DBpia

논문 19-44-03-20 The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences '19-03 Vol.44 No.03
https://doi.org/10.7840/kics.2019.44.3.618

# 전자종이와 Bluetooth 기반의 디지털 도어사인 관리 시스템 구현

최 병 근◆, 김 성 진*, 손 봉 기°

# Implementation of Digital Doorsign Management System Based on E-Paper and Bluetooth

Choi Byung Geun◆, Sung-Jin Kim*, Son Bong Ki°

요 약

이 논문에서는 용도와 도어사인의 크기에 따라 다양한 디자인의 정보 게시와 전력 소모량을 최소화할 수 있는 전자종이와 Bluetooth 기반의 디지털 도어사인 관리 시스템을 제안하고, 구현한 결과를 보인다. 제안한 시스템은 디자인 유형에 대한 정보를 템플릿(Template)으로 등록하고, 사용자가 선택한 디자인 유형의 템플릿 정보를 기반으로 도어사인 게시물을 자동 생성한다. 게시물은 전자종이 출력을 위해 EPD(Electrophoretic Display) 파일형식으로 변환되어 스마트폰을 통해 디지털 도어사인으로 전송되어 출력된다. 디지털 도어사인은 전력 소모량을 최소화하기 위해 전자종이를 채택하고, 데이터 수신 대기 상태에서는 BLE 모드, 수신 시에는 Bluetooth BR/EDR 모드에서 동작하도록 설계하여 개발하였다. 제안한 시스템은 사용자의 선호에 따라 다양한 디자인 유형의 정보 게시가 가능하고, 낮은 소비전력으로 도어사인 유지비용을 줄일 수 있다. 또한, 스마트폰을 통해 입력한 공지사항 정보를 도어사인에 게시할 수 있어 방문자에게 정보 전달이 가능하여 효용성을 높일 수 있다.

**Key Words** : E-paper, Bluetooth, Digital Doorsign, Template, Notice

ABSTRACT

In this paper, we proposed and developed a digital doorsign management system based on E-paper and Bluetooth which user can choose design type for noticing information by space use and doorsign size and minimize the power consumption of doorsin. The proposed system registers templates for design type information and automatically generates notice of the selected design type by using information of the template and user. The notice is converted to EPD(Electrophoretic Display) file format for being displayed in E-paper and transmitted into digital doorsign via smartphone application. For minimizing power consumption of digital doorsign, we adopt E-paper display and Bluetooth LE-BR/EDR hybrid protocol in EPD file transmission. The digital doorsign is BLE mode in standby and Bluetooth BR/EDR in data reception. By the proposed system, users can display notice reflecting his preference. We can reduce maintenance expenses of the digital doorsign by low power consumption. And also we can enhance utility of the digital doorsign, because users additionally communicate with random visitors by notice which can input any time with smartphone application.

◆ First Author : (ORCID:0000-0003-3428-8439)Chungbuk National University Graduate School Department of Electrical and Computer Engineering, choibk4193@gmail.com, 정회원

° Corresponding Author : (ORCID:0000-0003-1425-5197)Seowon University Department of Computer Engineering, bksohn@seowon.ac.kr, 정회원

* (ORCID:0000-0001-7739-5328)Chungbuk National University College of Electrocal and Computer Engineering, ksj@cbnu.ac.kr, 정회원

논문번호 : 201810-334-D-RN, Received October 18, 2018; Revised January 16, 2019; Accepted February 1, 2019



www.dbpia.co.kr

## Ⅰ. 서 론

도어사인은 '사무실, 연구실 등의 점유자 또는 거주자의 이름, 소속, 직위 등의 정보를 써서 출입문 따위에 걸어 놓는 표찰' 또는 '회의실, 강의실 등 특정 공간의 식별번호, 용도, 관리부서 등의 정보를 써서 출입구 옆에 붙이는 작은 문패'를 의미한다. 도어사인은 설치 후에도 인력 변동, 부서 이동, 공간의 용도 및 CI(Corporate Identity) 변경 등으로 인해 빈번하게 교체된다. 관리 부서에서 교체 수요를 취합하고, 주문 제작, 제품 배송을 거쳐 도어사인을 설치하는데 수 일이 소요된다. 또한, 기존에 설치된 도어사인은 사소한 정보 변경에도 재활용되지 못하고 폐기되기 때문에 지속적인 비용이 발생한다.

과다한 교체 비용 및 시간을 절감하기 위해 IT 기술을 활용한 도어사인에 대한 연구는 LED 또는 전자종이(E-paper)를 이용한 시스템이 주를 이루고 있다[1-3]. ㈜Kindermann[1]와 ㈜LANCOM Systems[2]의 시스템은 중계기를 거쳐 proprietary RF나 Wi-Fi 방식으로 전송한 게시 정보를 자체 배터리를 내장한 도어사인의 디스플레이에 출력한다. ㈜Apollo Displays[3]의 시스템은 LED 기반의 도어사인으로 상시전원이 필요하고, Ethernet을 통해 정보를 게시한다.

이러한 도어사인의 효용성을 높이기 위해서는 탈부착과 이동이 가능하고, 비정기적인 세미나, 행사, 강의 등의 일시적인 공간 사용 정보나 불특정 다수의 방문자에게 전달할 정보를 사용자가 게시할 수 있는 기능이 요구된다. 또한, 공간의 용도와 도어사인의 크기에 따라 다양한 디자인의 정보 게시가 가능하고, 전력 소모량이 낮은 모바일기기 형태로 설계될 필요가 있다.

기존의 Wi-Fi 방식의 도어사인은 BLE(Bluetooth Low Energy) 또는 Bluetooth BR/EDR(Basic Rate/Enhanced Data Rate)보다 소비전력이 높아 배터리 교체 주기가 짧아지고, LED는 상시전원이 필요하기 때문에 설치 및 유지비용이 상승하게 된다. 또한, 중앙의 관리 소프트웨어를 통해서 생성된 정보만을 게시할 수 있기 때문에 사용자가 게시 정보 디자인을 선택하거나 방문자에게 전달할 정보를 직접 입력할 수 없는 단점이 있다[1-3].

전자종이(E-paper)는 자체 반사형(Reflective) 표시소자에 의해 화면을 변화시킬 때만 전력이 소모되기 때문에 저전력일뿐만 아니라 백라이트와 같은 부품이 필요 없고, 전원 차단 후에도 일정시간 표시 정보가 유지되는 특성이 있는 차세대 디스플레이다[4-7]. 도어사인에 게시되는 정보는 고정 정보, 로고, 배경 그림 등의 정적(Static) 데이터와 이름, 직위, 소속, 공간 식별번호 등의 데이터베이스 추출 정보와 공지사항 등의 스마트폰 입력 정보와 같은 동적(Dynamic) 데이터를 병합한 것이다. 게시 정보는 수일 또는 수개월동안 변경될 필요가 없는 정지영상 정보가 대부분이고, 도어사인은 출입구에 탈부착할 수 있는 모바일기기여야 하기 때문에 LCD나 LED에 비해 전력 소모량이 적은 전자종이가 적합하다[8-11].

