

# 노인 또는 경증 뇌질환 환자들의 운동 및 인지재활에 도움이 될 수 있는 게임형 재활 시스템

최군호  
경성대학교 전기공학과 부교수

## A game-type rehabilitation system that can be helpful for exercise and cognitive rehabilitation for the elderly or patients with mild brain disease

Goon-Ho Choi  
Associate Professor, Dept. of Electrical Engineering, KyungSung University

**요약** 노인과 경증 뇌질환(치매 및 뇌졸중 등) 환자들 중 일정 정도의 자력 행동 능력과 인지 능력이 있는 경우에는 운동과 인지 재활을 병행해야만 하는 경우가 많다. 그러나 기존의 재활 시스템은 대부분 운동 또는 인지 재활로 분리 또는 특화 되어 있는 경우가 많아서 두 가지 모두를 연계하는 형태에 대한 필요성이 있다고 생각된다. 본 논문에서는 ICT 기술의 하나인 CAN 통신 프로토콜을 이용하여 운동과 인지 재활을 병행할 수 있도록 하는 게임형 재활 시스템을 제안하고자 한다. 이 시스템은 CAN BUS 구조를 이용하여 재활 시스템을 구성하는 각각의 개별 모듈들을 다양한 형태로 분리 및 결합 사용이 가능하도록 한다. 환자(또는 노인)의 인지 능력과 운동 능력의 정도에 따라 다양한 형태의 재활 환경을 구현할 수 있음을 보이고자 제안된 시스템의 프로토타입을 실제로 제작하였다. 아울러 이 시스템을 이용한 몇 가지 실험을 통하여 여러 환경에 적용 가능한 운동/인지 병행 재활의 구현 가능성을 보이고 있다.

**주제어** : 운동 재활, 인지 재활, CAN 통신 프로토콜, 재활 시스템, AVR

**Abstract** Among the elderly and patients with mild brain diseases (such as dementia and stroke), when there is a certain degree of self-acting ability and cognitive ability, exercise and cognitive rehabilitation are often required. However, since most of the existing rehabilitation systems are separated or specialized in exercise or cognitive rehabilitation, there is a need for a form linking both. In this paper, we propose a game-type rehabilitation system that enables both exercise and cognitive rehabilitation using CAN communication protocol, one of ICT technologies. This system uses the CAN BUS structure to separate and combine each individual module constituting the rehabilitation system in various forms. A prototype of the proposed system was actually produced to show that various types of rehabilitation environments can be implemented according to the degree of cognitive ability and motor ability of the patient (or the elderly). In addition, through several experiments using this system, it is possible to implement exercise/cognitive parallel rehabilitation applicable to various environments.

**Key Words** : Exercise Rehabilitation, Cognitive Rehabilitation, CAN Communication Protocol, Rehabilitation System, AVR

\*Corresponding Author : Goon-Ho Choi (goonho@ks.ac.kr)

Received November 11, 2020  
Accepted February 20, 2021

Revised February 2, 2021  
Published February 28, 2021

## 1. 서론

21세기에 들어서면서 의학 기술의 발달로 전 세계는 고령화 사회에 접어들고 있다. 우리나라도 2000년 노인 인구가 전체 인구의 7.2%로 고령화 사회에 도달한 이후 2018년에 14.3%로 두 배가 되었고 2025년에는 20.3%로 전체 인구의 1/5이 노인인 초 고령 사회에 진입할 것으로 예측되고 있다[1]. 여기에 치매나 뇌졸중 또는 각종 질병이나 사고로 인하여 뇌손상을 입은 환자들도 고령화와 더불어 늘어나고 있는 추세이다. 이러한 노인 인구의 증가나 뇌질환 환자의 증가에 따라 여러 가지 형태의 재활 시스템의 필요성이 요구되고 있다[2,3].

재활 시스템은 크게 운동 재활 시스템과 인지 재활 시스템으로 나누어 볼 수 있다. 운동 재활 시스템은 [4]에서 보는 바와 같이 운동 능력을 향상 시키거나 움직임이 정상적인 사람과 그렇지 않은 경우 이를 보조하는 형태를 가지고 있다. 반면에 인지 재활 시스템은 각 개인의 인지 능력의 정도에 따라 다양한 형태를 가지며 이 시스템은 노인 또는 환자의 병증 진행 정도를 늦추거나 개선할 수 있도록 하는 데에 그 초점이 맞추어져 있다[5,6]. 또한 [7,8]의 연구에서는 가상 현실 시스템을 도입하여 각각 운동 재활과 인지재활에 대한 성과를 높이기 위한 연구가 진행 중에 있다. 이렇게 운동과 인지 재활의 분야는 각각 많은 연구들이 진행되고 있고, 운동 능력이나 인지 능력이 현저히 떨어지는 중증도의 노인들이나 뇌질환 환자들의 경우에는 당연히 운동과 인지 재활을 따로 진행하는 경우가 많다. 하지만 어느 정도 운동능력이 가능한 노인이나 경증 뇌질환 환자들의 경우에는 자연스럽게 운동과 인지 재활을 병행해야 하는 경우가 많다[9]. 이러한 요구에 만족하기 위하여 여러 형태의 체감형 게임 시스템을 도입한 연구가 진행되고 있지만 아직까지 뚜렷한 성과를 보이고 있다고는 말하기 어려운 부분들이 있다[10-12].

