 Signal Acquisition 동작을 수행하고 프리앰블 CAZAC Seq.를 이용하여 주파수 오프셋을 추정하고 보상을 한다. 프리앰블은 16 Sym. CAZAC Seq. 12개를 이용하여 Cross correlation을 이용한 Signal peak 검출 방식을 사용하였다. Cross Correlation을 이용한 Signal 검출방식은 다음과 같다.

$$p = \left| \sum_{n=1}^{16} x(n)r(n) \right|^2 \quad (1)$$

여기서, x(n)은 송신신호, r(n)은 수신신호이다.

그림 6은 본 논문에서 설계한 CAZAC Seq. 기반 프리앰블 구조의 Cross Correlation 결과를 나타내고 있다.

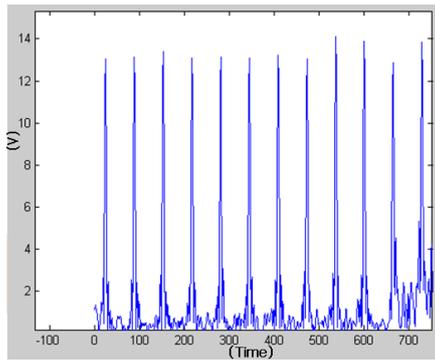


그림 6. CAZAC Seq. Cross Correlation 결과
Fig. 6 Result of CAZAC Seq. Cross Correlation

4.3. 시뮬레이션 분석 및 검토

그림 7 ~ 그림 9는 본 논문에서 설계한 교차로 사전예보 시스템의 시뮬레이터를 이용한 무선 채널환경에서의 신호 성상도를 보여주고 있다. 그림 7는 QPSK 변조방식의 신호 성상도이고, 그림 8과 그림 9는 가우시안 잡음 환경에서의 신호 성상도와 Rician 페이딩 채널 환경에서 차량의 고속 이동시 발생할 수 있는 도플러 주파수를 고려했을 때의 신호 성상도이다. 교차로 진입 전 차량의 진입속도는 정규속도 60Km/h부터 100Km/h 까지 고속이동의 경우를 고려할 수 있다 이때, 통신 간 차량의 이동으로 인한 도플러 효과가 발생하게 되고 도플러 주파수 천이로 인해 변조된 신호의 위상에 변화를 주게 되어 시스템 성능에 영향을 미치게 된다.

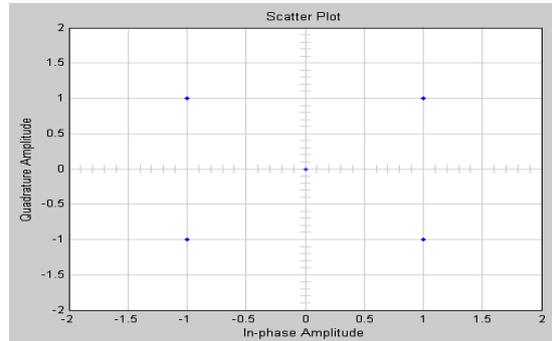


그림 7. QPSK 변조 신호의 성상도
Fig. 7 Constellation of QPSK modulated signal

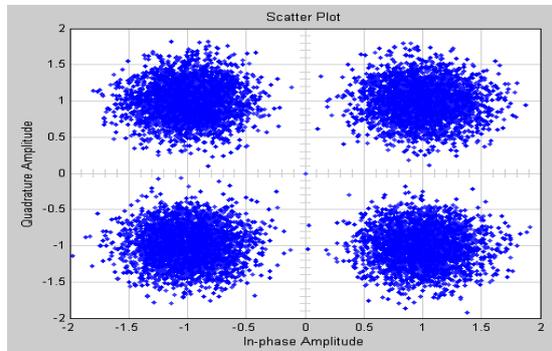


그림 8. AWGN 잡음 환경에서의 신호 성상도
Fig. 8 Constellation of Modulated signal in AWGN

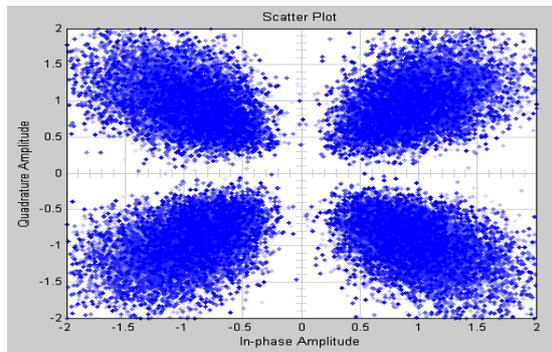


그림 9. Rician Fading 환경에서 도플러 주파수를 고려한 신호 성상도
Fig. 9 Constellation of Modulated signal with doppler frequency in rician fading

