

# 센서를 이용한 사행 운전 검출 시스템 설계 및 구현

정선미\*, 김계희\*, 문형진\*\*, 김창근\*  
경남과학기술대학교 컴퓨터공학과\*, 백석대학교 정보통신학부\*\*

## Design and Implementation of a System to Detect Zigzag Driving using Sensor

Seon-Mi Jeong\*, Gea-Hee Kim\*, Hyung-Jin Mun\*\*, Chang-Geun Kim\*

Department of Computer Science & Engineering, Gyeongnam National University of Science and Technology\*

Division of Information and Communication Engineering, Baekseok University\*\*

**요약** 최근 자동차 업계는 무선 인터넷 기술의 발달과 응용의 확산으로 자율 주행의 연구가 활발히 진행 중에 있으나 교통사고는 아직도 해결되지 않는 부분이다. 사고의 요인으로는 졸음운전, 운전자의 실수, 환경적인 요소, 잘못된 도로 구조 등이 있으며 사고 원인의 하나인 운전자의 운전 행태와 특성은 교통사고에 큰 영향을 미친다. 본 논문에서는 자율 주행 및 자가 운전을 하는 경우에 발생 할 수 있는 교통사고에서 사고발생 전에 나타날 수 있는 사행 운전의 특성을 판단하기 위한 연구를 수행하였다. 기존 연구에서는 영상기법이나 1,2차로의 운전행태로 횡방향 각속도 변화의 특성으로 사행 운전을 판단하였으나 본 논문은 센서의 값을 이용하여 횡방향의 이동거리와 임계 범위를 설정하여 사행 운전을 검출하는 연구를 진행하였다.

**주제어** : 사행 운전, 가속도센서, 방향센서, 사고운전, 자율주행

**Abstract** Even though automakers have actively been conducting studies on autonomous navigation thanks to the development and application of wireless Internet technology, the traffic accident has been kept unsolved. The causes of the accident are drowsy driving, a mistake of a driver, environmental factors, and a wrong road structure; Driving manner and characteristics of a driver among the causes are significantly influential for the accident. In this paper, a study to measure characteristics of zigzag driving that can be seen before an occurrence of an accident regarding traffic accidents that can be incurred while driving manually or autonomously was conducted. While existing studies measured zigzag driving based on characteristics of the change of lateral angular velocity by imaging techniques or driving manner on the first and second lane, this study proceeded to measure zigzag driving by setting a lateral moving distance and a critical value range by utilizing the value of a sensor.

**Key Words** : Zigzag Driving, Accelerometer Sensor, Direction Sensor, Accident, Autonomous Navigation

Received 30 September 2016, Revised 1 November 2016  
Accepted 20 November 2016, Published 28 November 2016  
Corresponding Author: Chang-Geun Kim  
(Gyeongnam National University of Science and Technology)  
Email: cgkim@gntech.ac.kr

ISSN: 1738-1916

© The Society of Digital Policy & Management. All rights reserved. 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.

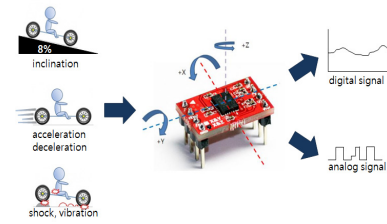
## 1. 서론

최근의 자동차 업계는 자율주행 시스템을 적용한 차량에 대한 연구를 활발히 진행하는 추세이다[1,2,3,4]. 이와 함께 안전을 고려한 여러 시스템을 차량에 적용하고 있으며 이 시스템들은 능동적인 주행 보조 역할을 수행하고 있다. 그러나 이러한 주행 보조 시스템들을 사용한다고 하더라도 사고에 대한 완벽한 예방은 아직 불가능하다[5]. 이에 본 논문은 사고가 발생할 경우 대처 방안을 제시하여 응급 구조를 신속히 처리하고자 하는 데 목적을 두고 연구를 수행하였다. 그리고 선행 연구인 곡선 도로 탐지 방안[6]에 이어서 운전자의 운전 행태의 파악을 위하여 사행 운전 검출에 대하여 연구하였다. 단독 사고의 일부는 사고 직전에 급격한 사행 운전이 발생하는 경우가 있는데 단독 사고의 판정에 대한 기준의 하나로 사행 운전을 판단하고 단독 사고의 가능성이 높은 경우 응급 구조를 수행할 수 있을 것이다. 제안하는 시스템 모델은 사행 운전을 검출하기 위하여 가속도센서와 방향센서를 이용하여 위치와 이동거리를 구하고, 주행거리를 계산한다[7]. 그리고 차선변경 운전과 사행 운전을 분류하기 위하여 임계 범위를 설정하고, 설정된 임계 범위를 이용하여 사행 운전을 검출한다. 본 논문에서는 센서 데이터로 이동거리를 구하고, 임계 범위를 설정하여 사행 운전을 검출하는 시스템 모델을 제안한다.