Bluetooth는 Wi-Fi 무선통신에 비해 전력 소모량이 적다. 특히, BLE는 매주 적은 전력소모와 낮은 비용, 표준화로 얻어지는 호환성이 가장 큰 특징으로 Bluethooth Smart라고도 한다. BLE는 전력 소모량이 매우 낮지만 대용량 데이터 전송에는 부적합하고, Bluethooth BR/EDR은 BLE에 비해 대용량의 데이터 전송에 적합하다[12,13].

이 논문에서는 공간의 용도와 도어사인의 크기에 따라 다양한 정보 게시 디자인을 선택할 수 있고, 전력 소모량을 최소화할 수 있는 전자종이와 Bluetooth 기반의 디지털 도어사인 관리 시스템을 제안하고, 구현 결과를 보인다.

제안한 시스템은 도어사인에 출력할 정보 게시 디자인 유형에 대한 정보를 템플릿(Template)으로 정의한다. 템플릿은 정적 데이터를 표현한 표준양식(Standard Form) 이미지, 동적 데이터가 표준양식 이미지에 삽입될 영역의 크기와 위치를 나타내는 좌표값, 영역에 삽입될 동적 데이터의 정보 소스, 전자종이 특성 정보로 구성된다. 사용자가 정보 게시 디자인 유형을 선택하면 템플릿의 정보 소스와 영역 좌표값 정보를 이용해 데이터베이스에서 추출한 사용자 및 공간 데이터를 표준양식 이미지에 삽입하고, 스마트폰을 통해 입력한 공지사항을 병합한 이미지 형식의 게시물을 생성한다. 게시물을 흑백 이미지로 변환한 이미지 데이터와 출력할 전자종이 특성 정보를 헤더로 추가한 특수 파일을 생성한다. 이러한 파일은 스마트폰을 통해 도어사인으로 전송되어 전자종이에 출력된다.

디지털 도어사인은 데이터 수신을 위한 대기 상태에서는 전력 소모량을 최소화하기 위해 BLE 모드, 수신 상태에는 Bluetooth BR/EDR 모드로 대용량의 전자종이 출력용 특수 파일을 빠르게 수신한다.

이 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 제안한 시스템의 기반 기술이 되는 전자종이와 Bluetooth에 대해 알아본다. 3장에서는 전자종이 디스플레이와 Bluetooth 기반의 디지털 도어사인 관리 시스템을 제안하고, 4장에서는 구현 결과를 보인다. 마지막으로 5



www.dbpia.co.kr

장에서 결론을 맺는다.

## Ⅱ. 관련 연구

### 2.1 E-paper

전자종이는 종이에 일반적인 잉크의 특징을 적용한 디스플레이 기술로서 기존의 종이와 잉크처럼 높은 해상도, 넓은 시야각, 밝은 흰색 배경과 흑색 입자간의 높은 대조비(Contrast)에 의한 우수한 가독성(Readability)을 가지며, 전원을 차단한 후에도 화상이 유지되는 쌍안정(Bistable)의 상태로 일정한 화상의 유지에 계속적인 에너지 소모가 없어 전력손실을 최소화할 수 있다. 따라서 배터리 수명이 오래 유지되므로 원가 절감 및 경량화를 쉽게 적용시킬 수 있다[7].

전자종이 구동 방식에는 전기영동(Electrophoresis), 전기습윤(Electrowetting), MEMS(Micro Electro Mechanical System) 등 20여 가지가 있으나, 실용화에 가장 근접한 전기영동 방식이 상업화 진척도가 가장 빠르고, 다양한 어플리케이션에 적용되고 있다.

그림 1은 E-Ink의 전기영동 전자종이 구동 모식도를 나타낸 것으로, 특정한 전하를 가지는 흰색의 잉크 미립자와 반대 전하를 띤 검은색 잉크 미립자를 유체 형태의 투명 유전 유체(Hydrocarbon Oil)에 분산시킨 후 지름 50~100㎛ 크기의 마이크로캡슐로 감싸는 구조를 만들고, 이 마이크로캡슐을 바인더와 혼합하여 전극 사이에 위치시켜 마이크로 캡슐 내부의 잉크 미립자를 동작시켜 정보를 표시한다.

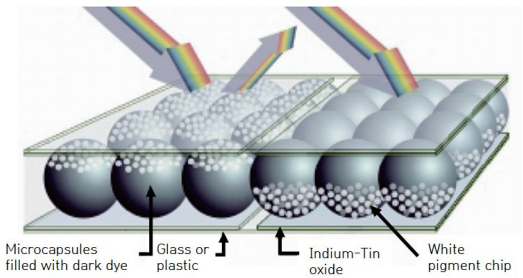



그림 1. E-Ink의 전기영동 디스플레이 작동 매커니즘
Fig. 1. Operation Mechanism in Electrophoretic Display of E-Ink[7]

E-Ink의 마이크로캡슐 전기연동 디스플레이는 종이질감에 가까운 특성과 시인성이 우수하며, 메모리 기능이 있어 소비전력이 매우 작다는 장점이 있다. 또한, 10:1의 흑백 대조비와 광반사 효율이 40%로 신문보다 시인성이 좋다. 구동전압은 ± 15V이고, 회색 스케일이 가능하다. 마이크로캡슐은 직경 30까지 만들 수 있고, 밀착하여 패킹이 가능하여 해상도가 높은 디스플레이 모듈을 구현할 수 있다[5].

현재까지 전자종이는 풀 컬러(Full Color) 구현이 어렵고, 동작속도가 느려 동영상을 구현하는데 한계가 있지만 저전력, 유연성, 경량성, 가독성의 장점을 살려 응용 시장을 넓혀가고 있다[6]. 전자종이의 가장 큰 시장은 전자책(E-Reader)이고, 포스터, 옥외광고(Sinage), POS(Point of Sale), POP(Point Of Purchase) 디스플레이로도 널리 사용되고 있다.

### 2.2 Bluetooth

Bluetooth 기술은 Bluetooth Special Interest Group(SIG)에서 개발한 근거리 저전력 통신기술로서 2010년 이후로 현재까지 발표된 Bluetooth 표준 기술은 Basic Rate/ Enhanced Data Rate(BR/EDR)과 Low Energy(LE)로 구분된다[14].

