

정전 용량을 이용한 비접촉식 엘리베이터 버튼

방걸원

광주대학교 미래자동차공학과 교수

The contactless elevator button using the electrostatic capacity

Gul-Won Bang

Professor, Division of Future Automotive Engineering, Gwangju University

요약 건물에 설치된 엘리베이터는 승강기 호출 버튼과 목적층으로의 선택을 위한 입력 버튼으로 구성되어 있다. 엘리베이터 버튼은 승강기를 이용하는 사람이 직접 눌러야 입력이 된다. 이러한 승객의 입력은 버튼의 오염으로 인해 전염병에 감염될 수 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 수단으로 비접촉식 버튼이 요구되고, 이는 정전용량 방식을 적용하여 물체의 근접을 감지한다. 적외선 열감지 센서를 부착하여 인체의 체온을 측정하는 기능을 구현하고 UV-LED를 부착하여 버튼의 살균 기능을 제공한다. 물체가 없을 때의 출력파형을 측정하고 물체가 근접할 때의 출력 파형을 측정하여 버튼이 선택되고 적외선온도측정 센서를 통해 체온이 측정되며, 사용자가 없을 때 UV-LED를 점등하여 살균하였다. 비접촉식 엘리베이터 버튼은 전염병을 옮기는 바이러스의 감염을 방지할 수 있는 효과가 있고, 체온을 감지하여 COVID 19의 양성 확진자를 선별할 수 있어 감염병 예방에도 효과가 있을 것으로 기대된다.

키워드 : 정전 용량, 엘리베이터, 코로나 19, 열 센서, 비접촉식 스위치

Abstract The elevator installed in the building consists of an elevator call button and an input button for selection to the target floor. The elevator button is input only when the elevator user directly presses it. Such passenger input can be infected with an infectious disease due to contamination of the button. A non-contact button is required as a means for solving this problem, which detects the proximity of an object by applying a capacitive method. It implements a function of measuring the body's body temperature by attaching an infrared heat sensor, and provides a sterilization function of a button by attaching a UV-LED. A button was selected, a body temperature was measured through an infrared temperature measurement sensor, and UV-LED was turned on and sterilized when there was no user. The contactless elevator button is expected to be effective in preventing infectious diseases as it can prevent infection of viruses carrying infectious diseases and can detect body temperature to select positive patients of COVID 19.

Key Words : Electrostatic capacity, Elevator, COVID 19, Heat sensor, Contactless switch

1. 서론

일반적으로, 주거용도 및 업무용도 등으로 건축되는 다양한 종류의 고층 건물에는 해당 건물을 찾는 승객의 수직방향으로의 원활한 이동을 위해 엘리베이터 장치가 설치된다. 건물의 각 층 승차장에는 승객이 특정 층으로의 이동을 위해 엘리베이터 탑승 차를 호출하기 위

한 승차장호출 버튼이 갖춰짐과 아울러, 엘리베이터 카 내에는 탑승객이 도어의 개폐 및 목적 층으로의 이동을 위해 버튼 조작하도록 도어 개폐버튼 및 목적층 입력 버튼 등이 갖춰지며 구성된다. 탑승자는 목적지에 도달하기 위해 직접 목적 층 버튼을 누르고, 승강기의 문을 여닫기 위해 열림 및 닫음, 버튼을 눌러야 한다. 요즘처럼 COVID 19의 감염병이 확산하고 있는 시기로 기존

*Corresponding Author : Gul-Won Bang(bgcom@gwangju.ac.kr)