## 2. 관련연구

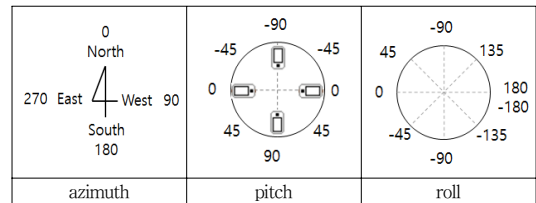
### 2.1 가속도센서와 방향센서

가속도센서는 진동 또는 물리적 충격을 받았을 때 전기적 출력을 발생시키며 3차원 공간에서 x축, y축, z축방향의 움직임을 센서 값으로 측정할 수 있다[8]. [Fig. 1]과 같이 속도의 시간적 변화인 가속(acceleration)과 감속(deceleration), 물체에 급격히 힘을 가하여 순간적으로 발생하는 가속인 충격(shock), 힘에 의하여 가속과 감속이 빠르게 주기적으로 일어나는 진동(vibration), 각의 시간적변화인 회전(rotation), 중력에 대한 위치변화인 경사(inclination)등을 측정할 수 있다.



[Fig. 1] Electronic Signal of Accelerometer Sensor

방향센서는 방위(Azimuth), 경사도(pitch), 좌우회전(roll)를 측정하는 센서이다.



[Fig. 2] 3-Axis Direction Sensor

[Fig. 2]의 방향센서는 헤더가 가리키는 부분을 수치로 나타낸다. 경사도는 센서의 수직기울기를 의미하며 좌우회전은 수평기울기를 의미한다.

### 2.2 차선 변경

차선 변경은 사행 운전과 차선 변경 운전의 주행 패턴이 유사하므로 사행 운전과 차선 변경 운전 구분을 위해 필요하다. 주행 중인 차량이 차선을 변경하기 위해서는 횡방향 1m당 약 1초를 필요로 한다[9]. 이를 하나의 차로 분으로 환산하면 3내지 4초가 소요된다.

### 2.3 사행 운전에 대한 기존연구의 특성

사행 운전은 차량 운전 중 차선을 급하게 변경하는 운전하는 행태로 차선 변경 운전과는 다르게 사고 직전에 많이 발생하는 운전 행태이다. 기존 연구는 운전자의 눈동자의 깜박임을 감지[10,11]하거나 운전자의 시선과 머리의 흔들림으로 졸음운전을 감지 또는 부주의를 감지할 수 있는 시스템을 개발하였다[12,13,14]. 또한 사행 운전을 검출하는 방법으로는 자이로 센서를 이용하여 사행 운전 시 관찰되는 횡방향 각속도 방향의 특성을 분석하고, 통계적 분석을 통하여 정상주행과 사행 운전을 분류

하기 위하여 임계값을 설정하여 설정된 임계값을 이용하여 사행 운전을 검출한다[15]. 기존 논문에서는 센서의 값을 이용하여 사행 운전을 검출하였다.

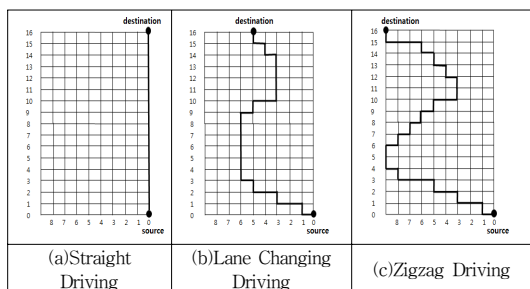
### 3. 사행 운전 검출 시스템

본 논문에서는 직선운전과 차선 변경 그리고 사행 운전을 시나리오로 설정하고 방향센서의 축의 값과 가속도 센서 값을 사용하여 위치와 이동거리를 산출하고 각 운전별 특성을 파악하여 운전 행태를 판단한다. 그리고 각 시나리오별로 운전 특성을 검출하기 위하여 임계 범위를 설정하고 임계 범위에 따라서 사행 운전 및 차선변경 운전을 판단할 수 있는 시스템 모델을 제안한다.