BLE는 적은 전력소모와 낮은 비용, 표준화로 얻어지는 호환성 등의 특징을 가지며, 사물인터넷 분야에서 에너지 효율과 전송 성능이 검증되고 있다[15, 16]. Bluetooth BR/EDR은 Wi-Fi에 비하여 데이터 전송속도는 다소 낮지만, 에너지 효율이 매우 높기 때문에 소형 배터리로 동작하는 제품 등에 적용할 경우 높은 효과를 볼 수 있어, 스마트폰, TV 등의 가전, 무선 헤드셋, 마우스와 키보드 등 수많은 제품에 사용되고 있다[17].

BLE와 Bluetooth BR/EDR의 전력 소모량을 비교하면, 그림 2에서와 보는 바와 같이 BLE의 대기 전력

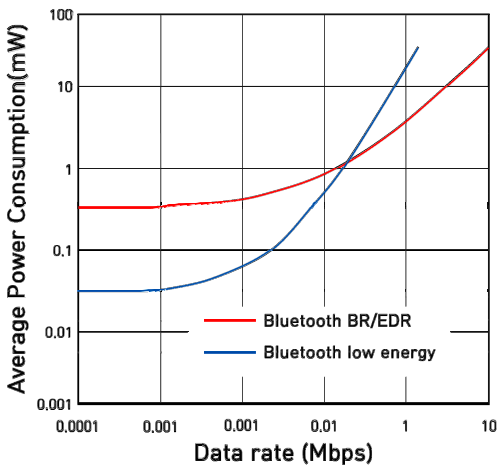



그림 2. 블루투스 BR/EDR 및 BLE 전력 소비
Fig. 2. Power Consumption of Bluetooth BR/EDR and BLE[18]



www.dbpia.co.kr

은 Bluetooth BR/EDR에 비해 약 1/10로 매우 낮아 모바일기기의 배터리 수명을 크게 개선할 수 있다[18]. 이와 같이, Bluetooth BR/EDR은 스마트폰, 컴퓨터, 모바일기기 간의 페어링(Pairing)을 통해 오디오 스트리밍, 대용량 데이터의 고속 전송에 있어 BLE보다 적합하고, BLE는 대기 전력 소모량을 줄이는 것이 중요한 이슈인 모바일기기에 적합하다[12-19].

이 논문에서는 정보 갱신이 간헐적으로 이루어지고, 대용량의 EPD 파일을 수신하는 디지털 도어사인의 대기 상태에서는 BLE 모드, 수신 상태에서는 Bluetooth BR/EDR 모드에서 동작하도록 설계하였다. 이러한 방식을 통해 배터리를 내장한 모바일 기기 형태의 디지털 도어사인의 전력 소모량을 줄여 관리 효율성을 높일 수 있도록 하였다.

## Ⅲ. 제안 시스템

### 3.1 시스템 구성

이 논문에서 제안하는 시스템은 이름, 직위, 소속, 공간 식별번호 등과 같이 오랫동안 변경되지 않는 특성을 가지는 도어사인 정보의 전송 및 표시에 전자종이와 Bluetooth를 적용한 시스템이다[20]. 제안 시스템은 그림 3과 같이 폼스 서버(Forms Server), 도어사인 앱(Doorsign App), 디지털 도어사인(Digital Doorsign)으로 구성된다.

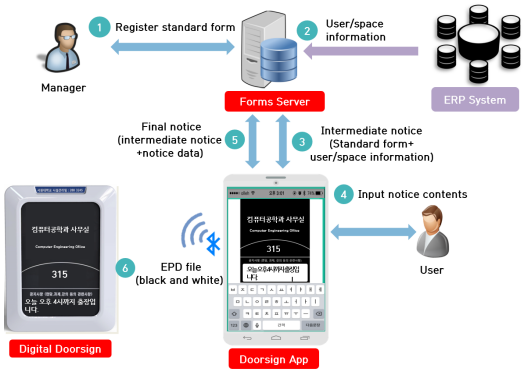



그림 3. 시스템 구성
Fig. 3. System Configuration[20]

폼스 서버는 게시물 생성에 필요한 템플릿 정보와 사용자 및 도어사인 정보를 관리한다. 관리자는 사용자가 선택할 수 있는 디자인 유형에 대한 표준양식 이미지를 등록하고, 동적 데이터의 정보 소스, 삽입될 영역의 좌표값, 출력될 전자종이 특성 정보를 설정함으로써 템플릿을 정의한다.

사용자가 정보 게시 디자인 유형에 해당되는 표준양식 이미지를 선택하면 특정한 데이터베이스, 테이블, 컬럼을 나타내는 동적 데이터의 정보 소스를 이용해 추출한 데이터를 좌표값에 따라 표준양식 이미지의 지정된 영역에 삽입한 중간 게시물(Intermediate Notice)을 생성한다. 사용자 입력 정보를 추가할 경우는 스마트폰을 통해 입력받은 데이터를 중간 게시물에 병합하여 최종 게시물(Final Notice)을 생성한다.

최종 게시물은 흑백 이미지로 변환되고, 출력될 전자종이 특성 정보를 헤더로 추가한 EPD(Electrophoretic Display: EPD)파일을 생성하여 도어사인 앱으로 전송한다. EPD 파일은 특수한 래스터 그래픽 이미지(Raster Graphic Image) 파일 형식으로 헤더와 이미지 데이터로 구성된다. 헤더에는 전자종이 패널의 타입, 해상도, 컬러 뎁스 등의 정보로 구성되고, 이미지 데이터는 게시물 이미지의 8픽셀 정보를 1-bit Grayscale 값의 바이트 단위로 인코딩한 것이다. 그림 4는 폼스 서버의 내부 구조를 나타낸 것이다.

사용자는 도어사인 앱을 통해 허가된 도어사인과 표준양식을 선택하고, 공지사항 등을 입력하고, 생성된 EPD 파일을 디지털 도어사인으로 전송한다. 도어사인 앱은 대기 상태의 디지털 도어사인을 Bluetooth BR/EDR 모드로 활성화(Activation)시켜 수신 상태로 전환시킨 후 대용량의 EPD 파일을 고속으로 송신한다. 디지털 도어사인은 수신한 EPD 파일의 헤더 정보에 따라 이미지 데이터로 표현된 최종 게시물을 순차적으로 전자종이에 출력한다.

