

스마트폰을 활용한 근로자 안전활동 감지장치 개발 및 특성

최상원[†]

한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원
(2015. 1. 14. 접수 / 2015. 5. 7. 수정 / 2015. 6. 8. 채택)

Development and Its Characterization of a Worker's Safety Activity Detection Apparatus using Smart Phone

Sang-Won Choi[†]

Occupational Safety Research Department, Occupational Safety and Health Research Institute, KOSHA
(Received January 14, 2015 / Revised May 7, 2015 / Accepted June 8, 2015)

Abstract : It is predicted the mass retirement of the post-war generation and the lack of young people according to reduces the recruitment. Therefore, industry fields are concerned by the low level of occupational safety and health from issued problem in a variety of industries; the charge of expanding business range/multi-functional, black box of technology, difficulty of systematic training, relative decrease in the skill of workers, loss of know-how in the field of information followed restricted site information. In response to these problems, it is necessary to establish the long-termly and actively based on for the adoption of a safety and health management techniques utilizing IT, which is digital assistant(tablet PC, PDA, etc.), RFID/USN/ICT, database systems, and etc. In this study, we developed and evaluated a worker's safety sensing apparatus using smart phone. The apparatus may be useful to prevent accidents in the construction industry as well as confined space work.

Key Words : IT, information communicator device, worker safety activities, smart phone, safety devices

1. 서론

최근 고용의 유동화나 취업형태의 다양화, 설비의 자동화·에너지절약·집약화의 발전, 아웃소싱의 진보 등에 의한 혼재작업의 증가 등, 근로자를 에워싸는 상황은 큰 변화를 보이고 있다.

신규채용이 줄어 젊은 인재가 부족하고, 전후세대의 대량퇴직이 예견되고 있다. 이에 따라 산업현장에서는 담당업무 범위의 확대·다기능화, 기술의 블랙박스화, 체계적인 교육의 어려움, 근로자의 숙련도의 상대적 저하, 현장의 정보를 답습한 안전관리의 노하우 손실 등 다양한 문제에 의해 산업안전보건 수준의 저하가 염려된다.

이러한 문제에 대응하기 위하여 근래 들어 비약적으로 발전하고 있는 휴대정보 단말기(타블렛 PC, PDA 등), RFID/USN/ICT, 데이터베이스 시스템 등의 IT를 활용한 안전보건관리 기법의 도입을 위한 적극적, 장기적 기반의 구축이 필요하다¹⁻⁴⁾.

본 연구에서는 최근에 각광을 받고 있는 스마트폰을 활용한 근로자 안전활동 감지장치를 개발하여 실험을 통해 그 성능을 확인하고자 하였다.

2. 근로자 위치 확인 기술 사례

2.1 실태

건설현장 및 밀폐공간 작업의 감독자는 근로자의 위치를 파악하는 것이 작업 효율 및 안전을 위한 최대의 관심사이나 가시적인 관리에 어느 정도의 제한성과 또한, 과거에도 Fig. 1과 같이 IT를 활용한 근로자의 위치 정보를 확인하는 장치들이 개발되었으나 개인정보 보호 차원의 이유로 현장에 보급되는 것이 전무하다시피 되었다⁵⁾.

종래기술의 결점으로는 근로자의 위치를 실시간으로 모니터링 하여 근로자의 개인 정보를 무차별/무분별하게 감시하게 되고, 모니터링 한 정보를 감독실이나 통제실에서 통합적으로 관리하기 때문에 개인정보

[†] Corresponding Author : Sang-Won Choi, Tel : +82-52-7030-853, E-mail : swchoi@kosha.net
Occupational Safety Research Department, Occupational Safety and Health Research Institute, 400, Jongga-ro, Jung-gu, Ulsan 681-230, Korea



Fig. 1. Configuration of remote confirmation system for worker's helmet remove or not.

의 누출에 대한 위험성이 크며, 개인정보의 저장에 따른 비밀보호 유지가 곤란하다.

이를 극복하기 위한 개량해야할 점은 근로자의 위치에 대하여 응급/구난과 같은 위험한 상태에 해당하는 경우에만 개인정보가 노출되도록 구성하여야 하며 특히, 스마트폰 등과 같은 휴대기기와의 전기/기계적 조화를 이루는 IT와의 융합화 기술, 내 전자기적 내성 및 신뢰성 향상 기술이 필요하다.