#### 3.1 이동거리를 이용한 사행 운전 검출

차량에 탑재한 방향센서를 이용하여 운전 특성을 파악하여 사행 운전 여부를 검출할 때 차선변경으로 인한 방향센서 데이터의 변화와 사행 운전으로 인한 데이터 변화를 구분하기 어려운 특성을 보인다. 이 문제를 해결하기 위하여 가속도센서와 방향센서의 데이터를 수집하고 수집한 데이터로 이동 거리와 위치를 구하여 차선 변경 운전과 사행 운전을 판정한다.

검출방법은 먼저 가속도센서를 이용하여 source에서 destination까지의 주행거리를 계산한다. source와 destination의 기준은 차량이 출발한 후 횡방향이 바뀌는 시점을 source이며 다시 횡방향이 바뀌는 시점을 destination 이라고 설정한다.



[Fig. 3] Moving Distance by Type of Driving

[Fig. 3]에서와 같이 1칸의 이동거리를 1이라 가정하

고 차량은 굽은 선을 따라 이동한다고 가정할 경우 (a)직선운전인 경우 16이 된다. (b)차선변경인 경우 27이며, (c)사행 운전인 경우 차량의 이동거리는 37이 된다. 사행 운전으로 인한 이동거리가 직선운전 거리의 2배 이상이 되면 사행 운전으로 설정한다. 가속도센서를 이용하여 위치를 구하기 위해 먼저 식(1)을 이용하여 속도를 구한다. 식(1)의 파라미터는 <Table 1>과 같다.

$$v = \int v_o + atdx \tag{1}$$

<Table 1> Parameter to Determine Velocity

Parameter	Description
$v$	Current Velocity(m/s)
$v_o$	Starting Velocity at Initial Movement
$t$	Time(second)
$a$	Acceleration(m/s <sup>2</sup> )

위치 구하기 위한 이동 거리 산출은 식(2)와 같다.

$$s = \int v_o t + \frac{1}{2} at^2 dx \tag{2}$$

또한 거리를 산출하기 위한 식은 식(3)과 같다.

$$2as = \int v^2 - v_o^2 dx \tag{3}$$

식(2)와 식(3)의 파라미터는 <Table 2>과 같다.

<Table 2> Parameter to Determine Moving Distance

Parameter	Description
$v$	Following Velocity
$v_o$	Initial Velocity
$s$	Distance
$a$	Acceleration

제안 시스템 모델에서는 별도의 속도 센서를 구현하지 않았으며 가속도센서로 속력을 산출하고 있다. 차선 변경과 사행 운전을 구분하기 위하여 차량 운전 시 시간 구간을 설정하고 센서에서 취득한 값으로 위치를 산출한다. 산출한 위치 값의 변화량으로 총 이동거리를 구한다. 구간 최단 거리를 계산하여 차선 변경의 임계 범위를 설

정하고 사행 운전 판단 조건과 비교하여 사행 운전을 판단한다. 구간 최단 거리를 산출하는 식은 식(4)와 같다.

$$d_s = \sqrt{(x1 - x2)^2 + (y1 - y2)^2} \quad (4)$$

식(4)에서 사용하는 파라미터는 <Table 3>과 같다.

<Table 3> Parameter to Determine Shortest Distance

Parameter	Description
$d_s$	Shortest Distance of Route
$x1, x2$	X-coordinate of Vehicle Position
$y1, y2$	Y-coordinate of Vehicle Position

차선변경 또는 사행 운전을 판단하기 위한 방향 변경이 발생하는 경우에서 거리를 계산하는 식은 식(5)와 같으며 식(5)에서 사용하는 파라미터는 <Table 4>와 같다.

$$d_t = \int d_s + \frac{1}{r_w} c dx \quad (5)$$

<Table 4> Parameter to Determine Direction Change

Parameter	Description
$d_t$	A Total of Moving Distance (m)
$d_s$	The Shortest Distance of Route (m)
$r_w$	Lane Width
$c$	The Number of Direction Change

### 3.2 임계 범위 설정

제안 시스템 모델에서 각 시나리오별로 임계 범위를 산출하기 위한 식은 식(6)과 같다.

$$cv = \frac{1}{cf} (mx - mn)^2 \quad (6)$$

식(6)에서 사용하는 파라미터는 <Table 5>와 같다.