Received November 8, 2021

Accepted December 20, 2021

Revised December 2, 2021

Published December 31, 2021

의 엘리베이터에 버튼의 오염을 방지하기 위해 구리 필름을 부착하여 사용하고 있으나, 실제 예방효과는 입증 이 안 되어 있고 사용자가 많으면 필름의 파손으로 인 해 자주 교체해야 한다. 이런 문제점을 해결하는 방안 으로 직접 누르지 않고 근접하는 것만으로 작동시킬 수 있는 엘리베이터의 비접촉식 버튼을 요구된다. 또한, 다수의 승객이 빈번하게 사용하고 공기 중의 바이러스 의 흡착 등을 예방하기 위해 버튼 부위를 수시로 방역 처리할 수 있고 손가락을 직접 접촉하지 않고 근접하는 것만으로 작동할 수 있어 위생성을 증대하는 효과가 있 다. 엘리베이터 버튼은 각 층 승차장에 갖춰지는 오르 고 내림 호출 버튼과 내부의 각 층 버튼, Door의 열림 과 닫음 버튼으로 구성되어 있는데 이런 엘리베이터 버 튼은 직접 눌러 조작하게 되므로, 다수의 승객이 사용 하는 버튼의 특성에 따라 오염물질 및 코로나바이러스 등과 같은 전염성 병원균 등의 흡착에 따른 위생상의 문제점이 발생한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 비 접촉식 버튼이 필요하여 정전용량을 이용한 비접촉식 엘리베이터 버튼이 이러한 문제점을 해결할 수 있는 수 단이 된다. 오염물질로부터 보호할 수 있고 소독액이 분사되기 때문에 청결을 유지하며 버튼을 직접 접촉하 지 않기 때문에 버튼의 오염과 전염병을 옮기는 바이러 스의 감염을 방지할 수 있다. 또한, 체온을 감지하여 코 로나 양성 확진자를 선별할 수 있어 감염병 예방에도 효과가 있을 것으로 기대된다.

2. 정전용량 비접촉스위치 기술

2.1 정전용량형 근접 센서

정전용량형은 이전에 유도식이 인덕턴스 변화를 했 던 것과 유사하게 발진회로의 커패시턴스(정전용량) 값 을 변화시켜 근접 물질을 검출하는 방식으로 검출물체 가 센서에 접근하면 검출 전극과 대지 간 정전용량이 증가하는 것을 이용해 물체를 검출한다. 정전용량형 근 접 센서는 접지전극 방식과 비접지 적극 방식이 있다 [1-3].

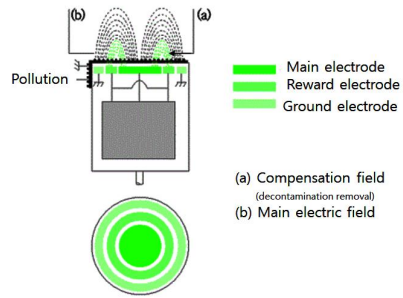


Fig. 1. Ground electrode method

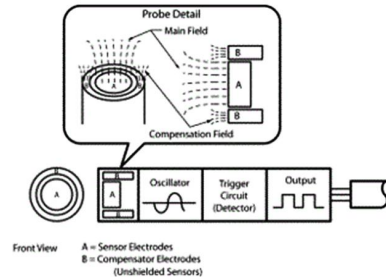


Fig. 2. Unground electrode method

보상 전극은 일반적으로 주전극과 접지 사이에 자기 장 루프가 형성되는데 그사이의 공간은 비어있게 된다. 이는 특히 외부에 오염물질이 달라붙으면 전극이 활동 하는 데 방해된다. 이를 극복하는 방법이 보상 전극을 설치 것이고, 보상전극은 주전극과 루프를 형성하게 되 어 더 촘촘하게 자기장이 형성된다. Fig. 1은 접지전극 을 갖은 정전용량 근접센서이고 Fig. 2는 접지전극을 갖지 않는 정전용량 근접스위치이다. 정전용량형은 유 도형과 비교했을 때 비금속 물체에도 적용이 가능한 장 점이 있다. 또한, 유전체의 차이로 검출하기에 비금속 용기 내 내용물 검출과 같이 선택성도 증가한다[4,5]. 정전용량식 근접 센서 (Capacitive Proximity Sensor) 는 Fig. 3과 같은 평행한 판의 커패시턴스를 측정하는 구조로 되어 있다.