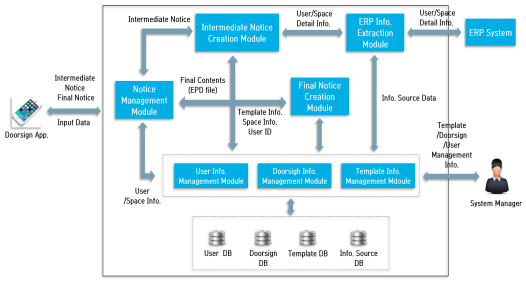



그림 4. 폼스 서버 구조
Fig. 4. Architecture of Forms Server

### 3.2 게시물 생성 방법

#### 3.2.1 템플릿 등록

관리자는 사용자가 선택할 수 있는 디자인 유형에 대한 템플릿을 정의하기 위해 그림 5와 같이, 동일한 크기의 표준양식 이미지와 동적 데이터가 삽입될 영



www.dbpia.co.kr

(a) 표준양식 (b) 게시물 디자인 이미지
(a) Standard form (b) Notice Design Image

그림 5. 표준양식 및 게시물 디자인 이미지 예시
Fig. 5. Example of Standard Form and Notice Design Image

역의 좌표값 설정을 위한 게시물 디자인 이미지(Notice Design Image)를 폼스 서버에 등록한다. 관리자는 게시물 디자인 이미지를 이용해 동적 데이터가 삽입될 시작 좌표와 끝 좌표를 포인팅하여 영역을 설정하고, 정보 소스로 데이터베이스, 테이블, 컬럼 정보 또는 스마트폰 입력 정보임을 명시한다. 또한, 도어사인의 전자종이 패널 타입으로 10.2″, 7.4″, 4.41″ 중에서 하나를 선택하고, 패널 별 해상도와 컬러 뎁스 등의 정보를 지정한다.

그림 5는 연구실 공간의 디자인 유형에 대한 표준양식 이미지와 게시물 디자인 이미지를 나타낸 것으로, (b)의 빨간색 영역은 데이터베이스에서 추출한 동적 데이터가 삽입되고, 파란색 영역은 스마트폰 입력 정보가 삽입될 영역을 의미한다. 표준양식 이미지는 동적 데이터가 삽입될 배경 이미지로 사용된다.

### 3.2.2 게시물 생성

사용자가 스마트폰을 통해 허가된 디지털 도어사인에 대한 정보 게시 디자인 유형, 즉 표준양식 이미지를 선택하면 그림 6과 같은 과정을 통해 게시물을 자동으로 생성한다. 먼저 게시물의 배경 이미지로 사용되는 표준양식 이미지를 로딩하고, 템플릿에 정의된 각 영역 좌표값과 정보 소스를 기반으로 동적 데이터를 추출한다. ERP와 같은 데이터베이스 정보는 정보 소스를 이용해 자동으로 추출하고, 추출된 정보의 양

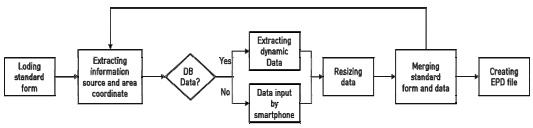
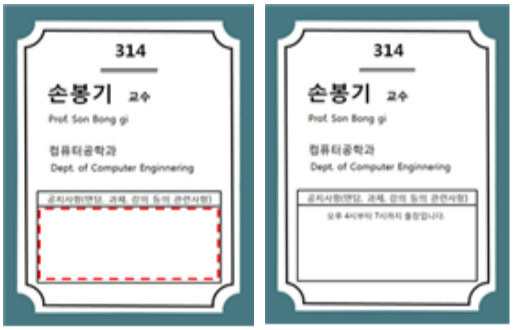



그림 6. 게시물 생성 프로세스
Fig. 6. Process of Notice Creation



(a) 중간 게시물 (b) 최종 게시물
(a) Intermediate Notice (b) Final Notice

그림 7. 중간 게시물 및 최종 게시물 예시
Fig. 7. Example of Intermediate Notice and Final Notice

과 영역의 크기에 따라 글자 크기를 결정하여 표준양식 이미지에 삽입한다. 사용자 입력 동적 데이터는 스마트폰을 통해 입력받아 표준양식 이미지에 삽입한다.

제안하는 시스템에서는 데이터베이스에서 자동으로 추출한 동적 데이터를 표준양식 이미지에 삽입한 중간 게시물(Intermediate Notice)을 생성하고, 이후에 사용자 입력 정보를 중간 게시물에 삽입한 최종 게시물(Final Notice)을 생성한다. 그림 7은 데이터베이스 동적 데이터가 삽입된 중간 게시물과 사용자가 스마트폰을 통해 입력한 정보가 병합된 최종 게시물의 예를 나타낸 것이다.

### 3.2.3 전자종이와 Bluetooth 기반의 디지털 도어사인

도어사인 앱은 EPD 파일 형식의 최종 게시물을 디지털 도어사인으로 전송한다. 그림 8은 디지털 도어사인의 구조를 나타낸 것으로, EPD 파일을 송수신하는 Display Handler, E-paper에 수신한 EPD 파일을 출력하는 E-paper Controller로 구성된다.

Display Handler는 도어사인 앱으로부터의 EPD

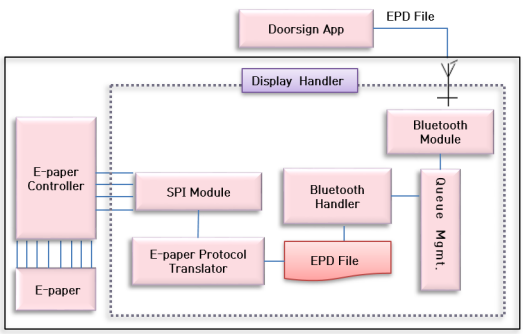



그림 8. 디지털 도어사인 구조
Fig. 8. Architecture of Digital Doorsign



www.dbpia.co.kr

파일 수신을 대기하는 대기 상태에서는 전력 소모량을 최소화하기 위해 BLE 모드, 수신 상태에서는 Bluetooth BR/EDR 모드로 이미지 데이터를 포함한 대용량의 EPD 파일을 수신한다. 표 1에서 보듯이, 전자종이 패널의 크기가 커질수록 전송해야 할 EPD 파일 용량도 커져서 전송 시간이 증가한다[21]. 디지털 도어사인은 실내 뿐만아니라 실외에도 설치될 수 있고, 탈부착이 가능해야 하기 때문에 배터리를 내장하여 이동성을 높일 수 있도록 설계하였다.

BLE는 전력 소모량이 매우 낮지만 통신 패킷 사이즈가 작아 대용량의 데이터 전송에는 부적합한 반면에 Bluetooth BR/EDR 통신은 전력 소모량이 BLE에 비해 높지만 대용량의 데이터 전송에 적합하다. 따라서, 간헐적으로 정보를 갱신하는 디지털 도어사인의 경우에는 데이터 수신 대기 시에는 전력 소모량이 낮은 BLE, 데이터 수신 시에는 Bluetooth BR/EDR을 채택한다.