그림 10은 본 논문에서 제안한 교차로 사전예보 시스템의 BER 성능을 보여주고 있다. AWGN 잡음 환경에서의 제안 시스템의 이론적 BER 성능과 본 논문에서

설계한 시뮬레이터를 통해 분석한 BER 성능을 비교하여 나타내고 있으며 이론적 BER과 시뮬레이터의 BER이 거의 일치함을 알 수 있다. 그림 11과 그림 12는 Rician Fading 채널 환경에서 도플러 주파수를 고려했을 때, 제안 시스템의 BER 성능을 나타내고 있다. 여기서, 도플러 주파수는 차량의 이동속도 60 Km/h, 100 Km/h 두 가지 경우를 고려하여 시뮬레이션 분석을 수행하였으며, 분석 결과, 고속 주행으로 인해 발생하는 도플러 주파수의 영향은 속도에 따라 큰 성능변화를 나타내지 않았으나, 다중 반사파로 인한 다중경로 페이딩으로 인해 성능열화가 크게 발생함을 알 수 있다.

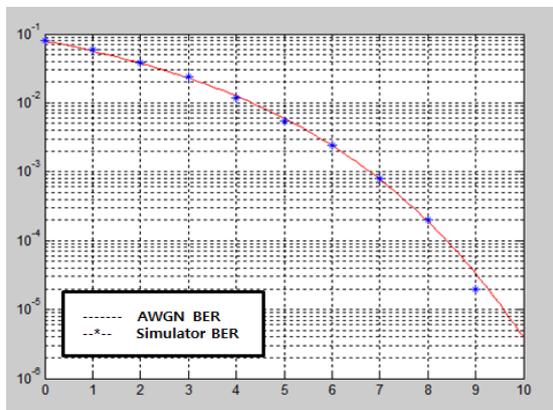


그림 10. AWGN 환경에서의 제안 시스템 BER 성능
Fig. 10 BER performance of proposed system in AWGN

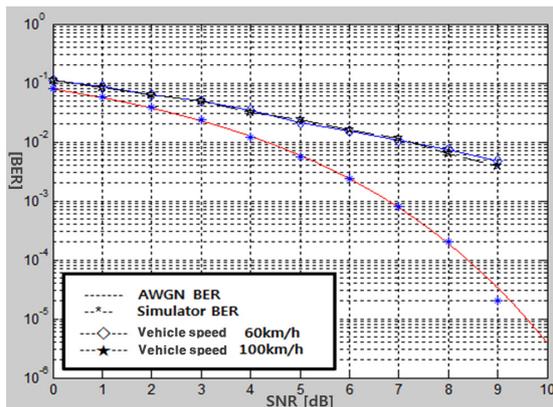


그림 11. Rician Fading 채널 환경에서 도플러 주파수를 고려한 제안 시스템 BER 성능(Rician Factor K=3dB)
Fig. 11 BER performance of proposed system with doppler frequency in rician fading(rician factor K=3dB)

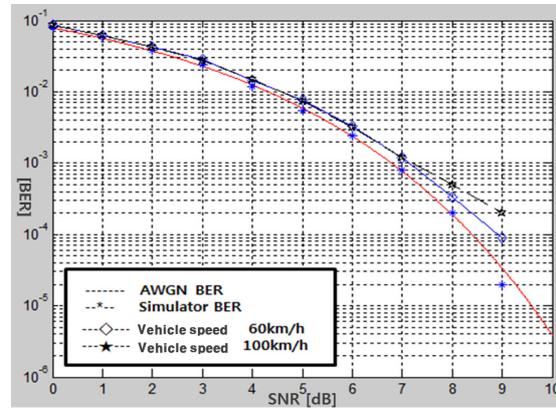


그림 12. Rician Fading 채널 환경에서 도플러 주파수를 고려한 제안 시스템 BER 성능(Rician Factor K=10dB)
Fig. 12 BER performance of proposed system with doppler frequency in rician fading(rician factor K=10dB)

