

Visual Code를 이용한 근거리 무선통신

김민호, 최석현, 남승엽 교수님

Dept. of Information and Communication Engineering, Yeungnam University
Address of the University

Abstract

제안된 주제는 무선통신 기술에 있어 Wi-Fi 또는 Bluetooth를 사용하지 않는 새로운 전송 방법을 제시합니다. 구현된 응용 프로그램은 data가 연속적인 2차원 사각 코드를 이용하여 전송되고 이러한 visual code는 카메라를 통해 입력되어 전송된 데이터를 재구성하기 위해 Decoding됩니다. 전송에 사용될 2차원 코드는 프레임 손실을 검출하기 위해 순환 중복 검사 방법이 적용됩니다.

통신 시 스마트 폰이 전송을 위한 장치로 사용되며 web-cam이 부착된 노트북이 수신기로 사용됩니다. 구성된 visual code는 프레임의 header를 위한 부분을 제외한 최대 375byte의 data를 표현할 수 있으며 해당 code를 초당 4개씩 전송하여 이론상 최대12Kbit/s의 데이터 속도를 달성합니다.

I. Introduction

근거리 무선통신이란 전파를 정보의 전송 매체로 이용해서 가까운 거리에 있는 각종 정보처리 기기들 간에 정보를 교환하게 하는 통신을 말합니다. 지금까지의 근거리 통신은 무선LAN, Bluetooth, Wi-Fi 등이 있습니다. 하지만 현재까지의 근거리 무선통신 기술들은 인터넷에 의존적이거나 송·수신을 위한 부가적인 module이 필요합니다. 현재 이를 보완하기 위한 차세대 무선통신 기술로 LED 조명을 이용한 가시광 통신 기술이 제안되었지만 해당 기술 또한 전송을 위한 특수한 LED 조명과 발생한 빛을 검출할 수 있는 수신기가 필요합니다. 가시광 통신의 경우 수신기를 카메라를 이용하여 대체할 수 있지만 일반적인 카메라가 지원하는 최대 프레임 수가 30FPS 내외로 제한적이며 이는 무선 전송장치에 적합한 성능을 만족할 수 없으며 여전히 송신기의 추가적인 하드웨어를 구현해야 한다는 문제점이 남아있습니다.

따라서 해당 논문에서는 복잡한 시스템 구현 및 추가 하드웨어 설치와 같은 기존 무선 시스템의 단점을 해결하기 위한 간단한 광 무선 데이터 전송 방법을 제안합니다. 구체적으로 해당 응용 프로그램은 연속적인 visual code를 이용하여 데이터를 전송하게

됩니다. 텍스트, 문서 또는 이미지와 같이 전송할 데이터는 화면 표시될 수 있는 순차적인 visual code의 image로 인코딩 됩니다. 이 image들은 수신기 역할을 하는 사용자 장치에 의해 입력되고 해당 sequence에 맞춰 재구성되어 디코딩 됩니다. 이 작업에서 달성 가능한 데이터 속도를 높이기 위해 visual code는 흑백 2차원 코드인 QR code를 재구성하여 정의하였습니다. 해당 주제의 기여 내용은 다음과 같습니다.

첫째, 송·수신에 사용되는 추가적인 하드웨어나 복잡한 시스템 구현 없이 카메라와 화면에 표시할 수 있는 image를 이용한 새로운 근거리 무선통신 기술을 개발하였습니다.

둘째, 가시광 대역의 주파수를 이용하여 Wi-Fi, Bluetooth 등에서 사용하는 2.4Ghz의 주파수 대역과의 간섭을 피할 수 있었고 이는 주파수 사용이 제한적인 곳(항공기, 병원 등)에서의 통신을 위한 방법으로 제시될 수 있습니다.