<Table 5> Parameter to Determine Critical Value

Parameter	Description
$cv$	Critical Value Range
$cf$	Compensating Factor
$mx$	Maximam Value
$mn$	Minimam Value

## 4. 시뮬레이션 및 결과

### 4.1 시뮬레이션 환경 및 모델

시뮬레이션은 Core i5 CPU에 4GB의 메모리를 탑재한 Windows 7시스템에서 Unity 5로 수행하였다. 그리고 시뮬레이션 환경은 <Table 6>과 같다.

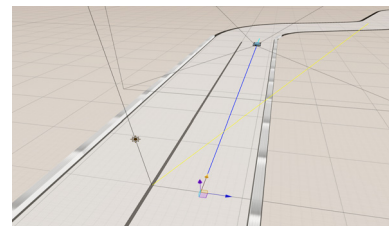
<Table 6> The Environment of Simulation

Environment	Description
design speed	80km/h
impact severity	160 KJ
guardrail	SB4
road width	two-lane road
altitude	none

도로의 환경은 중앙 분리대를 표현하지 않은 2차로 도로로 구현하였다. 도로의 설계 속도는 80km/h이고 편도 2차로로 설정하였으며 차량 방호벽의 등급은 SB4, 기준 충격도는 160kJ로 설정하였다. 그리고 도로 및 주변 환경은 고도를 반영하지 않은 2차원 평면도로로 설계하였다. 각 시나리오별로 이동 궤적을 실선으로 표현하였다. 그리고 각 운전 상황 별로 20회씩 주행 시뮬레이션을 수행하였다.

### 4.2 직선 운전

시뮬레이션에서 직선 운전 시나리오는 [Fig. 4]와 같으며 시뮬레이션 결과 값은 <Table 7>과 같다.



[Fig. 4] Trace of Straight Driving

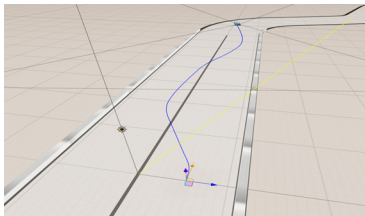
[Fig. 4]에서 차량은 z축 방향으로 진행하고 있으며 앞에서 기술한 바와 같이 실선의 이동 궤적으로 표현하고 있다. 그리고 차량의 위는 y축을 나타내고 있으며 x축은 진행 방향의 좌우를 표현하고 있다.

<Table 7> Sensor Data of Straight Driving

Time(sec)	axis-X	axis-Y	axis-Z
0	5.5	0.0	0.0
1	5.5	0.1	0.4
2	5.5	0.1	3.6
3	5.5	0.1	12.4
4	5.5	0.1	26.8
5	5.5	0.1	46.2
6	5.5	0.1	68.2

### 4.3 차선 변경 운전

차선 변경 시나리오는 [Fig. 5]과 같으며 2차로 주행 중 1차로로 진입 하였다가 다시 2차로로 진입하는 운전자로 시뮬레이션 결과 값은 <Table 8>과 같다. 이때 진행 방향의 좌우가 변경되었기 때문에 x축의 값이 변화되었음을 확인할 수 있다.



[Fig. 5] Trace of Lane Changing Driving

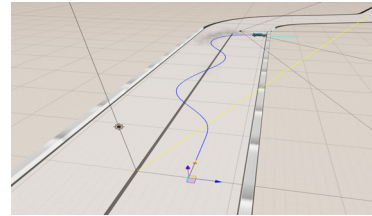
<Table 8> Sensor Data of Lane Changing Driving

Time(sec)	axis-X	axis-Y	axis-Z
0	5.5	0.0	0.0
1	5.5	0.1	0.0
2	5.2	0.1	2.6
3	1.4	0.1	9.8
4	-2.8	0.1	22.6
5	-1.1	0.1	41.1
6	5.5	0.0	63.5
7	3.7	0.0	88.2

### 4.4 사행 운전

사행 운전의 시나리오는 [Fig. 6]과 같다. 사행 운전은 다양한 운전 행태를 보이나 일반적으로 [Fig. 6]과 같은 급격한 차선 변경을 나타낸다. 제안하는 시스템은 사행 운전을 검출하기 위하여 방향센서와 가속도센서를 이용하여 위치와 이동거리를 구하고, 방향 전환을 판단하기 위하여 주행거리를 계산한다. 그리고 차선 변경 운행과 사행 운전을 분류하기 위하여 임계 범위를 설정하고, 설

정된 임계 범위를 이용하여 사행 운전을 검출한다. 사행 운전이 발생하고 시뮬레이션 결과 값은 <Table 9>로 확인할 수 있다.