실제로 이러한 경증도의 재활 대상자들을 대상으로 운동/인지 병행 재활을 도울 수 있는 시스템으로 Fig. 1의 독일 TWALL사의 t-WALL 시스템이 있다. 이 시스템은 격자 형태의 터치판을 구성하고 이 판을 대상자가 터치(또는 타격)하게 하는 게임판 형태를 갖고 있는데, 이 시스템의 각 모듈은 여러 가지 색의 빛과 형태를 표현할 수 있도록 함으로써 이를 통해 대상자의 인지 재활에 도움을 주고자 하고 있다. 아울러 각 모듈의 위치가 격자 판에 어느 정도 공간적인 배치를 가지도록

함으로써 대상자에게 일정 정도의 움직임은 요구하도록 하여 운동 재활에도 도움을 주고자 하였다[13](실제로 이 시스템은 국내 일부 재활 병원이나 보건소에서 활용되고 있음).



Fig. 1. Twall Plus Touch Wall D4

[Source] excerpt from the web page <https://axtiontech.com>

t-WALL 시스템은 Fig.1에서 보는 바와 같이 기본 구조가 수직 평판에 다양한 색상 표현이 가능한 셀을 구성한 것이 기본 형태이다. 따라서 색상의 변화로 인지 재활에, 서로 다른 셀을 터치함으로써 운동 재활에 각각 도움을 줄 수 있도록 한다. 동시에 이러한 구조 때문에 표현의 다양성이나 운동 범위에 어느 정도 한계가 있음을 알 수 있다. 물론 [13]에는 기본 구조에서 변형된 독립적인 4×4, 4×8, 또는 사용자 주문형의 시스템을 제공하고 있지만 이 모두 통신 등의 문제로 인하여 설치 공간 등에 한계를 가지고 있다. 아울러 이 시스템은 가격적인 측면에서도 다소 부담스러운 점도 문제점이다. 실제로 TWALL사의 공식 판매처인 미국의 Axion Technology사의 홈페이지(<https://axtiontech.com/>)에서 공지하고 있는 가격을 보면 64cell(8×8) 시스템의 가격이 약 \$13,495로 한화로 약 1,500만원(실제로 국내의 경우, 공식적인 공급처가 없기 때문에 구매 및 설치에 필요한 제반 비용을 포함하여 약 33,000,000원의 가격으로 공급하고 있음)에 이르는 고가의 시스템이다.

따라서 본 논문에서는 위 t-WALL시스템을 벤치마

킹하여 또 다른 변형된 형태의 운동/인지 재활 시스템을 제안하여 보고자 한다. 따라서 이 시스템의 대상자도 t-WALL 시스템과 마찬가지로 기본적으로 어느 정도 운동능력이 있고, 인지 능력도 경증 치매 환자 수준의 재활 대상자를 목표로 하고자 하며, 가격적인 측면에서도 좀 더 경제적인 시스템을 제안하여 보고자 한다. 동시에 제안된 내용을 바탕으로 실제 실증 시스템을 제작, 테스트함으로써 그 구현 가능성을 검증하여 보고자 한다.

## 2. 배경 이론 및 관련 연구 검토

### 2.1 운동/인지 병행 시스템의 조건

우선적으로 생각할 점은 1장에서 제시하고자 하는 운동/인지 재활 병행 시스템이 가능하려면 고려되어야 할 필요한 조건들이다. 이러한 조건들은 1장의 t-WALL 시스템의 한계점과 [4-12]의 연구 내용을 분석한 결과를 바탕으로 다음과 같이 제시해 보고자 한다.

1) 운동 능력에 대한 테스트가 가능하도록 각 재활 모듈의 공간적인 배치가 가능해야 한다. 특히 대상자의 운동 능력이 서로 다르므로 이에 맞추어 공간 배치를 다양하게 할 수 있어야 한다.

2) 공간적인 배치가 자유롭더라도 전기, 회로적인 배선이 너무 복잡하거나 관련 전문가의 능력이 필요로 하는 형태가 아니어야 한다.

3) 인지 능력에 대한 테스트가 가능하도록 각 모듈에 관련 기능이 있어야 한다. 특히 대상자의 인지 능력이 서로 다르므로 이에 맞추어 프로그램의 다양성이 구현 가능해야 한다.

4) 인지 능력 테스트 과정이 재미적인 요소를 가지도록 하여 대상자로 하여금 흥미 유발 및 지속적인 활용의 의지를 가질 수 있어야 한다.

