

<https://doi.org/10.7236/IIBC.2016.16.6.329>

IIBC 2016-6-41

오츠 알고리즘을 활용한 무선인터넷 기반 임베디드 다중 LED 전광판 시스템

Embedded Multi-LED Display System based on Wireless Internet using Otsu Algorithm

장호민*, 김의룡*, 오세춘*, 김신령**, 김영곤***

Ho-Min Jang*, Eui-Ryong Kim*, Se-Chun Oh*, Sin-Ryeong Kim**,
Young-Gon Kim***

요약 옥외광고 및 산업 현장에서는 실시간으로 다양한 의사를 표현하기 위하여 영상처리 기반 이미지 변환 출력 LED 전광판 시스템을 구현하려고 한다. 최근 각종 현장에서는 단순한 문장 표현이 아닌 이미지를 이용한 직관적인 의사소통의 중요성이 커지고 있다. 따라서 의사소통을 위해 단순히 입력된 정보를 출력하는 것이 아닌 실시간 정보를 출력할 수 있는 시스템이 요구되고 있다. 이를 위해 본 시스템은 다양한 임의의 이미지 출력이 불가능한 기존의 LED 전광판에 이미지를 맵핑하는 문제를 해결하는 것과 이미지 출력이 가능한 형태로 변환하여 저전력의 LED를 활용하여 한정된 자원 안에서 효율적으로 메시지와 이미지를 출력하도록 개발하였다. 따라서 본 논문에서는 LED 전광판을 무선 네트워크로 관리하고 마이크로 컨트롤러 중 하나인 ATmega2560과 Wi-Fi 모듈 및 서버와 안드로이드 어플리케이션 클라이언트를 통해 텍스트만 출력하는 기존의 전광판과는 달리 이미지 출력과 다양한 출력을 가능하게 하여 출력할 문자와 이미지에 대한 처리를 서버에서 관리함으로써 이미지 출력에 필요한 여러 변환 과정에 생기는 부하를 줄이는데 초점을 맞춘 시스템을 제안한다.

Abstract In the outdoor advertising and industrial sites, are trying to implement the LED electric bulletin board system that is based on image processing in order to express a variety of intention in real time. Recently, in various field, rather than simple text representation, the importance of intuitive communication using images is increasing. Thus, instead of outputting the simple input information for communication, a system that can output a real-time information being sought. Therefore, the system is directed to overcoming by converting the problem of mapping an image on a variety of conventional LED display that can not be output images, the possible image output formats. Using an LED of low power, it has developed to output the efficient messages and images within a limited resources. This paper provides a system capable of managing the LED display on the wireless network. Atmega2560, Wi-Fi module, using the server and Android applications client, rather than printing a text only, it is a system to reduce the load generated image output character output in to the conversion process as can be managed by the server.

Key Words : Otsu algorithm, Wi-Fi, LED Display, ATmega, Binary, Dot-Matrix

*정회원, 한국산업기술대학교 컴퓨터공학과

**중신회원, 동서울대학교 정보통신과

***중신회원, 한국산업기술대학교 컴퓨터공학과

접수일자: 2016년 10월 5일, 수정완료: 2016년 11월 17일

계재확정일자: 2016년 12월 9일

Received: 5 October, 2016 / Revised: 17 November, 2016

Accepted: 9 December, 2016

****Corresponding Author: ykkim@kpu.ac.kr

Dept. of Computer Engineering, Korea Polytechnic University, Korea

I. 서 론

현대 정보화 사회에서는 많은 다양한 정보가 통합되는 멀티미디어 환경을 바탕으로 통신이 이루어지고 있다. 이러한 정보는 다양한 형태의 정보전달 기기 혹은 매체를 통해 전달된다. 정보의 전달은 많은 부분이 인간의 시각적 기능을 통하여 이루어지고 있는데, 따라서 정보전달 매체 중에서 시각적 효과를 주는 정보전달 매체가 전달 효과를 가장 효과적일 것 중의 하나이다. 시각적 매체의 대표적인 것으로 브라운관, LED 디스플레이, LCD 디스플레이 등을 들 수 있다[1].