그림 9는 도어사사인 앱에서 EPD 파일을 디지털 도어사인으로 전송하여 전자종이에 출력하기 위한 통신 프로토콜을 나타낸 것이다. 디지털 도어사인은 BLE 모드로 게시물 수신을 대기한다. 게시물을 전송하기 위해 도어사인 앱을 이용하여 BLE 기기를 검색

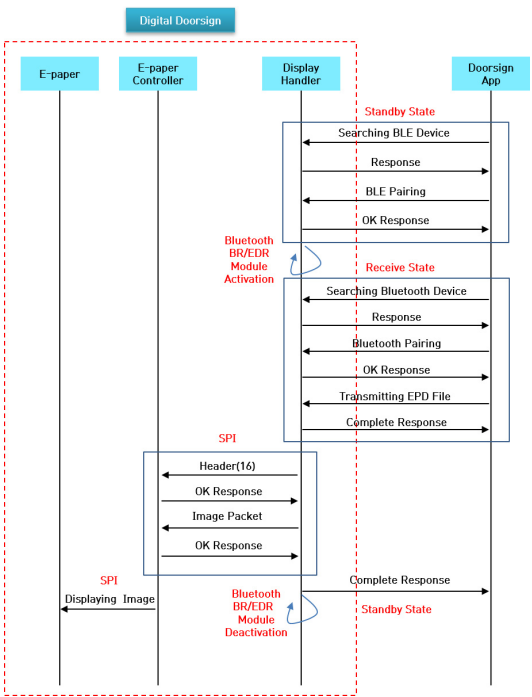



그림 9. EPD 파일 전송 및 디스플레이 프로토콜
Fig. 9. Protocol of EPD File Transmission and Display[20]

표 1. EPD 패널의 해상도와 파일크기
Table 1. Resolution and File Size in each EPD Panel

| Panel Size | Image Resolution (px) | Image Color Depth (bit) | Header Size (bytes) | Image Data Array (bytes) | EPD File Size (bytes) |
|---|---|---|---|---|---|
| 4.41″ | 400×300 | 1 | 16 | 15,000 | 15,016 |
| 7.4″ | 480×800 | 1 | 16 | 48,000 | 48,016 |
| 10.2″ | 1024×1280 | 1 | 16 | 163,840 | 163,856 |

후 페어링하면 디지털 도어사인의 Bluetooth BR/EDR 모듈이 활성화되고, 도어사인 앱이 다시 Bluetooth 기기를 재검색하여 페어링한 후, EPD 파일을 도어사인으로 전송한다. 이와 같은 방법으로 대기상태에서의 전력 소모량을 최소화하고, 수신상태에서는 고속으로 EPD 파일을 전송할 수 있다. 수신한 EPD 파일은 SPI 통신모듈을 통해 E-paper Controller로 전송되어 전자종이에 출력된다.

## Ⅳ. 구현 및 평가

### 4.1 구현 환경

제안 시스템의 S/W 및 H/W 구현 환경은 각각 표 2, 표 3과 같다.

폼스 서버는 Windows 7 운영체제 환경에서 WAS Tomcat 9.0과 MySQL을 연동하여 구동 환경을 구축하고, JDK1.8을 이용하여 웹 기반 시스템으로 구현하였다. 도어사인 앱은 Android 6.0 마시멜로우 운영체제 환경에서 API level 23을 사용하여 구현하고, 디지털 도어사인은 C언어로 게시물 송수신 및 전자종이 제어 기능을 개발하였다.

전자종이 디스플레이와 컨트롤러는 (주)Pervasive Display에서 공급하는 전기영동 방식의 E-paper인 10.2″ TFT EPD 패널(EZ102CT01)과

표 2. S/W 구현 환경
Table 2. Implementation Environment of S/W

| | OS / WAS | Implementation Language | etc |
|---|---|---|---|
| Forms Server | Windows 7 /Tomcat 9.0 | JAVA (JDK 1.8) | MySQL |
| Doorsign App | Android | Android 5.0 API level 23 | |
| Digital Doorsign | | C | |



www.dbpia.co.kr

표 3. S/W 구현 환경
Table 3. Implementation Environment of S/W

| | H/W | Specifications | |
|---|---|---|---|
| E-paper Controller | TCM-P102-220 | Supply Voltage | 2.7~3.3 V |
| | | Features | SPI Interface to host |
| | | | 1-bit color (black and white) |
| | | | Internal image buffer |
| E-paper | 10.2″ TFT EPD Pannel (EZ102CT01) | Outline (mm) (H×V×T) | 171.76×218.30×1.20 |
| | | Active Area (mm) | 162.56×203.2 |
| | | Resolution (pixel) | 1024×1280 |
| | | Pixel Pitch | 0.159×0.159 |
| | | Pixel Density | 160dpi |

TCM-P102-220를 사용하였다[21].

### 4.2 구현 결과

그림 10은 전자종이에 출력될 게시물의 디자인 유형을 템플릿으로 등록하는 화면을 나타낸 것이다. 관리자는 표준양식 이미지를 등록한 후, 게시물 디자인 이미지의 각 영역을 포인팅하여 동적 데이터가 삽입될 좌표값을 설정하고, 정보 소스, 전자종이 특성 정보를 지정함으로써 템플릿을 정의한다.

그림 11은 사용자가 도어사인에 출력할 게시물 디자인 유형에 해당하는 표준양식 이미지를 선택하고, 템플릿의 정보 소스와 영역 좌표값을 기반으로 추출한 동적 데이터를 삽입한 중간 게시물을 자동으로 생성한 결과를 나타낸 것이다.

그림 12는 사용자로부터 직접 입력받은 공지사항과 같은 동적 데이터를 중간 게시물에 병합하여 최종 게시물을 생성한 결과를 나타낸 것이다. 최종 게시물을 흑백이미지로 변환한 이미지 데이터와 템플릿의 전자종이 특성 정보에 해당되는 헤더를 추가하여 EPD 파일을 생성한다. EPD 파일은 전자종이 디스플레이 출력을 위해 도어사인 앱을 통해 디지털 도어사인으로 전송된다.