이러한 조건들을 만족하는 시스템을 위해서 여러 가지 기술을 검토하였고, CAN 통신과 AVR 컨트롤러를 이용한 독립 모듈 시스템의 형태를 고려하고자 한다.

### 2.2 CAN 통신 프로토콜

운동/인지 재활 병행 시스템의 구현을 위해서는 각각의 서브시스템들이 최소한의 배선으로 통신이 가능해야 한다. 본 논문에서는 이를 위해서 효과적인 통신 방식으로 CAN(Controller Area Network) 통신 프로

토콜을 사용하고자 한다. CAN은 1986년 독일의 로베르트 보슈(Robert Bosch)에 의해 개발되어 현재는 ISO표준규격(ISO 11898, 1993)화 된 프로토콜로, 가장 강력한 특징은 신호적 안정성에 있다[14]. 즉, 특정 모듈간의 통신이 필요한 경우에 있어서 외부 신호에 대한 내잡음성, 신호내력, 및 오류 보정 등의 기능이 우수하여 여러 나라에서 자동차의 ECU, ABS 시스템 등의 전장부 등에 적용되고 있다[15-16]. 이러한 특징들은 결과적으로 여러 개의 서로 다른 ECU가 상호 연결된 분산시스템의 실시간 제어와, 관련 내용들을 모니터링 하는 작업들에 대한 유연성을 높일 수 있다는 것들을 의미하고, 이에 따라 비교적 근거리에서 짧은 신호의 송수신에 대해서는 가장 우수한 통신 방식으로 알려지게 되어, 현재 산업 현장에서 가장 널리 알려진 제어용 네트워크 프로토콜인 DeviceNet의 기본 프로토콜로 까지 확장되게 된다[17-19].

아울러 CAN은 하드웨어 구성의 기반 구조가 OSI(Open Systems Inter-connection)의 물리 계층(Physical Layer)과 데이터 링크 계층(Data Link Layer)만으로 이루어져 있어서 실제 시스템을 구축할 때, 적용하고자 하는 대상에 알맞도록 응용 계층(Application Layer)을 구성할 수 있도록 하고 있다. 이에 따라 CAN 통신과 마이크로컨트롤러가 결합된 다양한 형태의 복합 마이크로컨트롤러가 개발되었으며, AVR사의 AT90CAN 시리즈 역시 이러한 응용 복합 마이크로컨트롤러로 개발되어 상업적 성공을 거둔 한 사례라고 할 수 있다[21].

본 논문에서 활용하고자 하는 CAN 통신 방식은 또 하나의 특징은 기본적으로 Peer-to-Peer 네트워크 방식이라는 것이다. 따라서 개별 노드가 CAN 버스에서 데이터를 읽거나 쓰기 위해 액세스할 때 컨트롤하는 마스터가 없고, 특정 CAN 노드가 데이터 전송 준비가 되면, 버스 상태를 확인하고 CAN 프레임(데이터)을 버스에 싣게 된다. 이러한 단순한 전기적 통신 구조를 보장하기 위하여 CAN 프레임은 전송 노드나 수신 노드 중 어느 쪽의 주소도 포함하고 있지 않고 대신 고유한 중재 ID가 네트워크에서 프레임을 분류하도록 하는데, 이에 따라 CAN 네트워크 상의 모든 노드는 CAN 프레임을 수신하며, 전송되는 프레임의 중재 ID에 따라 네트워크 상의 각 CAN 노드는 프레임 수용 여부를 결정하는 구조이다. 만약 다중 노드가 동시에 메시지를 CAN

버스를 사용하려고 하는 경우 최우선 순위를 가진 노드 (가장 낮은 중재 ID)가 자동적으로 버스를 점유하며, 최저 우선 순위를 가진 노드는 버스가 사용 가능할 때까지 반드시 대기함으로써, CAN 노드 사이에 혼란이 없는 통신을 구현할 수 있도록 하고 있다[22].

### 2.3 AT90CAN128

ATMega128은 RISC와 파이프라인 처리기술을 기반으로 프로그램 메모리와 메모리에 접근하는 버스를 독립적으로 사용하는 하버드 구조의 8비트 Micro Controller로 기존에 산업 현장에서 많이 사용되어 왔다. 여기에 CAN Controller를 추가한 Integrated CAN Controller의 형태가 AT90CAN128이다. Fig. 2에서 보는 바와 같이 H/W적으로는 기존의 ATMega128의 핀 구조에 30, 31번 핀의 CAN 통신을 위한 추가 기능이 정의되어 있고, S/W적으로는 17개의 General CAN 레지스터, 6개의 MOB(Message Object) 레지스터를 추가로 가지고 있어서 기존의 AVR 기능과 CAN 통신 기능을 자유롭게 구현할 수 있도록 하여 상용성과 사용 편리성을 동시에 가질 수 있도록 하고 있다[21-24].