현재 국내 시장에 유통되는 LED 전광판의 경우 다양한 LED의 개발과 발전에 힘입어 대량생산되고 있으며 해외에 수출할 정도로 경쟁력이 증대되고 있다.

LED 전광판의 경우 대다수가 옥외 광고 및 산업 현장에서 사용되고 있고, 최근에는 단순한 상호 및 메뉴 표현이 아닌 의사소통 및 광고 등을 같이 문장 외에도 이미지와 같은 영상을 표현하는데 사용되고 있다는 점에서 출력되는 이미지가 중요시 되고 있다.

LED 전광판은 일반적으로 한 개의 색상만을 표현하는 단색 전광판, 삼색을 표현하는 삼색 컬러 전광판, 그리고 색상 조합을 통해 여러 색을 표현하는 풀 컬러(Full-color) 전광판이 있다. 광고의 목적과 특성에 따라 활용되는 전광판의 종류가 다르지만 풀 컬러 전광판의 경우 가격이 높게 형성되어 있기 때문에 제한된 색상의 전광판이 많이 사용되고 있다.

하지만 일반적으로 옥외광고에 사용되는 LED 전광판이 가지는 특성상 이미지를 표현하기에 하드웨어적인 한계가 있고 이를 극복해 이미지를 출력하는 전광판들의 경우도 대부분 사전에 미리 입력된 이미지를 선택, 반복 출력하는 것이 한계이다.

또한 대부분의 전광판은 유선을 활용하는 시스템이 대부분이며 무선통신을 활용한 전광판의 경우 리모컨과 RF통신을 활용한 전광판 시스템으로 한정 되어 있다. 기업 프로모션으로 활용되는 대형 전광판의 경우 이동통신사의 SMSC(Short Message Service Center)를 통하여 잠재고객이 보낸 SMS(Short Message Service)가 전광판으로의 출력을 가능하게 한 시스템으로 한정된다[2].

이러한 특성은 효율적인 의사전달을 위한 LED 전광판의 활용과 실시간 옥외광고 및 공지 게시 등을 목적으로 전광판을 활용하는 데는 많은 제약이 있다.

이를 위해 본 논문에서는 영상 이진화와 색상 변환을 활용해 실시간으로 이미지를 출력할 수 있는 전광판을 제안한다.

이는 전광판이 가지는 제한적 색상 표현으로 인한 이미지 표현의 제한 문제를 해결할 수 있다. 또한 최근 무선 통신 기술의 발전으로 현재 무선 통신 기술 중 하나인 Wi-Fi가 사용되지 않는 곳이 없다고 봐도 무방하여 시간과 공간적인 제한이 없다[3].

본 논문이 제안하는 방식은 비트맵 이미지가 가지는 특성을 활용하여 이미지를 이진화 하는 과정을 통해 전광판 출력 좌표값을 구하게 하였다. 비트맵 이미지는 각각의 픽셀별로 색상 값을 가지기 때문에 이진화 하는 과정에서 각 픽셀이 하얀색인지 검정색인지를 구분하고 이를 활용해 좌표를 얻어내 전광판에 픽셀값을 맵핑하여 표현할 수 있도록 하였다.

또한 대표적 임계값 결정법인 오츠 이진화 알고리즘[4]을 활용해 이용되는 임의의 이미지가 가지는 명도값에 따라 상대적 임계값을 이용해 이미지를 이진화 하도록 하여 최대한 입력되는 많은 이미지를 식별 가능하게 이진화 할 수 있는 시스템을 제안한다.

