

원격재활을 위한 RFID를 이용한 페그보드 평가 자동화

Pegboard Evaluation Automation Utilizing RFID System for Telerehabilitation

최 현 호, 유 문 호*, 양 윤 석, 김 정 자, 김 남 군
(Hyunho Choi, Munho Ryu, Yoonseok Yang, Jungja Kim, and Namgyun Kim)

Abstract : This study proposes an automated pegboard utilizing the RFID system with multiple reader antennas for the rehabilitation services and the occupational therapy. The system automates the scoring by detecting the plugging correctness as well as the plugging status. It also aims to increase the patient's interest and the functional intelligence. The system was prototyped and the RFID read rate (over 99.998%) was confirmed. The system was also tested for the automatic capability of the scoring the session. The proposed system will be served as the typical example for the ubiquitous rehabilitation devices.

Keywords : peg board, RFID system, rehabilitation, telerehabilitation, rehabilitation automation

I. 서론

많은 재활환자가 지속적인 재활치료를 필요로 함에도 심각한 기능적 장애를 유지한 채 퇴원하여 신체 장애로 인해 통원이 불가능한 경우나 반복적인 통원 치료를 부담스러워하는 경우 필요한 치료를 원활히 받을 수 없다. 원격재활은 원격지에 위치한 환자에게 재활치료를 제공하는 기능이다[1]. 이는 환자가 병원에 가지 않고서도 집에서 재활치료를 받을 수 있기 때문에 큰 혜택이 된다. 대부분의 원격재활은 특별한 기계적 장치가 결합된 가상현실을 통해 구현되어 상당한 임상적 효과를 보이고 있다[2-4]. 그러나 기계적 촉각 장치와 같은 기기는 복잡한 구조로 인해 고가일 뿐 아니라 기구 자체가 인체의 운동을 방해할 가능성과 자주 조정을 해야 하는 단점이 있다[4].

이와 아울러, 전문 치료사의 도움 없이 환자 스스로 재활 치료를 받을 수 있도록 치료과정을 자동화하는 재활 자동화에 관한 연구들이 진행되고 있다[5,6]. 자동화된 재활은 실제적인 재활치료 효과를 제공하기 때문에 재활 치료사의 시간과 노력을 덜어 주게 되어 환자로서는 재활치료의 기회를 확장할 수 있다. Sanchez 등은 외골격 로봇과 그림 센서를 사용하여 만성 뇌졸중 환자의 상지 재활에 적용하였다[6]. Lum 등은 뇌졸중 환자의 정상 측 팔의 사용을 제한함으로써 마비 측 팔의 회복을 촉진하는 억제유도 운동치료(constraint-induced movement therapy) 중 12가지 운동을 자동화하였다[7]. 특히 Lum 의 시스템은 원격재활에도 또한 적용하였다는 점에서 의의가 크다.

페그보드(pegboard)는 재활 영역에 있어 손의 기능을 평가

하는 도구이다[8-12]. 페그보드는 또한 인지, 감각, 운동 기능을 위한 통합 작업 치료용으로 사용된다[13-16]. 하지만, 환자, 특히 성인 환자에게 페그보드 훈련 치료는 단조롭게 느껴진다. 그리고 치료 전문가가 페그보드 과정(pegboard session)을 안내하고 지켜보는 것은 노동 집약적인 업무이다. 이를 해결하기 위하여 페그보드에 자동화된 훈련 정보 처리 기능을 부여함으로써 전문 치료사들의 업무를 줄이고 환자들에게 많은 흥미를 제공할 수 있다. 예를 들면, 다양한 멜로디들을 환자에게 들려줌으로써 환자들의 몰입을 유도하고 자동으로 평가된 점수를 제시하여 치료 참가를 격려할 수 있다.

페그보드 점수를 자동화하기 위해서는 페그보드 평가 과정을 분석할 필요가 있다. 그림 1(a)에서와 같이 각 홀(hole)에 일치하는 페그(peg)를 꽂으면 평가가 완료가 된다. 하지만 일반적으로, 그림 1(b)에서와 같이 홀에 잘못된 페그를 꽂는 경우를 배제 할 수 없다. 즉, 그림 1(b)에서 보는 바와 같이 우측 하단 모퉁이의 2개의 페그들은 서로 바뀌어 꽂혀 있어야 한다. 따라서, 일치하는 페그를 제대로 꽂았는지의 여부 뿐만 아니라 페그와 홀의 일치 여부도 판단할 수 있어야 한다. 이러한 문제는 RFID(Radio Frequency Identification) 기술을 사용하여 해결하는 것이 유리하다.

RFID 기술은 산업자동화, 출입통제, 응급의학, 위치식별을

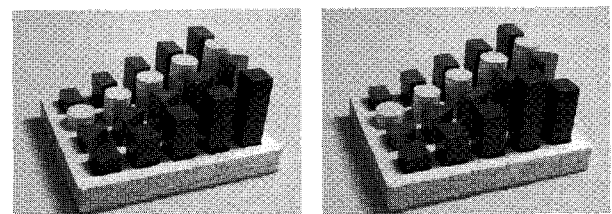


그림 1. 종래의 페그보드. (a) 모든 페그들이 제대로 꽂혀 있는 상태. (b) 우측 하단 모퉁이 2개의 페그가 잘못 꽂힌 상태임. 서로 위치가 바뀌어야 함.