셋째, QR code의 RS 오류 정정 방식을 제외하고 CRC 및 Checksum 오류 검출 방식을 적용하고 code의 헤더 부분을 근거리 무선통신에 맞게 재구성하여 visual code를 단순화하였습니다. 이 결과로 데이터를 2차원 사각 코드로 생성하는 시간을 단축시키고 전송된 프레임을 디코딩하여 재구성하는 시간을 단축시키는 방식을 구현하였습니다.

논문의 나머지 부분은 통신을 위한 visual code의 개념을 보여주고 관련 작업들을 검토합니다. 그 후 노트북과 스마트 폰을 이용하여 적용된 시나리오를 소개하고 제안된 시스템의 구현 방법을 제시합니다. 마지막으로 해당 시스템의 성능분석 및 개선점을 위한 방법들이 제시되어 있습니다.

II. Visual Code

2.1 Bar-Code (1-Dimensional Visual Code)

Bar-Code란 영숫자나 특수문자를 기계가 읽을 수 있는 형태로 표현하기 위해 굵기가 다른 수직 막대들의 조합으로 나타내어, 광학적으로 판독이 가능하도록 한 코드. 상품의 포장에 인쇄되어 가격을 표시하거나 책의 표지에서 도서 관리를 위한 정보를 나

타내거나 출퇴근 카드 등에 인쇄되는 등 물품을 구분하기 위한 다양한 용도로 사용되는 1차원 인식 코드입니다. 예를 들어, 바코드를 광학 스캐너로 스캔하면 포스(POS) 컴퓨터가 상품 번호를 가격리스트 데이터베이스와 대조하여 정확한 양을 금전등록기에 기록하는 방식으로 작업이 이루어집니다. 코드화 하는 방법으로는 세계 상품 코드(Universal Product Code; UPC) 체계가 오늘날 가장 널리 사용되고 있습니다.

Bar-Code는 Data에 대한 빠른 인식과 낮은 비용을 필요로 한다는 장점을 가지고 있지만, Data 용량에 대한 한계(20 Byte)가 있다는 단점이 있어, 큰 용량이 필요로 하는 곳에서는 더 크고 가변적인 용량을 가질 수 있는 2차원 코드가 널리 쓰이고 있습니다.



그림 2-1. Bar-Code의 구조

2.2 QR-Code (2-Dimensional Visual Code)

QR Code(Quick Response Code)는 흑백 격자무늬 패턴으로 정보를 나타내는 매트릭스 형식의 2차원 코드입니다. QR코드는 주로 한국, 일본, 중국, 영국, 미국 등에서 많이 사용되며 명칭은 Denso Wave의 등록 상표 'Quick Response'에서 유래하였습니다. 종래에 많이 쓰이던 바코드의 용량 제한을 극복하고 그 형식과 내용을 확장한 2차원의 바코드로 중형의 정보를 가져서 숫자 외에 문자의 데이터를 저장할 수 있습니다.

일반적인 1차원 코드는 단방향 즉, 1차원으로 숫자나 문자 정보가 저장 가능하지만 QR코드는 종횡으로 2차원 형태를 가져서 더 많은 정보를 가질 수 있으며, 사진, 동영상, 지도, 명함 등 다양한 정보를 더 편리하게 담아낼 수 있습니다. Version 1부터 Version

40까지 다양한 Version을 지원하고 Version마다 최대 포함할 수 있는 정보와 크기가 다르고, QR코드에는 데이터의 표현과 읽기를 수월하게 하고자 Quiet Zone, 위치 검출 패턴, 타이밍 패턴, 정렬 패턴, 포맷 정보, 버전 정보, 데이터 영역[에러 정정 코드 영역 포함] 등의 영역이 나뉘어져 있습니다.