그림 13은 디지털 도어사인의 내부 블록도를 나타

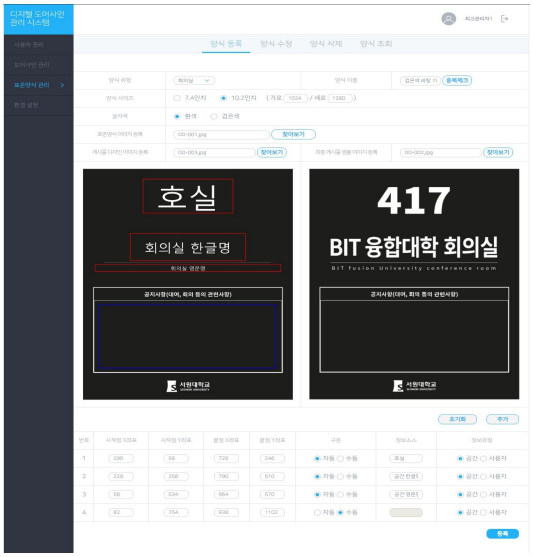



그림 10. 템플릿 등록 화면
Fig. 10. Screen Shot of Template Registration

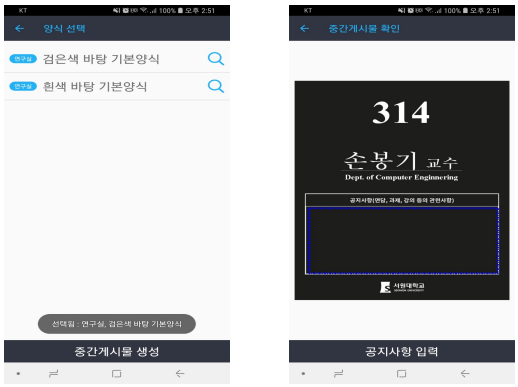



그림 11. 디자인 유형 선택 및 중간 게시물 생성
Fig. 11. Design Type Selection and Intermediate Notice Creation

그림 12. 최종 게시물 생성
Fig. 12. Final Notice Creation



www.dbpia.co.kr

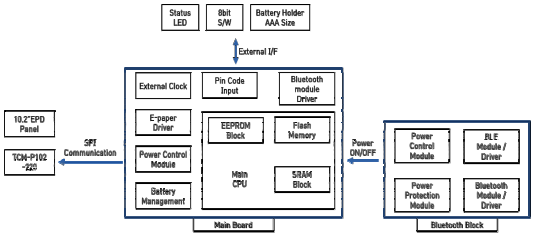



그림 13. 디지털 도어사인 블록도
Fig. 13. Block Diagram of Digital Doorsign

낸 것이다. Main Board는 데이터 통신 및 제어와 EPD 파일을 전자종이에 출력하는 기능을 하고, Bluetooth Block은 Bluetooth 2.1/4.0(BLE) 모듈을 제어하고, 도어사인 앱과의 통신 기능을 담당한다. Main CPU는 Main Board 관리, 전원제어 모듈은 내부전원 관리, Battery 관리 모듈은 배터리 전원 관리, Bluetooth Module Driver는 Bluetooth 간 통신, 외부

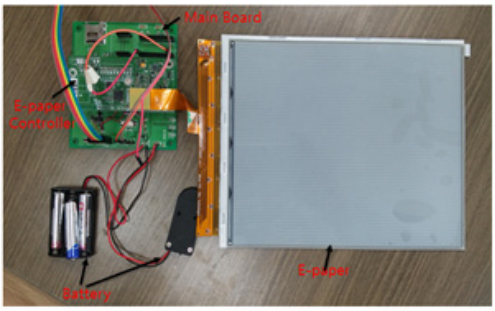



그림 14. 디지털 도어사인 구성
Fig. 14. Configuration of Digital Doorsign

그림 15. 설치된 디지털 도어사인 외형
Fig. 15. Digital Doorsign Appearance in Testbed

I/F는 외부 LED 표시와 배터리 전원 입력, E-paper Driver는 EPD 패널 업데이트 기능을 수행한다.

도어사인 앱과의 통신을 대기하는 동안에는 Bluetooth BR/EDR 모듈의 전원 공급을 완전히 차단하고, 데이터 수신 시에만 Bluetooth BR/EDR 모듈을 활성화시킨다. 제안한 시스템에서는 빠른 개발을 위해 BLE 모듈과 Bluetooth 모듈의 배터리는 분리하였으며, 각각 코인 건전지 1개(3V, 620mAh), AAA 건전지 3개(4.5V, 700mAh)를 사용하였다. 그림 14와 그림 15는 개발한 디지털 도어사인의 내부 구성과 연구실에 실제로 설치된 도어사인의 외형을 나타낸 것이다.

### 4.3 실험 및 평가

이 논문에서는 제안한 도어사인 관리 시스템은 게시 정보 변경을 위한 대기 시간이 매우 길고, 대용량의 EPD 파일을 고속으로 수신하여 전자종이에 출력해야 한다. 이러한 조건을 만족하기 위해 데이터 수신 대기상태에서는 전력소모량이 적은 BLE 모드, 수신 시에는 전력소모량이 높지만 대용량의 데이터 전송에 적합한 Bluetooth BR/EDR 모드에서 동작하도록 구현하였다. 제안한 시스템이 낮은 소비전력으로 도어사인 유지비용을 줄일 수 있다는 것을 보이기 위해 Bluetooth BR/EDR 및 BLE 모드의 전력소모량과 10.2″ EPD 파일(163,856 bytes)의 전송시간을 측정하는 실험을 수행하였다.

실험 환경은 표 4와 같이, Bluetooth BR/EDR 모듈의 입력 전압 4.5V, BLE 모듈 입력 전압 3V로 하여 데이터 수신 대기 상태와 수신 상태의 평균 전류를 전력분석시스템(모델명:PPA4530, 제조사:N4L)을 이용하여 측정한 후, 전력소모량을 계산하였다. 전원 공급이 완전히 차단된 Bluetooth BR/EDR 모듈의 Power Off 전류는 28.1, 대기 상태 108, 수신 상태 34,200로 측정되어 대기 상태 및 수신 상태에서의 전력소모량은 그림 16의 (a)와 같이, 각각 486, 153,900가 됨을 확인하였다. BLE 모듈은 대기 및 수신 상태의 전력소모량은 각각 97.8, 597로 계산되었다. 이에 반해, 163,856 byte 크기의 10.2″ EPD 파일을 앱에서 도어사인으로 전송하는 시간은 그림 16의 (b)와 같이,Bluetooth BR/EDR 모듈은 약 10초, BLE 모듈을 약 19분 정도 소요됨을 구현 시스템의 현장테스트를 통해 확인하였다.