따라서, 신뢰성 있는 데이터 서비스를 제공하기 위해서는 다중경로로 인한 채널 에러를 보상하기 위한 채널 부호화 기법의 적용을 통해 채널 성능을 보상하고 간단한 등화기법을 통하여 도플러 효과에 의한 위상에러를 보정함으로써 수신성능을 향상시킬 수 있음을 알 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 교차로와 같은 교통집중 구간에서 교통약자를 대상으로 하여 교통신호 변화를 사전에 미리 인지하고 대응할 수 있는 교차로 신호 사전예보 시스템을 제안하고 제안한 시스템의 시뮬레이터를 설계하였다. 또한 설계한 시뮬레이터를 기반으로 제안 시스템의 무선통신 운용 가능성을 검증하기 위해 채널환경에 따른 성능분석을 수행하였다. 차량의 고속 이동에 따른 도플러 주파수 천이 현상과 도심지의 다중경로 반사파에 의한 Rician Fading 채널 환경을 고려하여 BER 성능을 분석한 결과, 주행속도에 따른 도플러 주파수의 영향은 크게 시스템 성능에 미치지 않는으나, 다중경로 반사파로 인한 페이딩 채널 환경에서는 시스템 성능이 열화됨을 알 수 있었다. 따라서, 무선통신을 이용한 신뢰성 있는 데이터 서비스를 확보하기 위해서는 다중경로로 인한 채널 에러를 보상하기 위한 채널부호화 기법

의 적용을 통해 채널 성능을 보상하고 간단한 등화기법을 통하여 도플러 효과에 의한 위상에러를 보정함으로써 제안 시스템의 데이터 서비스 품질 확보가 가능할 것으로 사료된다. 향후 도심지 고속 주행 환경에서의 채널보상기법에 관한 연구 및 등화 기법의 연구를 수행함으로써 본 연구에서 분석한 시스템 성능을 개선하고자 한다.

REFERENCES

- [1] Industrial economy research report, "Are rapidly emerging connected car market / technology trends and participating companies of business strategy", Industrial economy research, 2012.06.
- [2] K. J. LEE, S. I. KIM, C. K. KIM, "Development direction of advanced transportation technology for humans and the environment", *Trend briefs*, pp. 10-11, 06. 2012.
- [3] Purser Sturgeon II, Steven W. Dellenback, Darin Parish, "Retrofit Safety Devices for Cooperative Commercial Vehicles" *Proceeding of ITS World Congress*, October, 2013.
- [4] L. Yue, C. Gang-Len, T. Ruihua, H. Thomas, T. Eric, "Empirical Observations of Dynamic Dilemma Zones at Signalized Intersections", *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, pp. 122-133, July 2008.
- [5] H. Rakha, I. El-Shawarby, J.R. Setti, "Characterizing Driver Behavior on Signalized Intersection Approaches at the Onset of a Yellow-Phase Trigger", *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 8, no. 4, pp. 630-640, Dec. 2007.
- [6] J. C. Ko, H. J. Lee, "Design of a Decision Assistant System for Intersection Crossing based on the IEEE WAVE", *the Journal of Korean Institute of Intelligent Transport Systems*, vol. 9, no. 1, pp. 55-68, 2010.
- [7] Y. J. Moon, J. I. Lee, "In-vehicle Dilemma Zone Warning System at Signalized Intersections", *the Journal of Korean Institute of Intelligent Transport Systems*, vol. 2, no. 1, pp. 53-62, 2003. 03.
- [8] M. Maile, "Cooperative Systems for Intersection Crash Avoidance", *MBRD*, Jan. 2008.
- [9] B. S. Yoon, "Implementation of SDR QPSK Modulation System with TMS320C6711", M. S. Theses of Hoseo University, 2004.
- [10] H. J. Kang, H. K. Kang, S. J. Cho, "Design of Digital Communication System using MATLAB Simulink", Bokdoo Publisher, 2001. 09.
- [11] H. J. Kim, "Design of Digital Communication System using Simulink", YOUNG, 2011. 02.



이양선(Yang Sun Lee)

2007년 목원대학교 대학원 IT공학과 졸업(공학박사)
 2012년 Graduated School of Engineering, Fukuoka Institute of Technology(FIT), Japan 졸업(공학박사)
 2007년 ~ 2009년 (주)휴메이트 기술연구소 기획팀장/책임연구원
 2009년 ~ 2011년 조선대학교 정보통신공학과 연구교수
 2012년 ~ 현재 목원대학교 융합컴퓨터미디어학부 조교수
 ※ 관심분야 : 차량-IT, UWB, 가시광 무선통신, 디지털 무선통신, 전파성능분석, IoT