II. 관련 연구

1. 오츠 알고리즘

일반적인 영상 분할 기법은 오츠 방식을 기반으로 하고 있다. 오츠 방법은 LDA(Linear Discriminant Analysis) 기법을 기반으로 영상을 두 개의 클래스로 나누는 뒤 클래스 간 편차를 최대화 하는 값으로 문턱 값을 설정하는 방법이다. 영상이 가지고 있는 밝기의 히스토그램(0 ~ L - 1)과 두 개의 클래스를 다음과 같이 정의하면, $C_0 = \{0, 1, 2, \dots, t\}$, $C_1 = \{t+1, t+2, \dots, L-1\}$ 특정 밝기 i 값이 나올 확률과 각 class의 확률은 다음의 식과 같이 계산된다.

$$P_i = \frac{n_i}{n} \quad (1)$$

$$\omega_0 = \sum_{i=0}^t p_i \quad (2)$$

$$\omega_1 = \sum_{i=t+1}^{L-1} p_i \quad (3)$$

여기서 n_i 는 밝기 i 값을 갖는 화소 수를 나타내며, n 은 영상 전체 화소수를 나타낸다. 각 class 별 평균은 다음의 식으로 계산 되고,

$$\mu_0(t) = \sum_{i=0}^t ip_i / \omega_0(t) \quad (4)$$

$$\mu_1(t) = \sum_{i=t+1}^{L-1} ip_i / \omega_1(t) \quad (5)$$

최적의 문턱 값은 다음의 식처럼 계산 할 수 있다.

$$t^* = Arg \left\{ \max \left(\frac{\sigma_B^2}{\sigma_T^2} \right) \right\} \quad (6)$$

$$\sigma_B^2 = \omega_0(\mu_0 - \mu_T)^2 + \omega_1(\mu_1 - \mu_T)^2 \quad (7)$$

$$\sigma_T^2 = \sum_{i=0}^{L-1} (i - \mu_T)^2, \mu_T = \sum_{i=0}^{L-1} ip_i \quad (8)$$

$$t^* = Argmax \left\{ \omega_0(\mu_0 - \mu_T)^2 + \omega_1(\mu_1 - \mu_T)^2 \right\} \quad (9)$$

두 개의 클래스간의 히스토그램 분포가 분명한 영상에서는 오츠 방법이 장점을 가지고 있으나, 침입자 탐지 시스템과 같이 배경에 비해서 물체 혹은 표적의 정보가 매우 작거나, 배경의 밝기 분포와 차이가 많이 나지 않는 경우에는 최적의 문턱 값이 생성되지 못하는 단점이 존재하게 된다. 위의 단점을 극복하기 위해서 각 픽셀에서의 국부적 평균을 이용하여 히스토그램의 차원을 2차원으로 확장시켜서 사용할 수 있는 2D 오츠 방법이 제안되었으나 2차원 히스토그램을 이용해야 하기 때문에 많은 연산량이 요구되어 적용에 어려움이 있다^[5]. 오츠 알고리즘의 임계값 결정법은 이미지 픽셀의 히스토그램의 형태가 쌍봉형일 경우 그 계곡점을 찾아 그 점을 임계값으로 설정하는 방법이다. 따라서 가장 밀집되어 있는 두 클래스로 집합을 분류하는 방법이다. 오츠 알고리즘에서 이 임계점을 찾기 위해 클래스 내 분산(within-class variance)와 클래스 간 분산(between-class variance)을 사용하며 내부 분산의 최소화와 클래스 간 분산의 최대화를 통해 임계값을 결정한다. 오츠 알고리즘을 사용한 이진화를 한 예시는 그림 1과 같다.



그림 1. 오츠 알고리즘을 이용한 이진화
 Fig. 1. Otsu algorithm using binary

2. ATmega128

ATmega128은 고성능, 저 전력의 8비트 마이크로 컨트롤러이다. 진보된 RISC(Reduced Instruction Set Computer) 구조를 사용하여 16MHz에서 평균적으로 16MIPS의 명령 처리 속도를 가진다. 133개의 명령세트를 가지며, 대부분이 1사이클에 실행된다. 또한 32개의 범용 작업레지스터를 가지며, 2사이클에 실행되는 곱셈기와 많은 I/O 제어용 레지스터를 가지고 있다.

ATmega128은 프로그램 메모리와 데이터 메모리를 액세스하기 위한 버스를 독립적으로 사용하는 하버드 구조와 파이프라인 처리방식을 기반으로 하는 RISC기술을 적용하여 매우 높은 성능을 발휘한다^[6]. ATmega128 회로도에는 다음 그림 2와 같다.