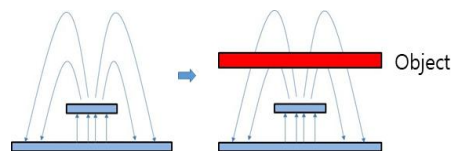


Fig. 3. A structure that measures the capacitance of a parallel plate

근접 센서에 물체가 근접하면 평행판 사이의 캐패시턴스가 변하고 Fig. 4와 같은 변화로 물체의 근접을 검출한다.

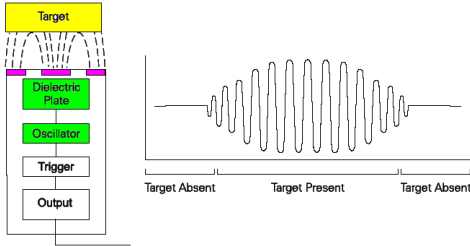


Fig. 4. Capacitance changes when an object approaches

2.2 적외선 온도측정

적외선 체온측정센서의 원리는 피부 표면의 온도를 살펴 체온을 알아낸다. 보통 이마 표면 온도를 잰다. 이마 피부밑에는 측두동맥이 흐른다. 측두동맥은 체온 조절을 담당하는 뇌 시상하부와 연결됐으며 체온 변화에 민감한 혈관이다. 피부와도 가까이 위치하고 있어 체온 측정에 적합한 부위다. 적외선 체온계는 측두 동맥에서 혈액이 흐르는 순간 발생하는 적외선을 포착해 열 수치로 나타내준다[6]. 적외선 수치가 올라갈수록 온도가 높아지는 식이다. 주의할 점은 피부 온도를 측정하는 것이기에 피부 온도에 영향을 주는 땀과 같은 이물질 제거하고 건조한 피부 상태로 측정을 받아야 한다[7].

2.3 자외선 살균 효과

자외선 살균작용은 200~280nm의 자외선 영역인 UV-C 에서 박테리아, 바이러스 등과 같은 각종 세균의 세포막을 투과하여, 더 이상 세포증식이 이루어지지 않도록 DNA를 손상시키거나 파괴한다. UV 살균은 200~300nm의 파장에서 효과적으로 방출된 UVC 자외선은 강한 살균 효과를 낸다[8]. 자외선은 DNA에 흡수되어 그 구조를 파괴하고 살아있는 세포를 비활성화 시킴으로 바이러스, 박테리아, 효모, 곰팡이와 같은 미생물이 UV 빔을 통해 몇 초만에 무해하게 살균된다. 조사 강도가 충분히 높은 경우 UV 살균은 화학 물질을 첨가할 필요가 없으므로 매우 신뢰할 수 있고 환경친화적인 방법으로 미생물은 자외선에 대한 저항력이 생기게 할 수 없다. 자외선 살균은 몇 초만에 박테리아, 바이러스, 효모 파괴하고 맛 손상과 냄새 손상 없으며, 유

해한 부산물의 형성 없고(그중에서도 트리할로메탄 (THM) 형성 없음), 화학 물질의 첨가 없으므로 유지보수 절차가 거의 필요하지 않고 취급이 쉽다. 낮은 운영 비용과 최고의 운영 안전성을 갖는 특징이 있다[9].

3. 정전용량 비접촉 스위치

엘리베이터를 작동시키는 버튼은 정전용량의 변화를 감지하여 전기 신호를 전송하는 근접 센서 및 열을 감지하여 전기 신호를 전송하는 체온 감지센서로 구성된다. 엘리베이터의 비접촉식 버튼은 체온 감지센서로부터 전송된 전기 신호를 설정된 온도 와 비교하여 설정된 온도 수치 이상일 때 외부에 알리는 경고 알림의 기능을 한다. 근접 센서가 정전용량의 변화를 감지한 후 소정의 시간 후에 버튼에 소독약을 분사하는 분사장치가 설치된다.

