

FPGA와 OpenCV를 이용한 실시간 눈동자 모션인식과 효율적인 문자 선택 시스템

이희빈 · 허승원 · 이승준 · 유운섭
한경대학교 전기전자제어공학과, IITC

Real-time pupil motion recognition and efficient character selection system using FPGA and OpenCV

Hee Bin Lee, Seung Won Heo, Seung Jun Lee, and Yun Seop Yu

Dept. of Electrical, Electronic, Control Eng. and IITC, Hankyong National University

E-mail : lkb1721@naver.com

요 약

본 논문은 이전에 발표한 “FPGA와 OpenCV를 이용한 눈동자 모션인식을 통한 의사소통 시스템”을 보완하고, 몸이 불편한 환자를 위한 문자 선택 시스템을 소개한다. OpenCV를 이용해 눈 영역을 검출하고, 눈동자의 위치를 파악하여 FPGA로 보내 문자를 선택한다. 본 논문에서는 환자의 눈동자 움직임을 최소화하는 방법으로 사용자의 의도에 맞는 문자를 출력한다. 쉽게 접근할 수 있고, 다양한 알고리즘을 사용할 수 있는 OpenCV와 비교적 개발 비용이 저렴하고, 수정가능한 FPGA를 사용하여 구현한 눈동자 모션 인식 및 문자 선택 시스템을 제안한다.

ABSTRACT

In this paper, the new system which improve the previously reported “Implementation to human-computer interface system with motion tracking using OpenCV and FPGA” is introduced and in this system, a character selection system for the physically uncomfortable patients is proposed. Using OpenCV, the eye area is detected, the pupil position is determined, and then the results are sent to the FPGA, and the character is selected finally. The method to minimize the pupil movement of the patient is used to output the character according to the user's intention. Using OpenCV, various computer vision algorithms can be easily applied, and using programmable FPGA, a pupil motion recognition and character selection system are implemented with a low cost.

키워드

FPGA, OpenCV, SoC, HDL

I. 서 론

눈동자의 움직임으로 문자를 선택하는 방법은 현재 루게릭 병 환자들이 사용하는 방법을 기초로 한다. 보호자는 문자표를 들어 문자를 차례대로 가르키고, 환자는 자신이 선택하고 싶은 문자의 차례가 왔을 때 눈동자를 움직여 보호자에게 신호를 준다.

현행 문자표는 알파벳을 기준으로 사용 빈도에 따라 그룹이 나뉘져 있고 색깔이 부여되어 있다. 환자는 첫 번째로 색깔을 고르고, 그 그룹 안에 있는 문자를 고른다. 이에 착안하여 문자를 2차원 배열에 저장하고, 행과 열을 골라 문자를 선택할 수

있도록 한다.

본 논문에서는 OpenCV와 FPGA를 동시에 사용하기 위해서 SoC(System-on-Chip)칩을 사용한다. OpenCV Library를 이용해 눈 영역과 눈동자 위치가 검출하고, FPGA를 이용해 눈동자 움직임을 인식하고 그것을 이용해서 문자판의 문자를 선택할 수 있는 시스템을 제안한다.

II. 본 론

SoC에 기반의 실시간 눈동자 모션 인식에 따른

의사소통 시스템에 사용되는 장비는 FPGA 및 Dual-core ARM Cortex-A9 프로세서가 장착된 DE1-SoC, 웹캠 C922 PRO Stream Webcam, 블루투스 모듈 HC-06이 있다.

본 시스템 구성은 다음과 같다. OpenCV를 통한 눈 영역을 검출하고, 눈 위치를 파악한다. 매 프레임마다 눈 영역을 검출하기엔 연산이 오래 걸리므로 첫 시작과 특정 조건에서만 눈 영역을 검출하고, 눈 위치 파악은 매 프레임 실행한다. 파악한 위치는 메모리 맵핑을 통해 FPGA로 전송된다. 가끔 실제 눈 위치와 다를 경우가 있는데, 이를 대비하여 FPGA에서 수 초동안 지배적으로 출력되는 신호를 현재 위치로 파악하는 형태로 받은 신호의 오차를 개선한다. 개선된 눈 위치 상태를 기반으로 문자 선택 순서에 따라 문자를 선택한다. 또한 사용자를 위해 문자표를 VGA로 출력하고, 선택한 문자를 블루투스로 출력한다.