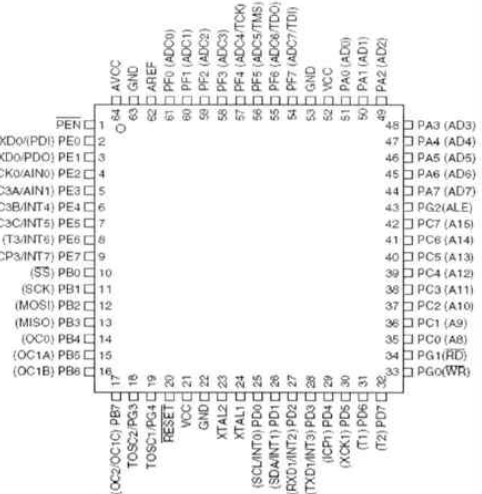


그림 2. ATmega128 회로도
 Fig. 2. ATmega128 Schematic

3. WizFi210

WizFi210은 기존의 시리얼 어플리케이션을 WiFi가 가능한 솔루션으로 쉽고 빠르게 바꿔줄 수 있는 Serial-To-WiFi 제품이다. WizFi210은 시리얼 인터페이스를 통해 모듈의 모든 기능을 설정할 수 있는 AT Command Set을 제공한다. 그러므로 시리얼장비 뿐만 아니라, 8/16/32비트 마이크로 컨트롤러에서도 UART를 통해 쉽게 WiFi 설정을 할 수 있다. WizFi210을 이용하면, 무선 모듈 디자인이나 테스트, 인증 등의 과정을 획기적으로 감소시킬 수 있다. 따라서 무선 네트워크 경험이 전혀 없거나 제한적인 고객들에게도 최선의 솔루션이 될 수 있다. WizFi210은 802.11b 규격을 따르면서, 무선 인터페이스에서 11 Mbps의 속도까지 지원한다. 또한, WizFi210제품은 초저전력 무선 통신 기술을 사용하고, 최적화된 하드웨어를 사용함으로써, 안정적이고 전력 소비가 획기적으로 개선된 Serial-To-WiFi 솔루션을 제공한다. WizFi210은 편리한 테스트 보드와 함께 손쉬운 테스트를 위한 PC 소프트웨어와 문서를 제공하므로 누구나 쉽게 무선 솔루션을 개발 할 수 있는 환경을 제공한다 [7]. WizFi210 기본 다이어그램은 다음 그림 3과 같다.

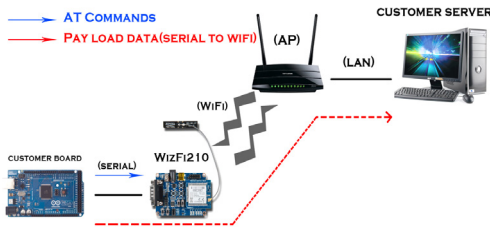


그림 3. WizFi210 기본 다이어그램
Fig. 3. WizFi210 Basic Diagram

III. 3장 본문

본장에서는 기존 무선 전광판 시스템의 Dot-Matrix 출력을 위하여 출력할 데이터를 유선 통신 또는 RF통신 등을 이용하여 임베디드 시스템에 받아들인 후 이를 조합형 글자나 내장된 완성형 글자로 재조립 한 후 출력하는 방식을 사용한다. 이 경우 Dot-Matrix 모듈과 마이크로 컨트롤러의 특성상 4K bytes의 메모리를 가지는 컨트롤러 내에서 많은 연산을 처리하는 것은 비효율적이며, RF 통신은 아날로그 신호만을 전달하기에 Dot-Matrix 모듈을 제어하기 위해서는 디지털에서 아날로그로 이후 아날

로그에서 디지털로 신호를 다시 한 번 더 바꿔줄 필요가 있다.

이러한 단점들을 보완하기 위해 본 논문에서는 서버와 클라이언트 어플리케이션을 분리하여 이용자가 실시간으로 전광판에 표현하고자 하는 문자와 이미지를 자유롭게 전송할 수 있게 하였으며, 이를 구현하기 위해 ATmega2560 마이크로컨트롤러와 Wiznet사의 wizfi-220모듈, 그리고 LK임베디드사의 LKM-DOTM16 Dot-Matrix 모듈을 사용했다. 제안된 하드웨어의 구성은 다음 그림 4와 같다.