엘리베이터의 비접촉식 버튼은 MCU, 버튼, 근접 센서 및 체온 감지센서로 구성되고 제어는 엘리베이터의 승강 작동을 포함한 전반적인 기능 및 작동을 제어하고, 버튼은 사용자의 입력을 통해 제어에 작동 명령의 전기 신호를 전송하는 복수 개의 버튼을 배열한 조립체 및 엘리베이터 문의 개폐 등과 같은 다양한 사용자의 작동 명령을 입력하기 위해 복수 개로 형성되어 있다. 버튼은 근접 센서와 체온 감지센서로 구성된다. 근접 센서는 복수 개의 버튼 각각에 전극을 설치하고 전극의 정전용량의 변화를 감지하여 MCU에 전기 신호를 전송할 수 있다. Fig. 5는 정전용량 비접촉센서의 구성도이다.

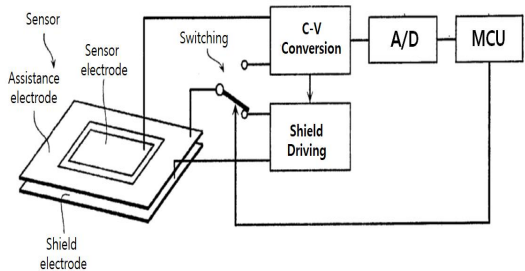


Fig. 5. Capacitive non-contact sensor configuration diagram

정전용량 비접촉센서는 센서 전극, 실드전극 및 보조 전극으로 구성하고 센서 전극은 C-V 변환 회로에 접속되고, 실드전극은 실드 구동회로의 접속되어 있다.

보조 전극은 전환 스위치를 통해 C-V 변환 회로 또는 실드 구동회로에 접속된다. 전환 스위치에서 전환되어 C-V 변환 회로에서 검출된 정전용량 값(C1, C2)을 비교해서, 센서 전극의 검지 영역의 범위를 임의로 설정한다. 검지 영역의 범위를 임의로 설정할 수 있으므로 다양한 검출 조건에서도 검지 대상물을 확실하게 검지하는 것이 가능해진다. 또한, 입체적인 센서 구조를 이용하지 않기 때문에 센서의 배치 자유도가 높아, 다양한 장소 등에 적용하는 것이 가능해진다. 손가락의 접근을 감지하는 방법으로 비교판정 방법을 사용한다. 비교판정 방법은 첫 번째 정전용량값(C1)을 두 번째 정전용량값(C2)으로 나눈 값에 소정의 계수를 곱해서 비교값을 산출하고, 비교 값이 미리 설정된 임계값 이상이 되는지 아닌지에 따라, 검지 영역의 범위 내에 검지 대상물이 있는지를 판정하도록 한다. 검출 회로는 센서 전극과 보조전극 중 어느 하나에 의해 검지된 정전용량에 기초하는 정전용량 값을 검출하는 기능을 하고 전환 스위치에 의해 보조전극을 실드구동회로에 연결하여 발진 신호를 실드전극에 전달하여 자기장을 구성하고 센서 전극에 의해 기준이 되는 정전용량 값(C1)을 검출하여 초기용량 기억장치에 저장한다. 보조전극이 C-V 변환 회로에 연결되었을 때 정전용량 값(C2)을 검출할 Rh 판정 회로에서 초기용량 기억장치에 저장된 정전용량 값(C1)과 정전용량 값(C2)을 비교하여 물체의 접근을 판정한다. 검지 영역의 범위 내에 검지 대상물이 있으면 정전용량 값(C1)을 기초하여 검지 대상물의 센서 전극까지의 거리를 판정한다. 근접 센서는 사용자의 손을 버튼의 위치 9mm~ 11mm 위치에 근접하면 정전용량의 변화를 감지하여 MCU에 전기 신호를 보낸다. 정전용량형 근접 센서는 발진회로의 정전용량 값을 변화시켜 근접 물질을 검출하는 방식으로 검출물체가 센서에 접근하면 검출전극과 대지 간 정전용량이 증가하는 것을 이용해 물체를 검출한다.