[Fig. 6] Trace of Zigzag Driving

<Table 9> Sensor Data of Zigzag Driving

Time(sec)	axis-X	axis-Y	axis-Z
0	5.5	0.0	0.0
1	5.5	0.1	0.3
2	5.5	0.1	3.0
3	5.3	0.1	10.9
4	-1.9	0.1	21.8
5	0.4	0.1	38.2
6	-2.5	0.1	58.6
7	5.1	0.0	77.7
8	8.8	0.1	76.7

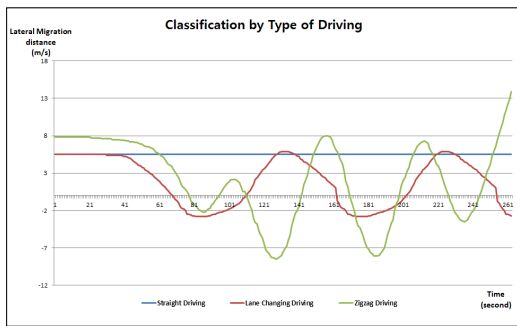
### 4.5 임계 범위 설정

차선 변경과 사행 운전을 구분하기 위하여 axis-X의 값을 이용하여 임계 범위를 산출하였다. 시뮬레이션에서 axis-X의 최소값은 -8.5였으며 최대값은 30.8을 보였다. 두 값은 서로 다른 시나리오에서 나타났으며 각각의 시나리오에서 최대값과 최소값의 편차는 최소 8.7에서 최대 33.4가 나타났다. 이 값을 이용하여 산출되는 임계 범위는 <Table 10>와 같다.

<Table 10> Critical Value Range of Zigzag driving

	Critical Value Range
Straight Driving	$0 \leq cv < 0.08$
Lane Changing Driving	$0.08 \leq cv < 0.22$
Zigzag Driving	$0.22 \leq cv < 0.72$

<Table 10>의 임계 범위를 벗어나는 값은 곡선 운전의 특성을 나타내고 있으나 이는 본 논문의 연구 범위가 아니므로 본 논문에서는 제외하였다.



[Fig. 7] Classification by Type of Driving

[Fig. 7]은 직선 운전과 차선 변경 운전 그리고 사행운전과 같이 차량 운행에 따른 시뮬레이션 결과를 나타내는 그래프이다. 직선 운전과 사행 운전과의 이동거리는 2배 이상의 차이가 있음을 확인할 수 있으며, 사행 운전인 경우 그래프의 폭이 차선 변경 운전일 때 보다 2배가량 좁은 것으로 나타났다.

## 5. 결론

본 논문은 선행연구인 곡선차선 탐지 방안 이후의 연구로 사고 발생 후의 대응을 위하여 운전자의 운전 행태를 파악하기 위해 방향센서를 이용한 사행 운전 검출 시스템을 제안하였다. 제안하는 시스템은 Unity 5를 이용하여 시뮬레이션 한 결과, 차선 변경 운전 및 사행 운전의 운전 행태를 판단할 수 있었다. 또한 임계값이  $0.22 \leq cv < 0.72$ 의 범위에 들어가는 경우와 주행 기록이 임계 범위 내에 있을 경우 차량의 주행거리가 직선운전의 2배 이상인 경우 사행 운전으로 판단할 수 있다. 기존 연구에서는 사행 운전을 검출하여 경고 정보를 제공하는 방안으로 연구가 진행 되었으나 본 논문은 운전 유형을 판단하여 사고 상황을 판정하기에 적절함을 보였다.

향후 연구에는 몬테카를로 시뮬레이션을 이용하여 임계 범위의 오차를 줄여 사행 운전 검출을 보완 연구가 필요하다.

## REFERENCES

[1] Hye G. Park, Hyong G. Lee and Soon H. Kwon,

“Design of Autonomous Navigation Systems based on Wireless Networks”, Journal of Korean Institute of Intelligent Systems, Vol. 22, No. 4, pp. 435-440, 2012.

[2] Hee Chang Moon, Hoon Je Woo and Jung Ha Kim, “Development of System Architecture and Communication Protocol for Unmanned Ground Vehicle”, Journal of Institute of Control, Robotics and Systems Vol. 14, No.9, pp.873-880, 2008.

[3] KwangOh Cho, JongDuck Moon, “Direction for Support of MOTIE R&D in Autonomous Driving Vehicle”, Journal of the Korean Society of Automotive Engineers, Vol. 36, No. 7, pp. 20-25, 2014.