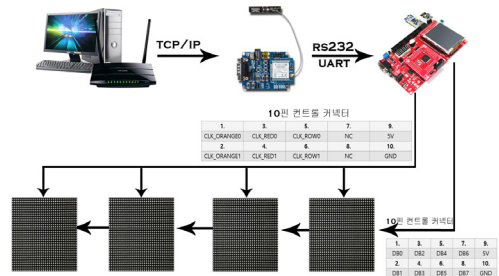


그림 4. 하드웨어 구성도
Fig. 4. Hardware Configuration

1. 다중 LED 전광판 시스템 구성도

ATmega2560 마이크로컨트롤러의 경우 ATmega128과 비교해 더 많은 Dot-Matrix 모듈(LED 전광판)과 연결이 가능할뿐더러 RS232 통신 처리가 가능하기 때문에 개발에 사용한 Wi-Fi 모듈을 제어할 수 있다. 또한 마이크로컨트롤러에 가해지는 연산 부담을 줄이기 위해 서버와 IPv4(Internet Protocol version 4)를 통한 통신이 이루어지도록 하여 서버에서 모든 이미지 변환 및 도트 좌표값 설정을 완료한 후 출력할 좌표의 Hexa값만을 마이크로컨트롤러에 전달하도록 구성하였다. 다중 LED 전광판 시스템 구성도는 다음 그림 5와 같다.

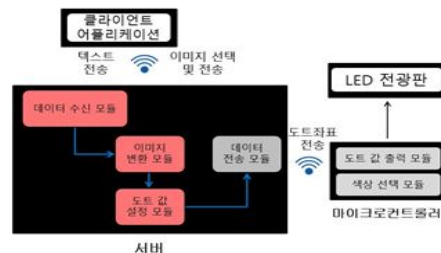


그림 5. 시스템 구성도
Fig. 5. System Configuration

2. 임베디드 시스템 구성도

ATmega2560에 내장된 임베디드 시스템은 서버에서 전송된 데이터를 중간 처리과정 없이 바로 출력하게 된다. 단 Wi-Fi 모듈로부터 서버에서 전송된 출력 데이터를 수신하기 위해서는 ATmega2560과 Wi-Fi 모듈 사이의 Baud Rate를 맞춰야 하며 이는 RS232 통신을 활용하기 위해 반드시 필요한 과정이다. 임베디드 시스템 구성도는 다음 그림 6과 같다.

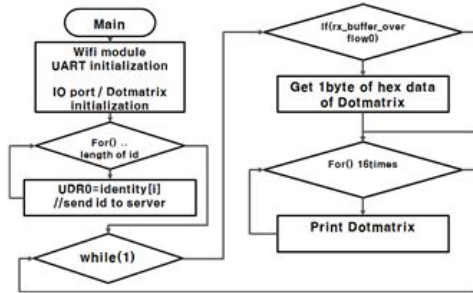


그림 6. 임베디드 시스템 구성도
 Fig. 6. Embedded System Composition

3. Dot-Matrix 완성폰트 설계

문자 출력의 경우 조합형을 사용하게 되면 출력하기 원하는 글자를 조합하기 위하여 마이크로 컨트롤러에 많은 사용량을 요구하게 된다. 본 논문에서는 마이크로컨트롤러에 가해지는 부담을 최소화하기 위해 문자의 출력의 경우 기존의 시스템에 따라 한글 2384자, 영문 26자, 숫자 10자 조합의 배열을 실제 출력 형태로 만들어 클라이언트로부터 전달받은 문자와 매칭 하여 해당되는 문자의 조합을 소켓 통신을 통해 전광판으로 전달하는 방식을 사용하였다. Dot-Matrix 완성폰트는 다음 그림 7과 같다.