적외선 체온 감지센서는 복수 개의 버튼 각각에 설치되어 버튼에 근접하는 사용자의 체온을 비접촉식으로 측정한다[10]. Thermopile IR 센서는 인체에서 발산되는 적외선감지 성능이 우수하여, 수 meter 거리에서 비접촉 체온측정이 쉽고, 정밀한 온도 보상 회로와 가시광선 차단 렌즈 필터가 내장되어 주변 환경의 나쁜 영향이 최소화되고, 인체감지 적외선 신호 증폭률이 약 8,000배 수준에 있어, 미세한 인체 적외선 신호 감지에

최적으로 인체 또는 동물 감지에 응용 사용되며, 감지 거리가 약 6 meters 수준으로 감지되어 증폭된 적외선 아날로그 신호는 “Analog-Out” 단자로 출력되어 체온 측정기 등에 응용이 가능하다. 감지되어 증폭된 디지털 출력된 신호는 “Digital-Out” 단자로 “High” 출력된다. 사용 가능 전원 전압 : DC 9 ~ 12.0 Volts, 소비전류 : 23mA ~ 68mA, 적외선감지 파장 대역 : 8 μ m ~ 14 μ m, 인체감지 Angle 범위 : 약 8도, 자동 온도 조절 기능이 내장된다[11]. 실제 체온과 손가락의 체온은 손가락이 더 4 $^{\circ}$ C 낮게 측정되기 때문에 보정해 준다[12]. 체온감지센서는 적외선 열 감지 센서이다. 체온 감지센서로부터 측정된 온도 값은 설정된 온도 값과 비교하여 일정 온도값 이상일 때 사용자에게 알린다[13]. 알림은 모니터, LED 패널, 통신 단말기 및 스피커 등과 같이 사용자의 시각 및 청각을 통해 정보를 인식할 수 있도록 한다. Fig. 6은 비접촉식 엘리베이터 버튼의 구조이다.

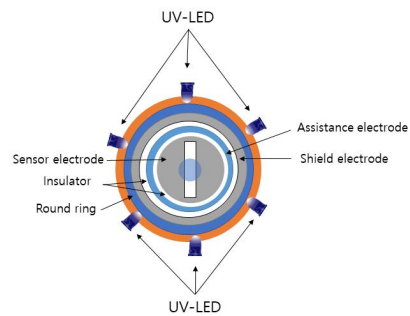


Fig. 6. Contactless elevator button

UV 살균장치는 고리 모양의 링에 UV-LED 6개 설치하고 LED가 점등되었을 때 자외선 빛이 버튼 주위에 고루 퍼지도록 한다. UV-LED 드라이버는 점등 신호를 수신하면 점등 상태를 유지하고 소등신호를 기다린다, 소등신호는 살균 효과를 높이기 위해 0.5h 시간이 필요하여 점등 후 0.5h의 시간이 지나면 MCU에서 소등신호를 송신하여 UV-LED를 소등한다. UVC LED 사양은 Power 0.5W, 사용전압 9-11V, 소비전류 60mA, 파장 265~285nm, 출력 6-10mW, 수명 1만 시간 엘리베이터의 비접촉식 버튼은 버튼의 둘레부에 UV-LED를 설치하고 근접 센서의 정전용량 변화 감지 전기 신호를 전송 받은 후 소정의 시간(3초)이 지나면 UV-LED를 점등하여 버튼을 살균한다.

4. 구현 및 평가

엘리베이터 버튼을 직접 설치하지 않고 버튼 부분만을 제작하여 실험하였다. 버튼은 5개로 구성하고 정전 용량을 측정하기 위해 2개의 전극을 사용하여 손이 근접하면 2개의 전극 사이의 캐패시턴스가 변하는 것이 나타났다. 정전용량 센서는 전기력을 이용하여 검출하였다. 검출 감도를 조절하기 위해 가변저항을 연결하여 가변저항의 조절을 통해 검출 감도를 조절할 수 있었다. 근접센서에서 손이 근접하여 신호가 검출되면 펄스가 발생하도록 하였다. 펄스값은 오실로스코프를 통해 확인할 수 있었다.