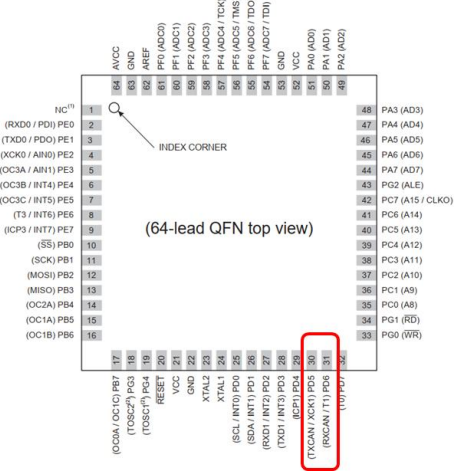


Fig. 2. AT90CAN128 pin description, excerpt from[21]

내부적으로 CAN 2.0A & 2.0B 프로토콜이 가능한 Layer 1,2에 해당하는 컨트롤 기능을 탑재하고 있다. 아울러 총 15개의 MOB를 가지고 있는데, 이 MOB에는 다루어야 하는 CAN 프레임의 모든 정보가 포함되

어 있다(Fig.3)[21].

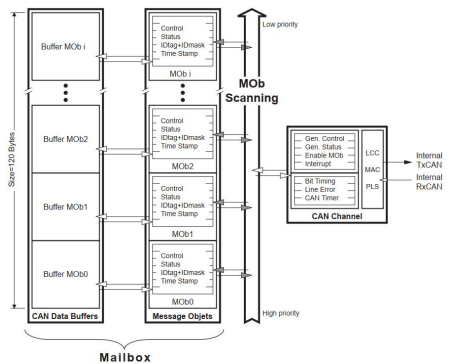


Fig. 3. CAN Controller Structure, excerpt from[21]

## 3. 운동/인지 재활 병행 시스템 설계

### 3.1 시스템 설계 제한

본 논문에서는 2.1에서 제시한 조건을 만족할 수 있도록 다음과 형태의 시스템을 제안을 하고자 한다.

▶ 조건1,2를 만족할 수 있도록, 전체 시스템은 개별 단위 모듈을 조합하여 하나의 재활 시스템이 될 수 있도록 한다. 이 때 개별 단위 모듈은 CAN BUS를 이용하여 통신하도록 함으로써 모듈들의 공간적 배치에 따른 영향을 적게 받음은 물론 각 모듈들 간의 통신 선로 연결도 간단한 배선(Twist-Wire Pair)만으로 가능하게 한다. 또한 모든 모듈들은 같은 회로와 제어 구조를 갖도록 하여 시스템의 확장 등에 제한이 없도록 한다.

▶ 조건3,4를 만족할 수 있도록, 각 모듈은 독립된 컨트롤러와 터치 반응이 가능한 그래픽 LCD를 갖도록 하였다. 컨트롤러는 내장된 프로그램에 따라 다양한 인지 훈련에 해당하는 화면을 그래픽 LCD를 통하여 표시하며 터치 반응을 통해 대상자의 반응을 확인할 수 있도록 한다. 아울러 내장 프로그램의 형식을 기존의 보드 게임과 같은 구조를 갖도록 함으로써 사용자의 만족도를 높일 수 있도록 한다.

### 3.2 시스템 구성 요소

본 논문에서 구현하고자 하는 시스템은 실제 상용 제품의 개발이 아닌 기능과 적용 가능성을 확인하기 위한 실증 실험용 시스템을 구현하는 것이 목적이므로, 시스템의 각 부품들은 범용 제품을 구입하여 이것을 본 논문의 시스템에 적용이 가능하도록 수정하여 사용한다.

3.2.1 주요 부품

▶ CAN128V1 제어 모듈 보드 : 제어부의 핵심인 AT90CAN128 마이크로컨트롤러가 탑재된 AVRMCALL사의 제어 모듈 보드이다(Fig. 4).

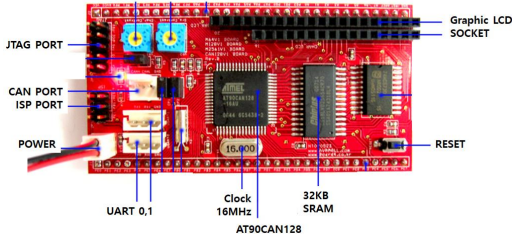


Fig. 4. CAN128V1, excerpt from the [Source]web page <https://avrmall.com>

이 보드는 128×64 범용 흑백 그래픽LCD를 지원할 수 있도록 확장 슬롯을 제공하고, 아울러 32kBytes의 외부 SRAM을 가지고 있어서 본 논문에서 필요한 인지 재활 용도의 다양한 그래픽 데이터를 저장할 공간을 제공하고 있다. 아울러 CAN 통신을 위한 버스 포트와 버스 종단 설정 등을 할 수 있도록 하여 다양한 버스 구조에도 문제가 없도록 하고 있다. 내장 프로그램 및 데이터는 USBISP 포트를 이용하여 다운로드 할 수 있도록 하고 있어 다양한 프로그램의 탑재는 물론 프로그램 업데이트가 용이하도록 하고 있다[25].