문자를 선택하는 데에 있어서 사용자는 개인차가 있지만, 눈을 많이 움직이는 것이 힘들 수 있다. 따라서 설계의 중점은 움직임을 최소화하고, 오타를 줄여야 한다. 본 논문에서 제안하는 방식은 1. 오른쪽을 쳐다보면 문자표의 커서가 수 초에 한번 오른쪽으로 이동한다. 이 과정을 통해 문자표의 열을 선택한다. 2. 행을 고르기 위해 왼쪽을 쳐다본다. 커서는 아랫 방향으로 이동하며 고르고 싶은 행에 도착했을 때 중간 또는 오른쪽을 쳐다본다. 이때 문자표에서 커서가 위치해 있는 문자가 선택되며 UART로 전송된다. 또한 커서가 이동하는 시간은 보호자가 스위치를 통해 선택할 수 있다. 그리고 커서는 첫 번째 열에서 시작하므로 첫 번째 열을 고르려면 바로 왼쪽을 쳐다보면 된다.

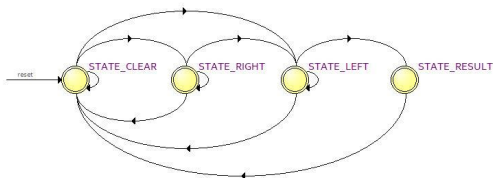


그림 1. 문자 선택 FSM

FPGA에서 문자 선택 알고리즘을 쉽게 구현하기 위해 FSM(Finite State Machine)을 이용했다. 그림 1을 보면 오른쪽을 고르는 state와 왼쪽을 고르는 state, 출력 및 초기화하는 state로 정의했다. 각 state에서 선택 시간이 지나거나 조건이 충족되면 다음 state로 넘어가고, 중앙을 보고 있는한 state_clear에서 머무르며 대기한다.

III. 결 과

매 프레임마다 눈 영역을 검출한다면 한 프레임당 약 502.807ms 정도의 detection time이 소요된다. 반면에 첫 시작시에만 실행하면 프레임마다 2.651ms 가량 소요되어 약 189배 빨라진다. 첫 시

작시에 검출하는 경우 몸을 움직였을 때 그림 2의 초록색 네모칸은 움직이지 않고, 판독이 어려워진다.

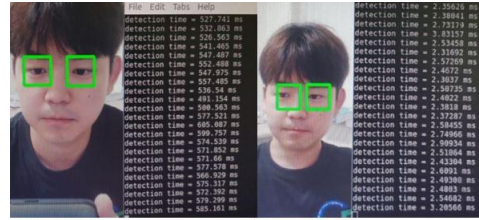


그림 2. detection 시간 분석 결과

눈동자를 이용해서 하나의 문자를 보내는 것은 선택 시간이 2초일 때를 기준으로 'E'를 보낼 경우 최소 4초, 'n'을 보낼 경우 24초가 걸린다. 문자표의 가운데 있는 문자는 'P'로, 14초가 걸린다.

많이 사용하는 알파벳일수록 적은 시간이 걸린다.

IV. 결 론

본 요약에서는 OpenCV를 이용해 눈 영역을 검출 및 위치를 파악하고, FPGA로 문자를 선택 및 출력하였다. 이 시스템은 OpenCV 라이브러리를 통해 쉽게 구현했고, 다른 알고리즘에 쉽게 적용할 수 있다. FPGA에서 FSM을 이용해 문자 선택 알고리즘을 쉽게 설계했고, 사용자와 보호자를 위한 인터페이스를 구성했다. 사용자와 보호자 간에 불편한 의사 소통에 조금이나마 도움이 될 수 있을 것이라고 생각한다.

References

- [1] P. Salunkhe and A. R. Patil, "A device controlled using eye movement," in *Proc. International Conference on Electrical, Electronics, and Optimization Techniques (ICEEOT)*, 2016, p. 732.
- [2] R. Ramesh and M. Rishikesh, "Eye ball movement to control computer screen," *J. Biosens. Bioelectron.* vol. 6, no. 3, pp. 1000181, 2015.
- [3] M. S. Narayan and W. P. Raghooji, "Enhanced cursor control using eye mouse," *International Journal of Advances in Electronics and Computer Science*, vol. 14, no. 1, pp.40-44, Mar. 2016.
- [4] Altera DE1-SoC User Manual [Internet], Available: <https://www.altera.com/support/training/university/boards.html#de1-soc>.
- [5] 이희빈, 허승원, 이승준, 유윤섭, "FPGA 와 OpenCV 를 이용한 눈동자 모션인식을 통한 의사소통 시스템," 한국정보통신학회 2018년 춘계학술대회, pp.696-699, 2018.