2.2 작업자 안전활동 확인 및 경보 기술

휴대폰은 전 국민의 숫자보다도 많이 보급되어 수많은 정보뿐만 아니라 국가재난안전센터의 ‘재난속보’, 안전보건공단 등의 앱을 개발·탑재하여 산업현장에서 가정에 이르기까지 안전한 생활과 작업을 위하여 휴대폰을 널리 활용하고 있는 실정이다.

아울러 그간 휴대폰을 활용한 당뇨 측정, 소음측정 등 계측분야에도 다수 적용되고 있었으나, 휴대폰을 활용한 작업자 안전활동 감지 및 경보기에 대한 감지, 통신 및 어플리케이션은 전무한 실정이었다.

본 연구에서는 기존의 휴대폰과 작업자 안전활동 감지 모듈 및 이를 수납하는 외장 케이스로 구성하여, 근로자 움직임으로부터 인지된 활동/비활동 상태의 신호는 휴대폰으로 전송되어 이를 활동과 비활동의 신호를 판별한 후 비활동상태인 경우 휴대폰의 화면으로, 또한 스피커를 통하여 현장 책임자 또는 감독자에게 경보/경광을 내도록 구성한다면 건설현장뿐만 아니라 밀폐공간의 작업자/안전관리자에게 재해방지를 위한 유용한 안전장치라 생각되었다.

또한, 본 기술에 부가하여 활선검지 및 경보기, 유해

가스 측정기술 또는 그 외의 물리/화학적 및 전기적 전압, 전류, 주파수 등을 휴대폰에서 측정/변화하여 표시/경보할 수 있는 기술에 모두 적용할 수 있다고 사료되며, 부가적으로 본 기술은 현재 범용상/접근 편리상 안드로이드용을 대상으로 한 것이나 아이폰에도 적용 가능한 기술이다.

3. 스마트폰 융합 근로자 안전활동 감지장치

3.1 개발 목적

근래 들어 비약적으로 발전하고 있는 휴대정보 단말기(태블릿 PC, PDA 등), RFID/USN/ICT, 데이터베이스 시스템 등의 IT를 활용한 안전보건관리 기법의 도입 필요성이 크게 대두었으며, 특히 건설현장의 감독자는 근로자의 위치를 파악하는 것이 작업 및 안전을 위한 최대의 관심사이며, 밀폐공간내에서의 질식사 예방을 위해서도 필요하게 되었다⁶⁻⁷⁾.

본 연구에서는 개인정보 보호의 범위를 위축시키지 않는 범위에서 근로자의 안전활동을 위하여 예를 들면, 의식을 잃을 정도의 질식사/상해 사고 등 근로자가 일정 시간 동안 움직이지 않을 경우 감독자/동료 작업자 등에게 휴대폰을 통하여(경보/경광) 알려 사망사고를 미연에 방지하기 위해서다.

3.2 장치구성

본 안전장치는 Fig. 2에서와 같이 기존의 휴대폰과 활동성 감지모듈 및 이를 수납하는 외장 기구로 구성된다.

근로자의 안전모에 부착하는 활동성 감지모듈로부터 인지된 활동/비활동 상태의 신호는 휴대폰으로 전송되어 이를 ‘활동’과 ‘비활동’의 신호를 판별한 후 ‘비활동’ 상태인 경우 휴대폰의 화면으로, 또한 스피커를 통하여 경보/경광을 내도록 구성된다. 또한 VOC의 환경상태 및 활선 여부를 확인하는 기능이 부가되도록 하였다. 검지 및 경보를 위한 휴대폰용 어플리케이션을 포함한다.

스마트폰 융합 근로자 안전활동 감지장치의 세부 구성도는 Fig. 3과 같이 구성되었다.

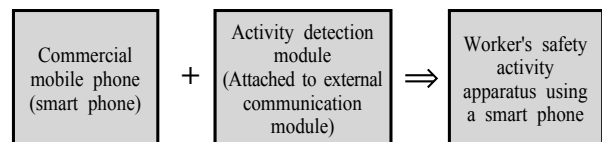


Fig. 2. Outline diagram of a worker safety activity detection device using smart phone.