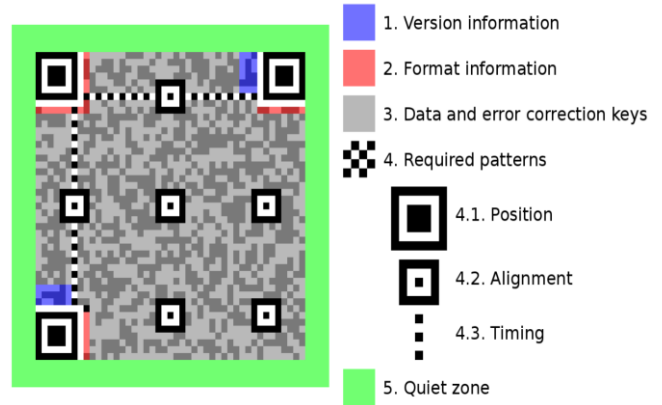


그림 2-2. QR-Code의 구조

III. Visual Code를 이용한 근거리 무선통신

3.1 새로운 형식의 Visual Code 구조

본 논문에서 제안하는 Visual Code는 QR-Code를 기반으로 구성된 새로운 형식의 Visual Code입니다. 최근 QR-Code는 여러 인쇄 매체에 인쇄하여 해당 웹사이트에 대한 빠른 접근 등의 목적으로 주로 사용되고 있고, 인쇄하여 이용할 목적으로 개발되어 Code의 훼손 및 왜곡에 대한 대비로 ECC(Error Correcting Code)와 여러 개의 Finder 및 Alignment Pattern, Timing Pattern 등 스마트폰의 액정과 노트북의 Web-Cam간의 통신에서 Overhead로 작용되는 불필요한 부분이 있습니다. 새롭게 구성된 Visual Code는 그러한 부분을 최소화하고, Code의 형식을 단순화하여 좀 더 효율적인 통신이 가능하도록 구성되었습니다. 그림 3-1은 새롭게 구성된 Visual Code의 구조를 나타냅니다.

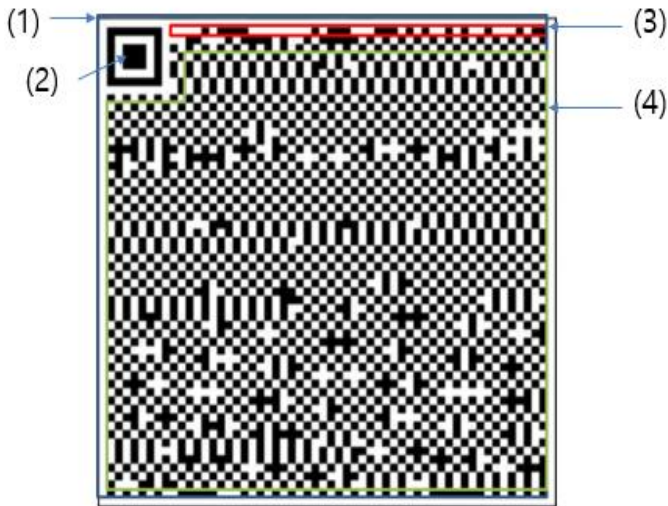


그림 3-1. 새로운 형식의 Visual Code

- (1) : 신속한 Code 식별을 위해 구성된 정사각형의 테두리 선입니다.
- (2) : (1)과 함께 Code 식별에 쓰이면서, Code의 회전유무 판별에 이용됩니다.
- (3) : Visual Code의 Format Information으로, Mask Field(3bit), Data Length Field(13bit), CRC_32 Field(32bit), Format Checksum Field(16bit)로 구성되어 있습니다.
- (4) : Masking 처리된 bit단위의 Data입니다.

3.2 Visual Code를 이용한 근거리 무선통신의 원리

Visual Code를 이용한 통신은 원하는 Data를 앞서 소개한 Code들로 Encoding 하여 스마트폰 액정 등의 화면을 통해 출력하고, PC 등의 카메라로 입력을 받아 Decoding 과정을 거쳐 원래의 Data로 재구성하는 통신 방식입니다.