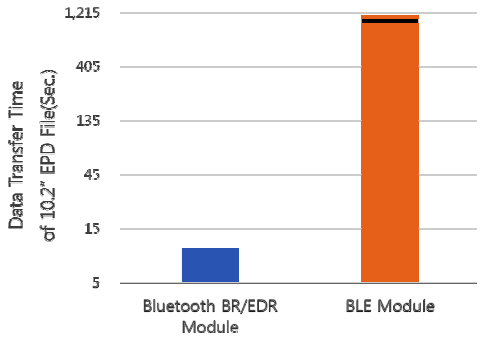
위와 같은 실험 결과를 통해, 대기 상태에서는 전력소모량을 최소화하기 위해 BLE 모드로 동작하다가, 수신 시에 Bluetooth BR/EDR 모드로 전환하여 고속으로 EPD 파일을 수신하는 제안 시스템이 전력소모



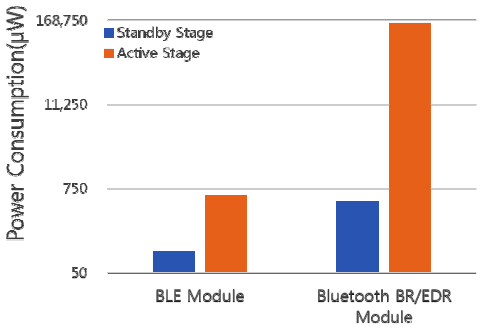
www.dbpia.co.kr

표 4. 실험 환경 및 측정된 평균 전류
Table 4. Experimental Environment and measured Average Current

| | Bluetooth BR/EDR Module | BLE Module |
|---|---|---|
| Battery Capacity(Ah) | 700 | 620 |
| Input Voltage(V) | 4.5 | 3 |
| Average Current in Power Off ($\mu A$) | 28.1 | - |
| Average Current in Standby ($\mu A$) | 108 | 32.6 |
| Average Current in Active ($\mu A$) | 34,200 | 199 |




(a) Power Consumption




(b) Data Transfer Time

그림 16. 블루투스 BR/EDR와 BLE 모듈의 전력 소모량 및 데이터 전송 시간
Fig. 16. Power Consumption and Data Transfer Time of Bluetooth BR/EDR and BLE Module

량 측면과 빠른 정보 갱신 측면을 동시에 만족함을 알 수 있다.

BLE 모듈이 배터리 교체없이 운용되는 시간은 배터리 총용량에 대해 EPD 파일을 수신하여 전자종이 디스플레이에 정보를 갱신하는 시간, 즉 동작 구간의 소비전류와 대기 구간의 소비전류의 합으로 나누어 계산하였다. 제안 시스템에서 데이터를 수신하는 시간은 약 10초, 수신한 데이터를 EPD 패널에 갱신하는 시간은 약 9초 걸려 동작 구간은 약 19초이고, 1주일에 1회 정보 갱신이 이루어진다고 가정하였다. 따라서, 1주일에서 19초를 뺀 나머지 구간을 대기 구간으로 설정하였다. BLE 모듈의 배터리의 용량이 620mAh일 때, 1초 단위를 기준으로 한 배터리 총용량을 1초 단위 전체 소비전류로 변환하여 표 5와 같이 계산한 결과, 약 807.2일 동안 배터리 교체없이 운용할 수 있다는 것을 확인하였다. 이와 같은 방법으로

표 5. BLE 모듈의 운용 시간 계산
Table 5. Operating Time of BLE Module

Sec. 단위 BLE 모듈 소비전류(모든 전류($A$)기준 단위: $\mu A$), 단, 동작 전압($V$)은 동일하다고 전제.

- 배터리 용량: 620,000$\mu A$, 대기모드 평균전류(IS): 32 $\mu A$, 동작모드 평균전류(IA): 199$\mu A$

1S 기준 배터리 총용량(T): 620,000(배터리 용량)×3,600(1시간)$\mu A$

1S 기준 전체 소비전류: $K\mu A$

→ 총 운영시간= $\frac{T}{K}Sec.$

- 1S 단위의 동작시간 및 대기시간

- 1S 단위의 동작시간 조건(주 1회 19초 동작): 19 $Sec./7day$

$$\therefore\ \alpha = \frac{19}{3600\times 24\times 7} = 3.14uSec.(0.00000314Sec.)$$

1S 단위 대기시간:

1-α=999996.86uSec.(0.9999968 $Sec.$.)

- α(동작) 구간 소비 전류:

$$\alpha \times I_A = 0.000628uA(K_A)$$

- 1-α(대기) 구간 소비 전류:

$$(1-\alpha)\times I_S = 31.99989952uA(K_S)$$

1S 단위 총 소비전류:

$$K = K_A + K_S = \alpha I_A + (1-\alpha)I_S = 32.00052752\mu A$$

∴ 총 운영시간=

$$\frac{T}{K} = \frac{620000\times 3600}{K} = 69748850.19Sec.(\text{약 } 807.27835\,days)$$



www.dbpia.co.kr

계산한 Bluetooth BR/EDR 모듈의 운용 시간은 약 1,006일이었다.

## V. 결 론

도어사인에 게시되는 정보는 수일 또는 수개월동안 변경될 필요가 없고, 정지영상 정보가 대부분이다. 도어사인은 출입구에 탈부착할 수 있는 모바일기기 형태가 요구되며, 낮은 전력소모, 방문자에 대한 공지사항 전달, 사용자가 선호하는 정보 게시 디자인 유형 선택 등의 기능 제공을 통해 효용성을 높일 수 있다.

이 논문에서는 공간의 용도와 도어사인의 크기에 따라 사용자가 정보 게시 디자인 유형을 선택할 수 있고, 전력 소모량을 최소화하기 위해 전자종이와 Bluetooth 기반의 디지털 도어사인 관리 시스템을 제안하고, 구현 결과를 보였다.

제안한 시스템은 디자인 유형에 대한 정보를 템플릿으로 등록하고, 사용자가 선택한 디자인 유형의 템플릿 정보를 기반으로 도어사인 게시물을 자동 생성한다. 사용자가 정보 게시 디자인 유형을 선택하면 템플릿의 정보 소스와 영역 좌표값 정보를 이용해 데이터베이스에서 자동 추출한 사용자 및 공간 데이터를 표준양식 이미지에 삽입하고, 스마트폰을 통해 입력한 공지사항을 병합한 이미지 형태의 최종 게시물을 생성한다. 최종 게시물을 흑백 이미지로 변환하여 이미지 데이터를 생성하고, 전자종이 특성 정보를 헤더로 추가하여 디지털 도어사인 출력을 위한 EPD 파일을 생성한다. EPD 파일은 스마트폰을 통해 디지털 도어사인으로 전송되어 전자종이에 출력된다.