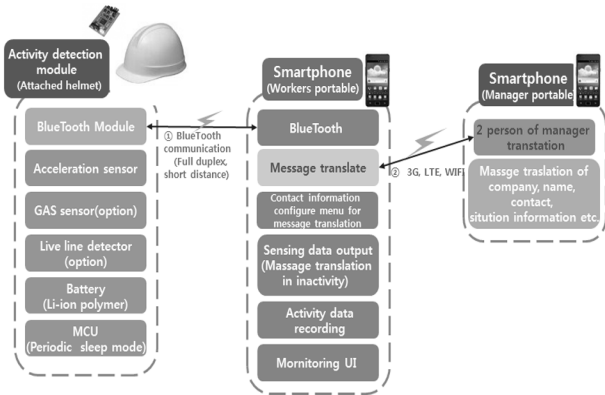


Fig. 3. Detailed configuration of worker safety activity detection devices.

스마트폰 융합 근로자 안전활동 감지장치의 구성 사진은 Fig. 4와 같다.

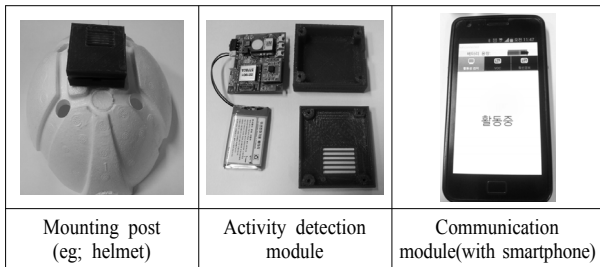


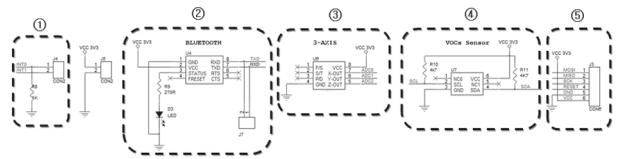
Fig. 4. Photos of detailed construction worker's safety activity detection device.

Fig. 5는 스마트폰 융합 근로자 안전활동 감지장치의 회로도도를 나타낸 것이다.

3.3 동작방법

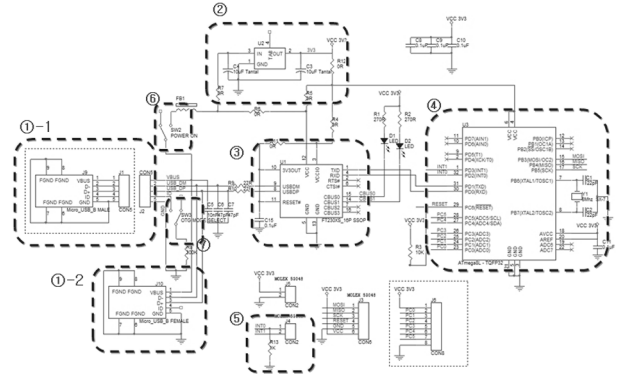
작동 원리는 다음과 같다.

- 안전모나 작업자의 주머니 등에 부착/휴대한 가속도 센서를 사용하여 근로자의 '활동(움직임)'을 모니터링 한다.
- 작업자의 동작상태를 작업조건에 따라 일정 시간(펄스 폭과 시간을 조정)의 범주에 따라 '활동/비활동'을 감지한다.
- 감지된 '활동/비활동'을 판별하여 통신 프로토콜(블루투스)을 통하여 사전에 예약된 안전관리자/작업반장 등에게 '비활동' 상태를 통보(경광/경음)한다.
- '비활동' 상태를 인지한 담당자/감독자는 해당 작업자의 '비활동'에 대한 사유를 당사자나 주위의 동료에게 확인이 가능하다.
- '비활동' 상태를 조기에 인지함으로써 중대사고나 질식재해를 사전에 조치/구급할 수 있다.



- ① 활선 검지기 연결단
- ② 블루투스 모듈 연결 회로
- ③ 3축 가속도 센서
- ④ VOC 가스 검지 센서 회로
- ⑤ 프로그램 저장 인터페이스용 ISP 연결단

(a) Detection circuit



- ① 충전용 MicroUSB 연결단자
- ② 리튬폴리머 배터리 충전 회로
- ③ 3.3V 전원회로
- ④ MCU 회로
- ⑤ 부저 회로
- ⑥ 전원 스위치

(b) Communication circuit

Fig. 5. Circuit of a worker's safety activity detection device.

- 부가적으로 VOC의 주변 환경상태에 대하여 ' 좋음', '보통', '나쁨'으로 표시 및 경보/전달된다.
- 부가적으로 각종 전선에서의 활선여부를 확인하여 '활선'으로 표시 및 경보/전달된다.