그림 7. Dot-Matrix 완성폰트
 Fig. 7. Dot-Matrix Fonts complete

4. 오츠 알고리즘을 이용한 이진화

이미지의 모든 색상을 표현하거나 휘도를 조정해 이미지의 명도를 표현 할 수 있는 것이 아니라면 제한된 색상을 모두 사용하는 것 보다 이진화를 통해 명확하게 이미지를 표현하는 것이 시인성이 높음을 알 수 있다. 이러한 특성에 기반 하여, 본 논문은 이미지를 제한된 색상 안에서 식별 가능하게 표현하기 위해 이진화(Binary) 기법을 사용하였다. 격자 형식으로 나누어진 픽셀의 집합인 비트맵 이미지의 특성을 이용해 입력받은 이미지를 비트맵화 하고 비트맵 이미지를 이진화하여 각 픽셀이 가지게 되는 0과 1로 표현되는 색상의 온(on) 오프(off) 값을 이용해 전광판으로 전달할 좌표 값을 설정하도록 하였다.

이미지를 이진화하기 위해 흑과 백으로 나누는 기준이 되는 임계값이 필요하며 임계값을 임의로 고정적 값을 설정할 경우 대상이 되는 이미지의 명도 등에 따라 완전하게 흑과 백으로 나타나는 문제가 발생할 수 있기 때문에 이미지가 가지는 레벨에 따라 상대적 임계값을 설정할 수 있는 방법이 필요하다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 오츠 알고리즘을 적용했으며 오츠 알고리즘의 임계값 결정법은 이미지 픽셀의 히스토그램의 형태가 쌍봉형일 경우 그 계곡점을 찾아 그 점을 임계값으로 설정하는 방법이다. 즉, 가장 밀집되어 있는 두 클래스로 집합을 부류하는 방법이다. 오츠 알고리즘에서 이 임계점을 찾기 위해 클래스 내 분산(within-class variance)과 클래스 간 분산(between-class variance)을 사용하며 내부 분산의 최소화와 클래스 간 분산의 최대화를 통해 임계값을 설정한다. 오츠 알고리즘을 이용한 이진화는 다음 그림 8과 같다.

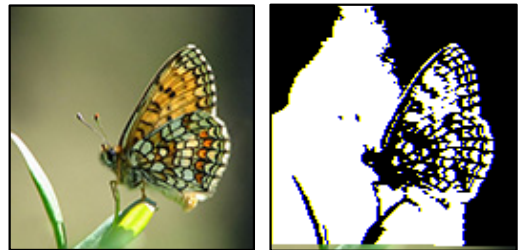


그림 8. 오츠 알고리즘을 이용한 이진화
 Fig. 8. Otsu Algorithm using Binary

본 논문에서는 위와 같이 이미지를 이진화하는 과정을 이용하여 전광판에 출력하기 위한 좌표 값을 얻어낼

수 있었다. 이진화의 과정은 해당 이미지를 먼저 그레이 스케일 이미지로 변환 한 후 흑백 이미지를 통해 분산을 구해 임계값을 찾는 방법을 사용한다. 이진화 코드는 다음 그림 9와 같다.

```

comment threshold is the result value of processing otsu algorithm
comment bi_set is variable for saving binary value
comment value is bitmap image header value which contains image data and pixel value

function binarization(x, y, threshold)
for i=0:y the height of the bitmap, in pixels
    for j=0:x the width of the bitmap, in pixels
        if value < threshold Then
            bi_set[i][j] <- 0
        else
            bi_set[i][j] <- 1
        end
    end
end
return bi_set
    
```

그림 9. 이진화 코드
Fig. 9. Binary Code

이진화되는 비트맵 이미지가 가진 모든 픽셀 값의 색상 값에 임계값을 적용하여 해당 픽셀을 0과 1로 구분해 흑백을 나누게 되며, 이 과정을 이용해 전광판에서 색상을 표현할 온 오프 값을 구한 뒤 전송할 좌표 값으로 변형하여 출력 값을 얻어낼 수 있다.