디지털 도어사인은 데이터 수신 대기 상태에서는 BLE 모드와 수신 상태에는 Bluetooth BR/EDR 모드로 대용량의 게시물을 저전력으로 신속하게 게시물을 수신하여 출력할 수 있도록 설계하고 개발하였다.

제안한 시스템은 사용자의 선호에 따라 다양한 디자인 유형의 정보 게시가 가능하고, 낮은 소비전력으로 디지털 도어사인의 유지비용을 줄일 수 있다. 또한, 스마트폰을 통해 입력한 공지사항 정보를 도어사인에 게시할 수 있어 방문자에게 정보 전달이 가능하여 효용성을 높일 수 있다.

## References


[1] *Digital DoorSigns*, https://www.kindermann.de/de/highlights/elektronische-raumbeschilderung/

[2] *Wireless ePaper Displays*, https://www.lancom-systems.de/en/products/wireless-lan/wireless-epaper-ibeacon/lancom-wireless-epaper-displays/overview/

[3] *Digital Door sign*, http://www.apollodisplays.com/flat-panel-displays/industrial-monitors/industrial-displays/digital-door-signs-2/

[4] B. Comiskey, J. D. Albert, H. Yoshizawa, and J. Jacobson, “An electrophoretic ink for all-printed reflective electronic displays,” *Nature*, vol. 34, pp. 253-255, Jul. 1998.

[5] C. A. Kim, and H. J. Ryu, “Research trend of the human friendly display-a reflective display,” *Electron. and Telecommun. Trends*, vol. 28, no. 5, pp. 1-10, Oct. 2013.

[6] P. F. Bai, R. A. Hayes, M. L. Jin, L. L. Shui, Z. C. Yi, L. Wang, X. Zhang, and G. Zhou, “Review of paper-like display technologies,” *Progress in Electromagnetics Res.*, vol. 147, pp. 95-116, 2014.

[7] S. S. Lee, M. Park, S. H. Lim, and J. K. Kim, “Electrophoresis-based e-paper display,” *KIC News*, vol. 13, no. 3, pp. 1-13, 2010.

[8] H. Gates, R. Zehner, H. Doshi, and J. Au, “A5 sized electronic paper display for document viewing,” *SID Symp. Digest of Tech. Papers*, vol. 36, no. 1, pp. 1214-1217, May 2005.

[9] A. Dementyev, J. Gummeson, D. Thrasher, A. Parks, D. Ganesan, J. R. Smith, and A. P. Sample, “Wirelessly powered bistable display tags,” in *Proc. 2013 ACM Int. Joint Conf. Pervasive and Ubiquitous Comput.*, pp. 383-386, Zurich, Switzerland, Sep. 2013.

[10] J. Nehani, D. Brunelli,, M. Magno, L. Sigrist, and L. Benini, “An energy neutral wearable camera with EPD display,” in *Proc. 2015 Workshop on Wearable Syst. and Appl.*, pp. 1-6, May 2015.

[11] B. K. Son and J. H. Lee, “EPD noticeboard for posting multiple information,” *Lecture Notes in Electrical Eng.*, vol. 421, pp. 137-142, Nov. 2016.

[12] B. S. Jang, S. J. Lee, and H. Y. Kwak, “A study of attendance management system using




www.dbpia.co.kr

beacon and ble advertisement function," *J. The Korea Soc. Comput. and Inf.*, vol. 23, no. 8, pp. 67-73, Aug. 2018.

[13] S. P. Hong and Y. J. Cho, "Development of smart etiquette system based on ble and app," *J. Digital Contents Soc.*, vol. 18, no. 5, pp. 803-810, Aug. 2017.

[14] Bluetooth SIG, *Bluetooth Core Specification* v4.0(2010), Retrieved Oct. 1. 2018, from https://www.bluetooth.com/ko-kr/specifications/bluetooth-core-specification/legacy-specifications

[15] L. L. Estrada, J. G. Kim, "Power consumption analysis for iot bluetooth low energy based platform for smart environments," *KICS Summer Conf.*, pp. 1146-1147, Jeju Island, Korea, Jun.-Sep. 2018.

[16] D. Dragomir, L. Gheorghe, S. Costea, and A. Radovici, "A survey on secure communication protocols for IOT systems," *2016 Int. Workshop on Secure Internet of Things*, pp. 47-62, Crete, Greece, 2016.

{17} J. H. Lee, "Pre-paging for low latency reconnection of bluetooth HIDs" *J. KICS*, vol. 43, no. 06, pp. 1005-1013, Jun. 2018.

[18] D. S. Cho, J. Y. An, and S. T. Chung, "Implementation of a smart puzzle game using bluetooth 4.0," *J. Korean Soc. Comput. Game*, vol. 27, no. 3, pp. 119-125, Sep. 2014.

[19] U. J. Lee, H. Y. Park, and H. C. Shin, "Implementation of a Bluetooth-LE based wireless ECG/EMG/PPG monitoring circuit and system," *J. IEIE*, vol. 51, no. 6, Jun. 2014.

[20] B. K. Son and J. H. Lee, "Design and implementation of digital doorsign system based on e-paper display," *Lecture Notes in Electrical Eng.*, vol. 474, pp. 168-173, Dec. 2017.

[21] *10.2" TFT EPD Panel* (EZ014BS011), http://www.pervasivedisplays.com/products/102

**최 병 근** (Choi Byung Geun)

2016년 2월 : 서원대학교 컴퓨터공학과 졸업
2019년 2월 : 충북대학교 산업대학원 전기전산공학과 컴퓨터공학 석사 졸업
<관심분야> 인공지능, 영상처리, 빅데이터

**김 성 진** (Sung-Jin Kim)

1999년 2월 : 경북대학교 전자전기공학과 졸업
2006년 2월 : 서울대학교 전기컴퓨터공학부 박사 졸업
2004년 6월~2007년 9월 : 삼성SDI, 중앙연구소 책임연구원
2007년 9월~2008년 8월 : 미국 컬럼비아대학 전기공학과 박사후연구원
2008년 8월~2010년 2월 : 미국 조지아공과대학 전기전자공학부 박사후연구원
2010년 3월~현재 : 충북대학교 전기정보대학 교수
<관심분야> 유기/산화물 소자, 유연한 인쇄 전자, 넓은 영역의 관원 및 에너지 수확응용

**손 봉 기** (Son Bong Ki)

1998년 2월 : 서원대학교 전자계산학과 졸업
2000년 2월 : 충북대학교 전자계산학과 석사 졸업
2004년 8월 : 충북대학교 전자계산학과 박사 졸업
2009년 9월~현재 : 서원대학교 컴퓨터공학과 교수
<관심분야> 인공지능, 영상처리, 빅데이터 및 스마트 소방시스템



www.dbpia.co.kr