Visual code 생성 및 전송 부분은 android app환경에서 구현하였습니다. 스마트폰의 디스플레이와 노트북 web-cam 사이에는 동기화가 없으므로 이미지를 캡처하는 과정에서 이미지가 변경되면 왜곡이 발생합니다. 이를 제어하기 위해 가장 첫 프레임의 data에는 보내고자 하는 data의 segments의 수가 포함되어 있습니다. 또한 각 segment의 format field에는 data의 길이와 실제 전송하는 data의 code word를 통해 계산된 32bit의 CRC 코드를 포함하고 있으며 data filed의 가장 첫 번째 byte는 sequence number를 나타냅니다.

Visual code를 생성하는 과정은 다음과 같습니다. 우선 전송하고자 하는 파일을 경로를 통해 불러와 375byte의 크기로 정의된 byte buffer에 나누어 저장됩니다. 이 때 첫 번째 buffer는 선택된 파일의 이름 및 형식, 나뉜 파일의 segment수의 정보를 저장합니다. 이후 정의된 class내 binary_encoding 함수를 이용하여

선언된 byte buffer 객체를 visual code의 segment로 표현할 수 있는 binary data로 인코딩 합니다. 이 후 segment를 다시 2차원 사각코드의 pixel로 표현할 수 있는 symbol로 변경하게 되고 이때 생성된 codeword에 대한 CRC를 계산합니다. 이후 생성된 segment를 읽어 2차원 코드를 생성합니다. 먼저 코드 인식과 회전 유무에 사용되는 finder pattern과 format filed를 그리게 됩니다. 그 후 encoding된 codeword를 그리게 되며, 마지막으로 4개의 penalty를 계산하여 적절한 mask를(초기 mask는 -1로 정의) 적용하고 format filed의 mask 값을 마지막에 적용된 mask 값으로 교체합니다. 추가적으로는 android 환경에서 java의 Buffered image class를 지원하지 않아 bitmap을 image로 변경하여 저장하는 필요합니다.

Visual Code Scanner 및 Receiver는 C++ 언어와 OpenCV Library를 이용해 구현하였습니다. Scanning 시 우선 Raw Image Data를 Gray Scale로 변환하고 분석하기 용이하도록 Adaptive Thresholding를 통해 이진화 합니다. 이진화 된 Data에 대해 직사각형 윤곽을 찾아 정사각형으로 Warping한 뒤 정사각형 내에서 Finder Pattern을 찾으면 Finder Pattern이 왼쪽 위에 위치하도록 Affine 변환을 합니다. 그리고 1 Bit에 해당하는 하나의 정확한 Block 크기를 구하기 위해 여러 개의 Block 크기들을 Isaac Pseudo Random Number Generator를 이용하여 작은 오차를 적용시키고 그 Block들에 대해 RANSAC Algorithm으로 가장 정확한 Block 크기를 구한 뒤 Format Decoding을 시작합니다.

Decoding은 우선 왼쪽 위 Finder Pattern 이후 시작되는 Format Information을 읽고 Format에 대한 Checksum 검사를 실시하여 Error가 검출되지 않으면 Data를 Decoding합니다. Data는 Masking 형식에 따라 1 Byte씩 나누어 Character Type Array에 저장하고, Code의 Data Length만큼 읽은 후 CRC를 실시하고 Error가 검출되지 않으면 Data Array를 String형식으로 변환하여 Receiver로 전달합니다.

Receiver는 전달받은 String Data를 Sequence에 상관없이 Buffer에 저장합니다. 모든 Frame에 대해 수신이 원래의 Data로 Reassembling합니다