테스트 결과는 손가락이 근접센서에 접근하였을 때 출력되는 파형의 변화를 확인하고 파형의 변화를 감지하여 버튼의 선택이 활성화되었다. 총 100회를 시험하여 100회 성공으로 100%의 결과가 나왔다.

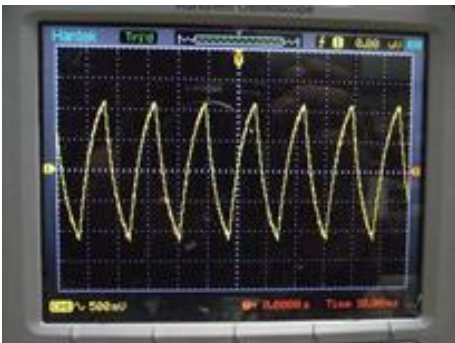


Fig. 7. A state waveform out of contact with an object

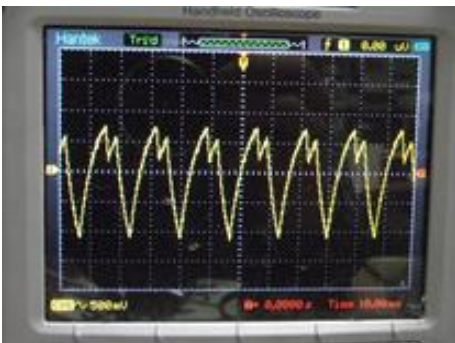


Fig. 8. A waveform when an object is close

Fig. 7은 근접센서에 물체가 없을 때의 출력 파형이고 Fig. 8은 근접센서에 물체가 접근했을 때 출력 파형이다. 물체가 없을 때의 파형과 물체가 근접했을 때의

파형을 비교 분석하여 물체의 근접 신호를 제어회로로 보낸다. 엘리베이터의 제어회로에 신호를 전송되면 필요한 작업을 할 수 있다. 손이 근접하면 펄스 발생과 동시에 열 감지센서에 의해 손의 온도를 측정한다. 손의 온도측정은 실제 체온과 +2 ℃의 차이가 있어 교정하여 실제 온도의 오차 범위를 감소시켜다. 버튼에서 펄스 신호가 발생하고 3초 경과 후 UV-LED가 점등되었다. 5개의 버튼을 대상으로 실험한 결과 모두 펄스가 검출되고 온도측정 오차가 0.5℃ 이내로 측정된 결과가 나왔다. UV-LED는 점등 후 버튼에 근접하는 물체가 없으면 30분간 점등 후에 소등하였고, 물체가 접근하면 접근과 동시에 소등되었다.

5. 결론

주거용도 및 업무용도 등으로 건축되는 다양한 종류의 고층 건물에는 해당 건물을 찾는 승객의 수직 방향으로의 원활한 이동을 위해 엘리베이터 장치가 설치된다. 엘리베이터 장치는 대략 그 내부에 승객이 탑승한 상태에서 건물 내부에 수직 방향으로 형성된 승강로를 따라 위와 아래로 이동하면서 탑승객을 이동시키는 장치로 승객의 버튼 조작에 따른 해당 층으로 이동시키는 기능을 한다. 건물의 각 층 승강장에는 승객이 특정 층으로의 이동을 위해 탑승차를 호출하기 위한 승강기 호출버튼과 탑승객이 목적층으로의 이동을 위한 입력버튼, 도어 개폐버튼이 있다. 승강기 호출버튼은 승객이 해당 버튼을 직접 눌러 조작하게 되므로, 다수의 승객이 사용하는 버튼의 특성에 따라 오염물질 및 COVID 19 바이러스 등과 같은 전염성 병원균 등의 흡착에 따른 위생상의 문제점이 있어 이러한 문제점을 해결하기 위해 비접촉식 버튼인 정전용량을 이용한 비접촉식 엘리베이터 버튼이 이러한 문제점을 해결할 수 있는 수단이 된다. 오염물질로부터 보호할 수 있도록 UV-LED를 활용한 살균 기능이 있어 청결을 유지하며 버튼을 직접 접촉하지 않기 때문에 버튼의 오염과 전염병을 옮기는 바이러스의 감염을 방지할 수 있는 효과가 있다. 또한 체온을 감지하여 COVID 19의 양성 확진자를 선별할 수 있어 감염병 예방에도 효과가 있을 것으로 기대된다.