이진화를 통해 흑과 백을 0과 1로 구분한 결과를 배열에 저장한 뒤 저장된 값을 전광판에 출력 가능한 헥사 값으로 변환해 전달할 수 있다. 출력 헥사 값 설정 코드는 다음 그림 10과 같다.

```

comment hex_data is variable for saving hex value
function hex_data_set(x, y, bi_set)
for i=0:y comment the height of the bitmap, in pixels
    for j=0:x comment the width of the bitmap, in pixels
        if bi_set[i][j] = 1 Then
            change BST of hex data 0 to 1
            hex_data >> 1 (shift operation)
        end
    end
end
return hex_data
    
```

그림 10. 출력 헥사 값 설정 코드
Fig. 10. Output Hexa Code Set

전광판에 출력되는 헥사 값은 좌우 역방향으로 읽히기 때문에 이 과정에서의 좌표 값 저장 또한 배열 사이스

끝에서부터 0까지 역순으로 저장 한다. 이 과정을 통해 배열에 저장된 이미지의 온오프 값을 헥사 값으로 변형하여 서버에서 마이크로 컨트롤러를 통해 전광판으로 전송해 문자의 출력과 동일하게 출력할 수 있는 값이 나타난다. 온오프로 표현된 이미지는 다음 그림 11과 같다.

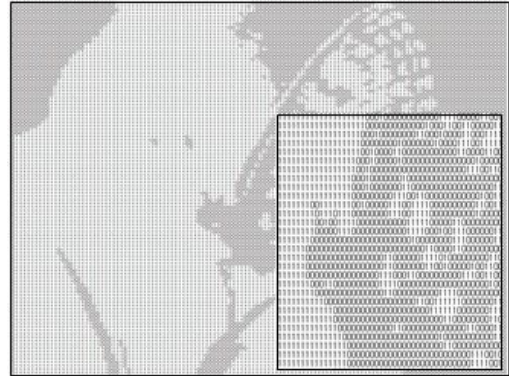


그림 11. 온오프 표현 이미지
Fig. 11. On-Off Image Representation

위의 그림 11에서 결과 값을 이용해 두 가지의 색상으로 이미지를 표현하여 맵핑할 경우 전광판에 식별 가능한 이미지를 출력할 수 있다는 것을 알 수 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 Wi-Fi 환경에서 Socket 통신을 통해 네트워크에 접속 가능한 ATmega2560과 도트매트릭스 모듈 기반의 전광판에 이진화를 이용한 이미지의 표현을 설계하고 구현하는 과정과 결과를 제시하였다.

단색 LED 전광판을 이용하여 단가를 절감하고 클라이언트 어플리케이션을 통해 실시간 이미지 전송으로 다양한 표현을 할 수 있게 함으로써 효율성을 높일 수 있다. 또한 기존 마이크로컨트롤러를 이용한 이미지 변환 방식에 비해 본 논문에서는 서버가 이러한 연산을 수행하여 단순히 결과 값을 맵핑하여 마이크로컨트롤러에 맵핑 데이터를 전송하기 때문에 마이크로컨트롤러에 가해지는 부담이 줄어들어 보다 빠른 반응속도를 기대할 수 있다.

향후 과제로는 다양한 크기의 이미지를 여러 전광판에 출력하기 위한 맵핑 문제 해결과 단순한 이미지의 이진화가 아닌 이미지 내에서 표현하기를 원하는 특정 대

상을 추출하여 변환해 시인성을 높일 경우 더욱 다양한 전광판을 이용한 시스템 적용에 활용될 수 있을 것으로 생각하며 효과적인 의사표현과 광고가 가능할 것이라고 기대된다.