▶ 12864 범용 그래픽 LCD 모듈 : 이 모듈은 가로 128, 세로 64, 총 8,192개의 흑백 픽셀로 구성된 범용 그래픽 LCD 모듈이다(Fig. 5)



Fig. 5. 12864 Graphical LCD Module, [Source]excerpt from the web page <https://avrmall.com>

LCD 제어부와 백라이트가 내장되어 있고 관련 신호연결선과 자료를 제공하고 있어서 다양한 그래

픽 구현이 비교적 용이하다. 다만 그래픽 구현을 위한 픽셀 데이터를 내장할 수가 없어서 AVR 컨트롤러에 데이터를 저장하고 필요할 때마다 불러 쓰는 방식을 사용해야 하는 단점이 있다. 다만 해당 데이터는 각 모듈의 컨트롤러의 내장 프로그램을 다운로드 할 때 함께 저장하도록 함으로써 사용자의 불편을 최소화하도록 한다[25].

3.2.2 모듈의 배치 및 CAN 통신

CAN 통신은 2.2에서 설명한 바와 같이 Peer-to-Peer 방식의 통신 구조이기 때문에 각 모듈 사이에 공통 접지가 필요하지 않다. 이것은 각각의 모듈이 독립적인 전원(1차 또는 2차 전지 형태 포함)을 가질 수 있고 이에 따라 각 모듈을 대상자의 운동 능력에 따라 넓은 공간에 자유롭게 배치하는 것이 가능하다는 것을 의미한다. 다만 본 논문에서는 실험의 편의를 위하여 전체 모듈 모두에 독립적인 전원부를 구현하지는 않고 이 방식의 가능성 검증을 위한 형태로만 만들어 실험하였음을 미리 밝히고자 한다.

CAN 통신 방식은 버스 구조를 사용하기 때문에 STAR(Fig. 6a), RING(Fig. 6b), 그리고 직/병렬 혼합 방식(Fig. 6c) 등 다양한 형태의 통신 선로 연결이 가능하다.

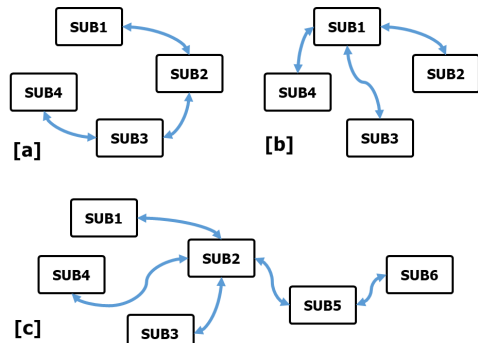


Fig. 6. Various types of CAN bus structures that can be implemented

앞서 설명한 바와 같이 CAN 통신은 Peer-to-Peer 방식이므로 두 가닥의 선(Twist Wire Pair)만 연결되면 통신이 가능하며, 그 거리는 1Mbps의 전송 속도에서 최대 40m이다(40kbps에서는 최대 1km). 본 논문에서는 40m의 거리면 충분하다고 판단했기 때문에

1Mbps를 최대 전송 속도로 설정한다.

#### 4. 실증 시스템 제작 및 테스트 결과

##### 4.1 H/W 구성 및 운동 재할 가능성 검증 실험 및 결과

상기 3장의 내용을 바탕으로 운동/인지 병행 재활 시스템의 가능성을 검증 실험하기 위한 실제 실험 시스템을 제작하였다.

전체 시스템은 테스트 환경을 고려하여 총 10개의 모듈로 구성하였다. 각 모듈은 같은 회로 및 제어 구조를 가지고 있기 때문에 재활 시스템의 구성 필요성에 따라 모듈만을 추가하여 시스템 확장(CAN 2.0A 프로토콜에서 최대 2048개)이 가능한 구조이다. 10개의 모듈 중에서 0번 ID의 모듈이 HOST 역할을 하도록 하였다. 실제 시스템에서는 HOST의 구분이 필요가 없지만, 실험 과정에서 각 모듈들의 상태를 모니터링하거나 디버깅 과정의 편의성 확보 등의 목적으로 하나의 모듈을 독립된 HOST로 설정하였다. 제안된 시스템에서 CAN 통신의 특징을 잘 구현할 수 있도록 HOST는 다른 SUB 모듈들과 거리가 10m 정도(통신 선로 길이) 되도록 공간적으로 분리하고 별도의 전원을 사용도록 하였다. 아울러 전체 버스 구조도 Fig. 6(c)와 같이 직/병렬 혼합 구조를 갖도록 하였다. 이것을 통해서 본 시스템이 각 모듈들을 운동 재활에 효과적하도록 자유로운 공간에 다양한 형태로 배치할 수 있는 구조임을 보이고자 하였다. Fig. 7은 이러한 구조를 고려하여 설계한 시스템 블록 다이어그램이고, Fig. 8은 이를 바탕으로 실제 시스템으로 구현된 실증 실험 시스템이다.