3.4 개발품 상세 설명

(1) 일반 사항

- 활선검지 및 통신기능을 추가하여도 기존의 휴대폰 기능이 상실되거나 제거되지 않는다.
- 전원은 스마트폰의 전원을 이용하여 별도전원 공급방식이 필요하지 않는다.
- 정상작동 온도는 -10 °C ~ 40 °C 이내이다.

(2) 활선 검지 기능

- 교류 1000 V 이하, 주파수 60 Hz의 활선상태를 검지할 수 있다.
- 검지거리는 AC 220 V일 때 케이블 직접 접촉에 의한다.

(3) USB 통신모듈

- 마이크로 컨트롤러, Micro USB 커넥터, 레귤레이

터, 전원 ON/OFF 스위치를 내장하고 또한 경보기 연결 단자를 구비하였다.

- USB 통신이 가능하며, Sleep 기능 및 통신프로토콜이 구현되었다.

(4) 어플리케이션

- 안드로이드용 어플리케이션에서만 구현된다.
- USB OTG를 이용한 마이크로컨트롤러와 통신 제어기능이 있다.
- 통신프로토콜이 구현되었다.
- 활선 시 이미지(UI)를 이용한 사용자 알림 기능이 있다.
- 활선 시 오디오(경보음) 출력기능이 있다.
- 매뉴선택기능에 의한 통신 개시 기능이 있다.
- 사용자 구분이 가능한 어플리케이션 아이콘으로 제작되었다.

(5) 휴대폰 케이스

- 케이스의 재질은 절연체로 1000 V의 내전압성능을 갖는다.
- 케이스 내에 USB 통신모듈이 내장되었다.
- 케이스 내에 활선 감지기능이 내장되었다.
- 내장 모듈이 케이스 외부에서 시각적으로 보이지 않도록 하였다.
- 기존의 휴대폰과의 견고성을 유지하기 위한 기계적 강도를 유지할 수 있도록 하였다.

(6) 개발 수준

- 개발 수준은 Working Mock-up 수준으로 하였다.
- 개발모델 선정(대상 휴대폰)은 원칙적으로 국내에서 많이 사용되는 휴대폰을 대상으로 하여 선정하였다.
- 안드로이드용 모델에 탑재 및 운용될 수 있도록 하였다.

Table 2는 최종 개발된 근로자 안전활동 감지장치의 주요 특성을 나타낸 것이다.

Table 2. Specifications of a worker's safety activity detection apparatus using smart phone.

Items	Specifications
Sensing parameter	Worker's activity, VOC, live line
Sensor	Worker's activity : Displacement values ± 2 g : 660 mV/g, ± 6 g : 220 mV/g Live line : direct contact with power cable VOC : diffusion type
Communication distance	Within 10 m
Power rating	3.3 V, 500 mAh
Display mode	Image and alarm
Application item	Android type
Size	55*50*20 mm
Weight	about 100 g

4. 개발장치 성능실험 및 결과

4.1 실험 방법

최종 개발된 휴대폰 융합 근로자 안전활동 감지장치를 활용한 활동/비활동, 활선 감지 및 경보기와 유해가스 동작실험을 안드로이드용 휴대폰과의 융합하여 실험실 내에서 동작 상태를 확인하였다.

(1) 근로자의 활동/비활동

산업현장에서의 근로자의 활동/작업상태의 동작모드는 다양하다. 이러한 활동상태를 정확하게 감지/모니터링을 위한 연구도 있다⁸⁾. 그러나 본 연구에서는 근로자가 활동 중 의식을 잃을 정도의 질식/상해 사고 등으로 일정시간 동안 움직이지 않을 경우(이 때를 비활동으로 정의 함) 감독자 또는 동료/제3자 등에게 자신이 가지고 있는 휴대폰을 통하여 메시지를 전송하도록 하였기 때문에 실제의 동작 모드는 근로자의 움직임이 없을 때 전송된다.

그러므로 본 기능은 단지 작업자가 움직이지 않을 때와 움직일 때를 구분하는지를 확인하는 것이다.

(2) 활선 감지

활선 감지는 직접 측정방식과 간접 측정방식으로 나뉘며, 간접 측정방식에서도 전선에 직접 접촉하는 방식과 비법촉식 방식으로 나뉜다. 대부분의 저압용 활선 감지는 전선 피복에 직접 접촉하는 방식이 널리 사용되고 있다. 본 연구에서도 가정이나 공장에서 주로 많이 사용되고 있는 저압 교류 700 V 이하, 캠타이어 케이블에서의 활선 감지 여부를 확인하는 것이다.