ACKNOWLEDGMENTS

This Study was conducted by Research funds from Gwangju University in 2021.

REFERENCES

- [1] Y. S. Han. (2019). Arrayed Tip based Pattern Lithography with Built-in Capacitive Proximal Leveling Sensor. *Journal of The Korean Institute of Surface Engineering*, 52(5), 239-245. DOI : 10.5695/JKISE.2019.52.5.239.
- [2] J. H. Choi, Y. C. Choi, S. C. Cho & B. H. Lee. (2010). Frequency-Dependant Grounding Impedances According to the Length of Grounding Electrode and the Joint Position of Ground Conductors. *Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers*, 24(5), 37-43. DOI : 10.5207/jieie.2010.24.5.037.
- [3] B. J. Moon, G. H. Choi & Y. C. Hwang. (2016). Countermeasure to Underlying Security Threats in IoT communication. *Journal of Convergence for Information Technology*, 6(2), 37-44. DOI : 10.22156/CS4SMB.2016.6.2.037
- [4] M. J. Lee & K. S. Seong. (2013). Capacitive Touch Switch Regardless of Operating Frequency Using a Switched-Capacitor. *Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers*, 27(6), 88-94. DOI : 10.5207/JIEIE.2013.27.6.088
- [5] J. Y. Choi & C. I. Lee. (2009). Design of Room Lighting Switch Operated by Indirect Touch and Research on the Switching Sensitivity of Dielectric Materials on Electrode Metal. *Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers*, 23(4), 86-91. DOI : 10.5207/JIEIE.2009.23.4.086
- [6] D. H. Han. (2016). Design and Characteristics of 6-60 Lens for CCTV. *Journal of Convergence for Information Technology*, 6(3), 85-91. DOI : 10.22156/CS4SMB.2016.6.3.085
- [7] G. W. Bang & Y. H. Kim. (2018). Research of Measuring Device in Surface of Road Temperature. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(2), 1205-1208.
- [8] S. Y. Kim. (2016). Design of a User Authentication System using the Device Constant Information. *ournal of Convergence for Information Technology*, 6(3), 29-35. DOI : 10.22156/CS4SMB.2016.6.3.029
- [9] K. T. Kim & S. C. Yoon. (2016). A Study on BER Performance Improvement by using Adaptive FEC schemes in Visible Light Communication. *ournal of Convergence for Information Technology*, 6(4), 99-106. DOI : 10.22156/CS4SMB.2016.6.4.099
- [10] G. W. Bang & Y. H. Kim. (2018). Panorama laser lane system based IoT. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(2), 46-49.
- [11] G. W. Bang & B. S. Kim. (2017). Detection System for Displacement of Corrugated Steel Pipe based IoT. *Jour of Adv Research in Dynamical & Control Systems*, 15, 488-493.
- [12] J. W. Jin, J. S. Kim & S. J. Lee. (2014). Temperature Compensation Method and Driving Circuit Implementation of Infrared Temperature Sensor. *Journal of Korean Institute of Information Technology*, 12(11), 51-57. DOI : 10.14801/kitr.2014.12.11.51.
- [13] G. W. Bang & Y. H. Kim. (2018). Research of Measuring Device in Surface of Road Temperature. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(2), 1188-1190.

방 걸 원(Gul-Won Bang)

[정회원]



- 1987년 9월 : 광주대학교 전자계산학과(이학사)
- 2002년 8월 : 전남대학교 소프트웨어공학(공학석사)
- 2008년 2월 : 전남대학교 소프트웨어공학(공학박사)
- 2015년 9월~현재 : 광주대학교 미래자동차공학 교수
- 관심분야 : 사물인터넷, 센서, 전자제어
- E-Mail : bgcom@gwangju.ac.kr