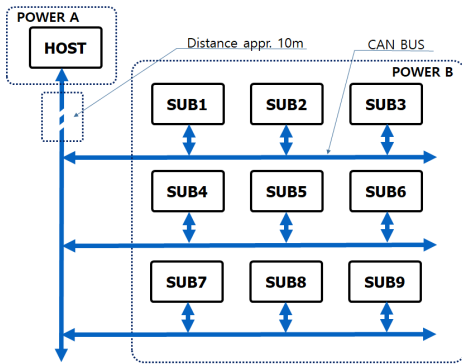


Fig. 7. Block diagram of implemented system

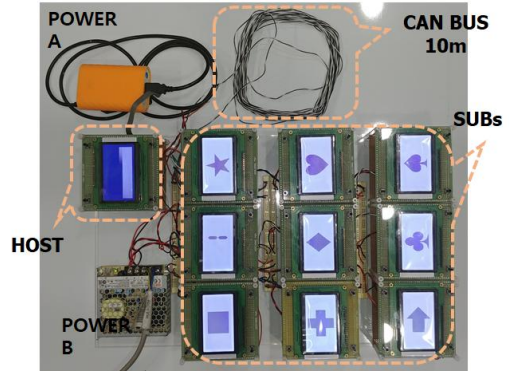


Fig. 8. Experimental system

Fig. 8에서 서브 모듈들은 테스트의 편의성을 위해 테이블탑 형태로 구현하였지만, 실제로는 CAN 통신 유효 거리인 40m 이내에서는 자유로운 배치가 가능하다. 이러한 H/W 구조에서 (4.2의 예제 프로그램들을 이용하여) 각 모듈들 사이의 데이터 전송 등 동작에 아무런 문제가 없음을 확인하였다. 이를 통하여 제시된 시스템의 구조가 운동 재활에 필요한 공간적 배치의 다양성을 가질 수 있음을 확인하였다.

##### 4.2 S/W 및 인지 재활 가능성 검증 실험 및 결과

구현된 실험 시스템을 이용하여 인지 훈련의 가능성을 검증하기 위하여 3가지 형태의 샘플 게임 프로그램을 실험 시스템에 탑재하여 구현 가능성 여부를 확인하였다. 참고로 아래의 3종류의 게임은 하나의 프로그램으로 구현되어 있고, HOST에서 시작시 선택할 수 있도록 하고 있다.

###### ▶ 게임 1 : 같은 모양 맞추기

전원이 인가되면, 9개의 서브 모듈 중에서 임의의 위치의 두 개의 모듈에 같은 모양이 나타난다. 이 때 이 두 모듈의 화면을 순서에 관계없이 터치 하는 게임이다. 가장 간단한 인지 능력에 대한 테스트 형태이며 정확한 터치가 이루어지면 다른 위치와 다른 모양으로 바뀌면서 지속적인 게임을 진행하도록 구현하였다(Fig. 9).



Fig. 9. GAME1: Match the same shape

▶ 게임 2 : 난이도를 높인 같은 모양 맞추기  
 앞서 게임 1에서 난이도를 높인 형태이다. 임의의 위치의 모듈에 같은 모양이 나타나는 것은 맞지만, 아까는 비어있던 다른 위치에도 모양이 나타난다. 다만 다른 모양 들은 짝이 없으며 반드시 짝이 있는 모양만 터치해야 다음 단계로 진행할 수 있도록 구현하였다(Fig. 10).

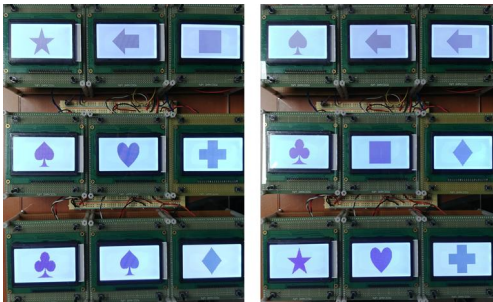


Fig. 10. GAME2: Matching the same shape with increased difficulty

▶ 게임 3 : 숫자의 순서에 따라 화면 터치하기  
 이 형태는 각 모듈에 1에서부터 9까지의 숫자가 표시되어 있다. 이 숫자는 숫자의 순서에 따라 화면을 터치하여야 하며 만약 순서가 틀릴 경우, 처음부터 다시 시작하도록 구현하였다. 이 게임은 숫자뿐만 아니라 한글 자모, 알파벳 등 다양한 형태로 구현할 수 있으므로 앞서의 게임1, 게임2 보다 우수한 인지 능력을 요구하는 형태의 게임이다(Fig. 11).