(3) VOC 감지

지하 공동구, 저장 탱크 내부 등 밀폐공간에서의 질식재해를 예방하기 위하여 본 연구에서 채택한 감지센서는 기본적으로 이산화탄소를 감지하고, 이를 응용하여(센서의 감지 범위) VOC로 변환하여 사용할 수 있다. 본 연구에서는 실험의 안전상 소량의 신너/휴발유를 사용하여 VOC의 감지 및 시간 누적에 따른 농도 증가 현상의 동작 상태만을 확인하는 것이다.

(4) 실증 실험

현장 상황을 모의하기 위하여 안드로이드용 휴대폰과의 융합한 10개의 시작품을 10대의 휴대폰에 탑재하여 실내외의 여러 환경에서의 실증 실험을 진행하는 것이다.

4.2 실험 결과

근로자의 활동/비활동에서 인체에 휴대한 센서에서 움직임이 없을 때(정지 시) 일정 세팅시간(메시지 전송

간격은 20초, 1분, 3분, 5분으로 설정됨, 이 시간은 회로/어플상에서 조정/변경이 가능함) 마다 휴대한 휴대폰을 통하여 이미 설정된 제3자로 반복적으로, 특별한 오동작 없이 전송됨을 확인하였다.

활선여부의 검지는 가변 전원 변압기를 사용하여 컴퓨터 케이블에 전원 AC 200 V 이상 및 최대 AC 1000 V 내의 전압을 공급하여 검지를 확인한 결과 대체적으로 양호한 검지 능력을 나타내었다. 1000 V 이상의 전압도 검지할 수 있었으나 내부 전자부품, 절연재료의 내전압성 등 안전상의 이유로 상한 전압을 제한하였다. 아울러 활선 상태를 검지하게 되면 근로자가 휴대한 휴대폰에서 ‘활선’이라는 메시지 창의 시각적으로 또한 소리로 청취가 반복적으로 잘 재현되었다. 또한 휴대한 휴대폰을 통하여 이미 설정된 제3자로 반복적으로, 특별한 오동작 없이 메시지가 전송됨을 확인하였다.

VOC 감지는 센서의 감지범위에 따라 ‘아주 좋음(CO₂ 400-600 ppm 해당)’ ‘좋음(CO₂ 700-1000 ppm 해당)’, ‘주의(CO₂ 1100-1500 ppm 해당)’, ‘나쁨(CO₂ 1600-2100 ppm 해당)’을 반복실험을 통하여 반복적 경광 및 메시지 전송을 재현할 수 있었다.

Fig. 6은 각 동작모드를 나타낸 것이다.

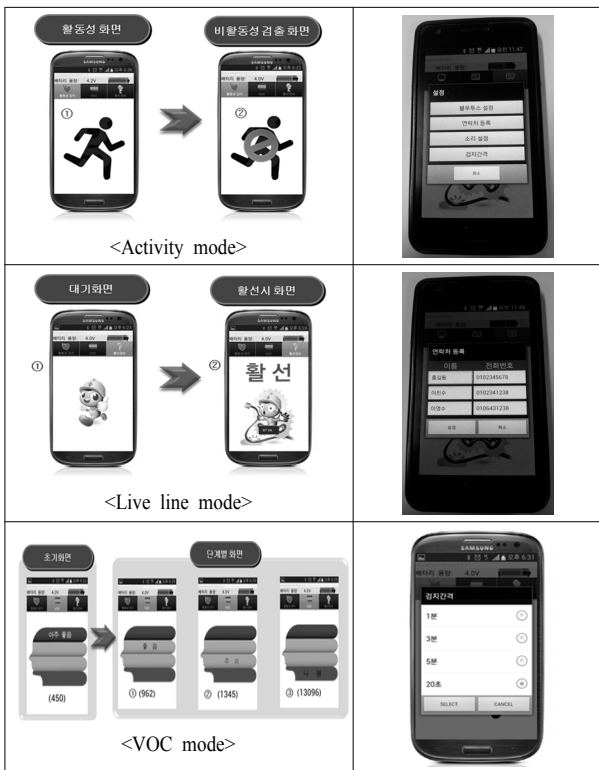


Fig. 6. Operating mode of worker's of safety activity detection devices.