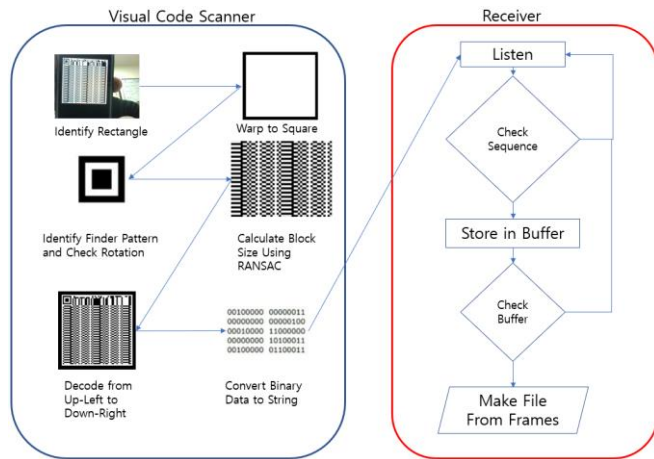


그림 3-2. Visual Code Scanner 및 Receiver

IV. Evaluations

4.1 Simulation, Measurement, Test

핵심 기능	이론 값	측정 값
통신속도	12Kbps	9.6Kbps
통신거리	0.5m	0.3m

최대 375byte 크기의 image를 초당 4개씩 전송할 수 있으므로 이론상의 최대 속도는 12Kbit/s이다. 하지만 주변 빛과 거리에 따른 오차가 발생하여 재전송이 요구될 수 있어 실제 측정 시 성능은 약 80% 정도로 감소하였습니다. 통신거리 또한 현재 시나리오에서 사용된 노트북의 web-cam이 지원하는 해상도는 640*480이고 송신기로 사용한 G5의 디스플레이는 2560*1440의 픽셀을 표현할 수 있어 이론상 0.5m 이상으로 계산된다. 하지만 실제 측정 시 주변 빛의 영향과 visual code를 정사각형으로 나타내기 위해 디스플레이의 전체 픽셀을 사용할 수 없어 최대 전송거리는 0.3m 내외입니다. 아래는 거리에 따른 오차율에 대한 그래프를 나타냅니다.



그림 4-1. 거리에 따른 오차율

해당 그래프는 일정한 측정된 결과를 나타내고 있으며 디스플레이의 크기 및 주변 빛에 의한 영향 등을 제한하고 있습니다. 따라서 실제 사용자의 환경에 따라 오차가 발생할 수 있습니다.

V. Conclusion

Visual code와 카메라를 이용한 새로운 근거리 무선통신 기술을 확인하였습니다. 사용자 장치에 저장된 파일을 binary data로 변환하여 2차원 사각코드로 전송함으로써 파일 형식에 제한 없이 전송할 수 있었으며 기존 노트북에 부착된 카메라를 이용함으로써 추가적인 하드웨어 설치가 필요하지 않았습니다. 이 논문에서 기존 하드웨어에 간단한 소프트웨어의 설치만으로 구현할 수 있는 저비용 근거리 무선통신 시스템을 구축하였습니다.

현재 제한적인 상황에서 해당 성능을 측정하였고 이를 보완할 방법은 다음과 같습니다. 우선 2차원 코드로 표현할 수 있는 최대 용량을 증가시킨다면 통신속도를 증가시킬 수 있습니다. 예를 들어 QR code와 같이 version을 사용하여 파일의 크기에 따라 가변적으로 생성할 경우 전체 성능을 증가시킬 수 있습니다. 또한 2차원 사각 코드에 color를 이용하여 여러 개의 코드를 레이어드 하여 표현하는 방식 또한 생각할 수 있습니다. 하지만 해당 방식들을 수신기 쪽에 추가적인 소프트웨어가 필요하며 color를 이용한 경우 현재 시스템보다 주변 빛에 의한 영향이 증가할 것으로 예상합니다.

이 외에 수신기에 사용된 카메라의 성능-해상도와 초당 프레임 수를 개선한다면 통신 속도와 전송 모두 개선할 수 있습니다.

References

- [1] Shapiro, Linda and Stockman, George. "Computer Vision", Prentice-Hall, Inc. 2001.
- [2] Limberger, F.A.; Oliveira, M.M. (2015). "Real-Time Detection of Planar Regions in Unorganized Point Clouds". Pattern Recognition. 48 (6): 2043
- [3] 박세환(2016. 7). "차세대 근거리 무선통신 기술 및 정책적 이슈-Li-Fi 네트워크를 중심으로-". 한국과학기술정보연구원 ReSEAT프로그램 전문연구위원