[4] J. Y. Song, J. W. Park, K. Y. Jhang, J. W. Lee, I. S. Chang, “The Detection of Traffic Lanes and the Distance to The Forward Vehicle using the Machine Vision”, Transactions of KSAE, Vol. 7, No. 3, pp. 310-320, 1999.

[5] L. N. Boyle and F. Mannering, “Impact of traveler advisory systems on driving speed: some new evidence”, Transportation Research Part C12, vol. 12, pp. 57-72, 2004.

[6] Gea-Hee Kim, Seon-Mi Jeong, Hyungiin Mun, Chang-Gaun Kim, “Design of Curve Road Detection System by Convergence of Sensor”, Journal of digital convergence, Vol. 14, No. 8, pp. 253-259, 2016.

[7] Jung-Mo Yang, Jeong-Ho Kim, “A Study on the Enhancement of Network Survivability through Smart Sensor Technologies Convergence”, Journal of digital convergence, Vol. 14, No. 8, pp. 269-276, 2016.

[8] P. Li, X. Huang, Y. Fang, P. Lin, “Optimal placement of gateways in Vehicular Networks”, IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. 56, No. 6, pp. 3421-3430, 2007.

[9] Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, “Road Disign Standards: Chapter 9”, 2012.

[10] M. Eriksson and N. P. Papanikolopoulos, “Driver fatigue:a vision-based approach to automatic diagnosis”, Transportation Research Part C9, Vol. 9, pp. 399-413, 2001.

[11] Q. Ji, Z. Zhu and P. Lan, “Real time and non-intrusive driver fatigue monitoring”, In 7th IEEE Transactions



on Vehicular Technology 4, 1052 - 1068, 2004.

- [12] J. D. Wu and T. R. Chen, "Development of a drowsiness warning system based on the fuzzy logic images analysis", Expert Systems with Applications, Vol. 34, pp. 1556-1561, 2008.
- [13] J. Wang, W. Xu and Y. Gong, "Real-time driving danger-level prediction", Engineering Applications of Artificial Intelligence, Vol. 23, pp. 1247-1254, 2010.
- [14] N. Sharma and V. K. Banga, "Drowsiness arming system using artificial intelligence", World Academy of Science, Engineering and Technology 67, pp. 850-852, 2010.
- [15] Hee-Sub Rim, Eun-Bi Jeong, Cheol Oh, Kyeong-Pyo Kang, "Detection of Unsafe Zigzag Driving Maneuvers using a Gyro Sensor", Review of KITS, Vol. 22, No 1, Vol. 10, No. 2, pp. 42-54, 2011.

**정 선 미(Jeong, Seon Mi)**



- 2008년 2월 : 경상대학교 컴퓨터과 학과(이학사)
- 2015년 3월 ~ 현재 : 경남과학기술대학교 컴퓨터공학과(박사과정)
- 2011년 4월 ~ 현재 : 경남과학기술대학교 컴퓨터정보센터 연구원
- 관심분야 : 네트워크 통신, Vanet, IoT

· E-Mail : chipmunk098@gmail.com

**김 계 희(Kim, Gea Hee)**



- 2013년 8월 : 한국방송통신대학교 정보과학과(이학석사)
- 2014년 3월 ~ 현재 : 경남과학기술대학교 컴퓨터공학과(박사과정)
- 2011년 4월 ~ 현재 : 경남과학기술대학교 컴퓨터정보센터 연구원
- 관심분야 : Vanet, IoT, 무선네트워크, 차량간통신

· E-Mail : jenni7@naver.com

**문 형 진(Mun, Hyung Jin)**



- 2008년 2월 : 충북대학교 전자계산학(이학박사)
- 2009년 3월 ~ 2012년 8월 : 중국연변과학기술대학 컴퓨터전자통신학부 교수
- 2008년 3월 ~ 현재 : 백석대학교 강사
- 관심분야 : 프라이버시보호, 네트워크보안, 접근제어

· E-Mail : jinmun@gmail.com

**김 창 근(Kim, Chang Geun)**



- 1985년 2월 : 경상대학교 컴퓨터과 학과(이학사)
- 1999년 2월 : 경남대학교 컴퓨터공학과(공학박사)
- 1995년 3월 ~ 현재 : 경남과학기술대학교 교수
- 관심분야 : 컴퓨터네트워크, 데이터통신, e-비즈니스

· E-Mail : cgkim@gntech.ac.kr