Fig. 7은 최종 개발된 휴대폰 융합 근로자 안전활동 감지장치를 활용한 활동/비활동, 활선 검지 및 경보기와 유해가스 동작실험 결과의 개발품과 메시지 전송을 나타낸 것이다.



Fig. 7. Experiments picture of developments.

4.3 현장 실증실험에서 나타난 개선 사항

현장 상황을 모의하기 위하여 안드로이드용 휴대폰과의 융합한 10개의 시작품을 10대의 휴대폰에 탑재하여 실내외의 여러 환경에서의 실증실험에서 아래와 같은 문제점, 개선점이 도출되었다.

- 활선검지기 빈번한 사용 시에는 배터리의 소모량이 커져서 배터리의 사용 시간을 감소시킨다.
- 휴대폰에서 사용되는 전원관리 부품을 채택하는 방안을 고려한다면 회로의 부품 수를 줄일 수 있다.
- 활동성의 범주를 수치화하는 것은 충분한 필드 테스트를 거쳐 데이터의 정량화를 산출하여야 한다(작업방법의 특수성/다양성).
- 현 장착된 가스센서는 저가용이기 때문에 VOC 유무 확인용으로만 사용하고, 추후 동작전압을 고려한 산업용으로 검토/적용되어야 한다.
- 가스센서의 특성상 가동시간은 3~5분 정도 에이징이 필요하며, 스타트 준비시간 전의 데이터는 정상 데이터가 아니다.
- 배터리 소모량의 표시, VOC의 표시 값의 정밀화를 추가로 고려하여야 한다.

5. 결론

본 논문에서는 근래 들어 비약적으로 발전하고 있는 휴대정보 단말기(타블렛 PC, PDA 등), RFID/USN/ICT,

데이터베이스 시스템 등의 IT를 활용한 안전보건관리 기법의 도입을 위한 적극적, 장기적 기반의 구축의 필요에 따라 최근에 각광을 받고 있는 스마트폰을 활용한 근로자 안전활동 감지장치를 개발하여 실험을 통해 그 성능을 확인하고자 하였다. 그 결과를 요약하면 아래와 같다.

개발된 ‘스마트폰 융합 근로자 안전활동 감지장치’는 개인정보 보호의 범위를 위축시키지 않는 범위에서 근로자의 안전활동을 위하여 의식을 잃을 정도의 질식/상해 사고 등 근로자가 일정시간 동안 움직이지 않을 경우 감독자에게 휴대폰을 통하여(경보/경광) 알려 사망사고를 미연에 방지하는 사전조치를 취함으로써 관련 재해감소 예방에 기여될 것으로 판단된다.

향후, 현장실험 등을 통하여 나타난 문제점과, 탑재 구조, 전원회로의 소형화 또는 타 용도로의 활용성 등을 보완·검토한 후 참여기업으로의 기술이전 또는 공동연구를 통하여 사업장 등에 널리 활용되도록 하여야 한다.

특히, VOC, 활선검지기능이 부가되었으므로 소규모 건설현장, 밀폐공간작업에서의 활용성을 높이기 위해서는 작업환경개선자금 등의 금전적 지원정책도 필요하다.

References

- 1) S. -W. Choi, “Case Studies of Safety Technology Using IT”, Spring Conference of The Korean Society of Safety, p. 88, 2014.
- 2) S. -W. Choi and J. -S Yi, “Study on the Roadmap Building between IT and Safety Technology”, Fall Conference of The Korean Society of Safety, p. 95, 2014.
- 3) S. -W. Choi, K. -C. Song and C. -H. Song, “Development and Characteristic of Worker Safety Activity Detection Device Using a Smart Phone”, Fall Conference of The Korean Society of Safety, p. 96, 2014.
- 4) S. -W. Choi, “Research on the Roadmap Building between IT and Safety Technology”, Occupational Safety and Health Research Institute, 2014.
- 5) I. -Y. Song et al., “A Study on the Special Analysis the Fall 2.5 of Injuries and the Development of the Safety Devices”, Occupational Safety and Health Research Institute, 2007.
- 6) Y. M. OH, “Industrial Safety with Smart Phone”, International Conference on Accident Prevention 2010, pp. 61-64, 2010.
- 7) Guidelines for utilizing ICT to Develop Occupational Safety and Health Management Systems, National Institute of Occupational Safety and Health, 2009.
- 8) S.-H. Lee et al., “Design of a Portable Activity Monitoring System”, Trans. KIEE, Vol. 51D, No. 1, 2002.