Fig. 11. GAME3 : Touching the screen in numerical order

위 세 가지 게임을 통해서 대상자의 인지 능력의 정도에 따라 다양한 형태의 인지 재활 프로그램의 구현에 대한 가능성을 확인할 수 있었다.

### 5. 결론

본 논문에서는 기존의 재활 시스템이 운동 재활 또는 인지 재활에 특화되어 개발이 이루어지고 또 운영되는 시스템들이 많고 특히 인지 재활 시스템들의 경우 다른 재활 기기들에 비해 비교적 고가의 시스템들이라는 점을 고려하여 어느 정도 운동과 인지 재활을 병행할 수 있으면서 동시에 가격적으로도 이점을 가질 수 있는 시스템을 제안해 보았다. 이 시스템은 재활 대상자를 운동, 인지 모두 경증에 해당하는 경우로 한정지를 수밖에 없다는 한계가 있지만, 실제로 많은 재활 관련 자료에서 각 부분에서 재활이 필요한 대상자가 운동 또는 인지 부분에 중증 정도를 가질 경우, 두 가지 재활을 동시에 진행하기가 어렵다는 것을 생각할 때 나름 합리적인 구조를 고려했다고 생각할 수 있다.

본 논문에서 벤치마킹의 대상으로 고려하였던, T-Wall사의 시스템의 경우, 각 시스템을 모듈별로 분리하거나 모듈에 다양한 변화를 주기 어려운 구조이다. 가격적으로도 t-WALL 시스템은 25만원/모듈(이 금액은 미국 판매가 기준이며 국내 실제 도입 가격은 이 보다 높을 것으로 예상됨. 1장 참조) 정도 이지만 본 논문에서 제작한 시스템은 약 10만원/모듈 정도의 가격에 제작이 가능하였다. 실제로 이 모듈은 3장과 4장에서 언급한 바와 같이 범용 제품을 이용하여 제작하였으므로 실제로는 불필요한 부분이 포함되어 있어서 이러한 부분들을 실제 양산화 과정에서 최적화함으로써 제품의 제작 단가를 보다 낮출 수 있을 것으로 생각된다. 물론 상용 제품화를 위하여 추가적인 고려사항 등이 필

요하지만 이러한 부분을 고려하더라도 t-WALL사의 제품과 비교하여 기능적인 측면과 가격적인 측면에서 모두 경쟁력을 가질 수 있을 것으로 예상할 수 있다.

이러한 사항들을 모두 고려하여 구현된 시스템은 4.1절에서 운동 재활에 필요한 자유도에 대한 평가를 4.2절에서 인지 재활에 필요한 다양성에 대한 평가를 하여 봄으로써 경증 운동/인지 재활의 병행에 대한 가능성을 보이고자 하였다.

향후 이 시스템은 LCD를 기존의 흑백에서 컬러 모듈로 대체할 경우, 색상 표현은 물론 동물이나 가족 사진 같은 다양한 표현이 가능하도록 할 수 있으며 이것은 보다 다양한 형태의 인지 재활 목표를 가질 수 있도록 할 수 있을 것으로 생각된다. 또한 앞서 3.2.2에서 언급한 것처럼 각 모듈을 충전식 전원 시스템으로 구현하거나 각 모듈들의 통신 방식을 CAN-ZigBEE 혼합 형태를 가지도록 하면 운동 재활시 필요한 공간적 다양성을 보다 극대화 할 수도 있으리라 생각한다.