References

- [1] Dong-Gyu Jeong, Gyu-Bum Joung, Wan-Bum Lee, "LED Display Panel System with Variable Size", Journal of Korean Institute of Information Technology 11(9), pp.1-6, 2013.9.
- [2] Yeon-Seok Lee, Young-June Yoon, "Implementation of the Embedded System Screen Control using Text-Based Mobile Network", Journal of Institute of Control, Robotics and Systems 12(1), pp.72-77, 2006.1.
- [3] Beom-seok Kim, Sung-gon Kim, Pil-hee Han, Su-young Park, Ui-sun Lee, Woo Young Choi, "Wireless Real-time LED Display By Using Zigbee", Journal of The Research Institute of Industrial Technology, Vol. 28, pp.26-30, 2009.
- [4] Yeon-Seok Lee, "Implementation of the Embedded Screen Control System using Image-Based Mobile Network", Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering, 10(5), pp.970-974, 2006.5.
- [5] Dong Won Yang, Suk Jong Kang, Joo Hong Yoon, "A Study on Image Segmentation Method Based on a Histogram for Small Target Detection", The Journal of Korea Multimedia Society Vol. 15, No. 11, pp.1305-1318, 2012.11.
- [6] Duck-Yong Yoon, AVR ATmega128 Conquest, Ohm Publisher, 2006.
- [7] WizFi210-User_Manual_KR_V1.11, "http://www.ds-parts.co.kr/goods_detail.php?goods-Idx=6005&NaPm=ct%3Di1i2l014%7Cci%3De26991a22ef3e024209cbc2c14bbdc4b1d23933e%7Ctr%3Ds1%7Csn%3D166001%7Chk%3Df3c2afb697cc9ac57c85b97c254661374d1168d0"
- [8] N. Otsu, "A threshold selection method from gray-level histogram", IEEE trans.on system Man Cybernetic, vol. SMC-9no. 1, pp. 62-66, 1979.
- [9] Byoung-Chan Jean, Gyoo-seak Choi, "Automatic control System in Room using Zigbee Sensor and Microcontroller Chip", The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication(JIIBC), Vol. 9 No. 5, pp.147-154, 2009.10.
- [10] Cheonshik Kim, "Reversible Data Hiding based on QR Code for Binary Image", The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication(JIIBC), Vol. 14 No. 6, pp.281-288, 2014.12.
- [11] Seongah Chin, "Simulator Development for LED Display Design", Journal of The Korea Academia-industrial cooperation Society(JKAIS), Vol. 11, No.12, .5023-5028, 2010.

저자 소개

장 호 민(정회원)



- 2012년 2월 : 한국산업기술대학교 컴퓨터공학과(공학사)
 - 2014년 2월 : 한국산업기술대학교 컴퓨터융합학과(공학석사)
 - 2014년 3월 ~ : 한국산업기술대학교 컴퓨터공학과 박사수료
- <주관심분야: 소프트웨어공학, 정보통신시스템, 객체지향 분석 및 설계>

김 의 룡(정회원)



- 2010년 2월 : 한국산업기술대학교 컴퓨터공학과(공학사)
 - 2012년 2월 : 한국산업기술대학교 IT 융합학과(공학석사)
 - 2016년 2월 : 한국산업기술대학교 컴퓨터공학과(공학박사)
- <주관심분야: 소프트웨어공학, 정보통신시스템, 객체지향 분석 및 설계>

오 세 춘(정회원)



- 1984년 2월 : 고려대학교 전자공학과 (공학사)
 - 2015년 3월 ~ : 한국산업기술대학교 컴퓨터공학과(석사과정)
 - 1999년 9월 ~ 2010년 1월 : 삼성전자 LCD 총괄 상무이사
- <주관심분야 : 소프트웨어공학, 정보통신시스템, 객체지향 분석 및 설계>

김 신 령(중신회원)



- 1983년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학사)
 - 1985년 2월 : 연세대학교 본대학원 전자공학과(공학석사)
 - 1990년 2월 : 연세대학교 본대학원 전자공학과(공학박사)
 - 1992년 2월 ~ : 동서울대학교 정보통신과 부교수
- <주관심분야 : 정보통신시스템, 부호화 방식>

김 영 곤(중신회원)



- 1983년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학사)
 - 1985년 2월 : 연세대학교 본대학원 전자공학과(공학석사)
 - 2000년 2월 : 한국과학기술원 전산학과 (공학박사)
 - 1985년 ~ 2007년 : KT 수석연구원
 - 2007년 ~ : 한국산업기술대학교 컴퓨터공학과 교수
- <주관심분야 : 소프트웨어공학, 정보통신시스템, 객체지향 분석 및 설계>