## REFERENCES

- [1] K. H. Cho. (2020). An Exercise Rehabilitation Field Revitalization Plan for Promoting Elderly Sport for All. *J. of the Korea Entertainment Industry Association* 14(4), 305-319. DOI : 10.21184/jkeia.2020.6.14.4.30
- [2] Y. R. Paik. (2012). The Effects of Occupational Therapy Program using a Board Games for the Cognition and Activities of Daily Living(ADL) in Mild Dementia Case. *The Journal of Occupational Therapy for the Aged and Dementia*, 6(1), 27-38.
- [3] C. J. Lee & M. H. Kim. (2011). A Serious Game for Language/Cognitive Rehabilitation Therapy of Stroke Patient. *Journal of the Korea Entertainment Industry Association*, 5(1), 73-80.
- [4] K. Y. Jung, B. Y. Lim, C. T. Park, J. Y. Kim & E. S. Dong. (2011). Trends in virtual reality contents related to exercise devices for increasing muscle strength of the elderly. *Machine & Material Mar.2011*, 14-22.
- [5] J. H. Jo, H. J. Park, Y.H. Lim, J. J. Yeo, M. H. Ryu & Y. S. Yang. (2013). Development of Cognitive Evaluation and Rehabilitation Program Using Touch-Pad Interface. *Conf. of The HCI Society of Korea*, 100-103.
- [6] G. H. Kim, K. H. Song, K. H. Kwon & L. H. Kim. (2012). Development of Tangible Tabletop Interface for Cognitive Rehabilitation. *Conf. of The HCI Society of Korea*, 770-772
- [7] S. H. Park, B. S. Kim & M. M. Lee. (2019). The Effect of Trunk Control Training Using Virtual Reality Game-based Training Program on Balance and Upper Extremity Function of Subacute Stroke Patients. *J. of Convergence for Information Technology*, 9(5), 172-179. DOI : 10.22156/CS4SMB.2019.9.5.172
- [8] Y. J. Kim, J. H. Park, Y. S. Cho & K. S. Kim. (2020). The Effect of Cognitive Rehabilitation Program Using Virtual Reality (VR) Contents on Cognitive function, Depression, Upper Extremity Function and Activities of Daily Living in the Elderly. *Journal of Convergence for Information Technology*, 10(8), 203-212. DOI : 10.22156/CS4SMB.2020.10.08.203
- [9] H. J. Park, D. W. Oh. Efficacy of Exercise Therapy Intervention on Cognitive Function of Older Adults with Dementia: A Systematic Review, *Kor J Neuromuscul Rehabilitation*, 8(1), 44-64.
- [10] Y. S. Chae. (2014). A Serious Game Design and Prototype Development for Rehabilitation using KINECT Tools. *J. of Korea Multimedia Society*, 17(2), 248-256. DOI : 10.9717/kmms.2014.17.2.24
- [11] J. H. Lee, J. H. Kang, H. M. Lee. (2011). Feasibility of Using the Nintendo Wii Game for a Dementia, *J Korean Soc Phys Med.*, 6(2), 225-233.
- [12] S. H. Jung, J. W. Ko, S. H. Heo, B. P. Kyung. (2018). AR Motion based game contents research for user healthcare. *Journal of Korea Game Society* 18(4), 53-63. DOI : 10.7583/JKGS.2018.18.4.53
- [13] www.twall.de.
- [14] R. Bosch. (1991). CAN specification 2.0, Part A and B. *Robert Bosch GmbH*, Germanv.
- [15] K. Tindell & A. Burns. (1994). Guaranteed message latencies for distributed safety-critical hard real-time control networks. *Dept. of Computer Science, University of York*.
- [16] J. Yun, S. Nam, K. W. Kim & S. Lee. (1997). Evaluation of Network Protocols for Automotive Data Communication, *J. of Control Automation and Systems Engineering*, 3(6), 632-638.
- [17] G. H. Choi. (2014). Network Type Distributed Control of a System with Inner Loop Control Structure. *J. of the KIIEE*, 28(2), 100-108.



DOI : 10.5207/JIEIE.2014.28.2.001

- [18] F.-L. Lian, J. R. Moyné & D. M. Tilbury. (2001). Performance Evaluation of Control Networks: Ethernet, ControlNet, and DeviceNet. *IEEE Control Sys. Mag.*, 21(1), 66-83.
- [19] K. Y. Yi. (2002). An Implementation of The Position Controller for Multiple Motors Using CAN. *The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers*, 51D(2), 55-60.
- [20] J. Rufino & P. Verissimo. (1995) A Study on the Inaccessibility Characteristics of the CAN. *2nd International CAN Conference*
- [21] Atmel Corp. (2008). Datasheet of ATmega90CAN32/64/128. *Atmel Corp.*
- [22] National Instrument. (2020). Overview of CAN Communication. *National Instrument*. (Online). <https://www.ni.com/ko-kr/innovations/white-papers/06/controller-area-network-can-overview.html>
- [23] J. J. Kim & J. W. Jang. (2009). In-Vehicle Auto temperature control System by CAN Network. *In Proceedings of the Korean Institute of Information and Commucation Sciences Conference* (pp. 90-93). The Korea Institute of Information and Commucation Engineering.
- [24] D. K. Lee, S. J. Kim, Y. J. Ko, K. H. Ann & S. C. Lee. (2013). Development of the Semi-Auto Clutch Control Module using AT90CAN128 MCU for Commercial Vehicle. *Conf. of Korean Society for Precision Engineering, Spring*, 443-444.
- [25] [www.avrmall.com](http://www.avrmall.com)

최 군 호(Goon-Ho Choi)

[정회원]



- 1993년 2월 : 성균관대학교 전기공학과(공학사)
- 1995년 2월 : 성균관대학교 대학원 전기공학과(공학석사)
- 1999년 2월 : 성균관대학교 대학원 전기공학과(공학박사)
- 2012년 3월 ~ 현재 : 경성대학교 전기공학과 부교수
- 관심분야 : 제어공학, 공장자동화, 분산제어
- E-Mail : goonho@ks.ac.kr