Fig. 1. Conventional pegboard. (a) All pegs are plugged correctly. (b) Two pegs on the lower-right corner are plugged incorrectly. They have to exchange their positions.

* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2007. 9. 29, 채택확정 : 2007. 10. 26.

최현호 : 전북대학교 헬스케어공학과 (hhchoi@chonbuk.ac.kr)

유문호 : 전북대학교 바이오메디컬공학부, 실버공학연구센터 (mhryu@chonbuk.ac.kr)

양윤석, 김정자, 김남군 : 전북대학교 바이오메디컬공학부

(ysyang@chonbuk.ac.kr/jungjakim@chonbuk.ac.kr/ngkim@chonbuk.ac.kr)

※ “이 논문 또는 저서는 2007년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임” (지방연구중심대학 육성사업/헬스케어기술개발사업단.

포함한 다양한 적용분야에 이용되고 있다[17-22]. 전형적인 RFID 시스템은 리더(reader), 리더 안테나(reader antenna), 태그(tag), 호스트 PC(host computer) 시스템으로 구성되어 있다. 태그 ID 혹은 추가적인 데이터의 획득은 태그의 트랜스폰더 안테나(transponder antenna)와 리더 안테나 사이의 커플링에 의해 이루어진다.

RFID 시스템에서 리더는 단일 안테나를 통해서 각각 고유한 ID를 갖는 복수 개의 태그를 인식하여 호스트 PC 시스템으로 전송하는 것이 일반적이다. 하지만, 페그보드 자동화를 위한 페그의 인식과 같은 문제에서는 태그의 존재 여부뿐만 아니라 특정 위치에 존재하는 태그의 ID를 식별해야 한다. 이를 위해, 페그가 꽂히는 위치 즉, 홀의 위치마다 리더 안테나를 설치하고 페그 마다 태그를 부착하여 ID를 판단하는 방법을 생각해 볼 수 있다. 이 경우, 단일 리더와 복수 개의 리더 안테나를 사용하면 복수 개의 단일 리더-안테나를 사용하는 방법과 비교하여 비용과 공간을 절약할 수 있고, 호스트 PC 시스템과의 다채널 통신 문제를 고려하지 않아도 되기 때문에 유리하다.

본 연구는 RFID 시스템을 사용하여 페그보드 점수를 자동으로 평가하는 자동화된 페그보드를 제안한다. 프로토타입을 제작하고 RFID의 인식율을 검증하고, 5명의 피험자를 대상으로 페그보드 동작을 확인하였다.

II. RFID 를 이용한 페그보드 자동화

1. RFID를 이용한 자동화된 페그보드 디자인

그림 2에서와 같이 RFID 기술을 페그보드에 적용하였다. 태그를 각각의 페그에 부착하였고, RFID 리더 안테나를 각 홀 아래에 배치하였다. 각 홀마다 일치하는 태그의 ID를 할당하였다. 홀 사이의 거리는 1cm로 하였으며, 리더의 판독 거리는 페그가 완전히 삽입되었을 경우에만 인식되도록 적절히 조절하였다.

2. 시스템 구성 및 설명

전체 시스템은 그림 3에서 보이는 바와 같이 마이크로프로세서,

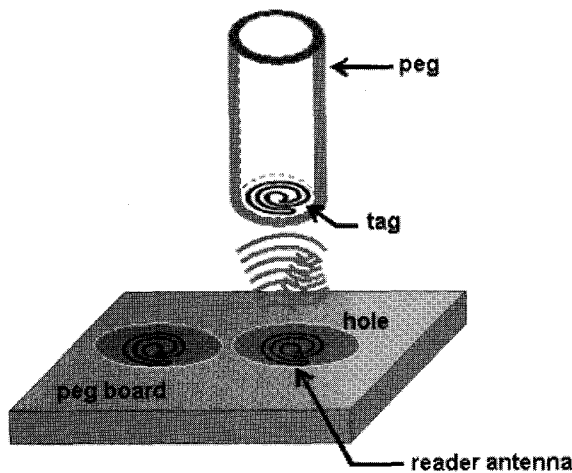


그림 2. RFID 시스템을 이용한 자동화된 페그보드. 리더 안테나는 홀 아래에 배치되고 태그는 페그에 부착된다.
Fig. 2. Electric pegboard with RFID system. RFID reader antenna is placed under hole, and tag is inserted inside peg.

로세서, LCD, 부저(buzzer), USART(Universal Synchronous Asynchronous Receiver and Transmitter), RFID 리더, 지그비 모듈(ZBS-100, Roboblock System, Korea), 다중 리더 안테나로 구성된다. 그림 4(a)의 마이크로프로세서 모듈(ATmega128, 8MHz, Atmel, San Jose, CA)은 그림 4(b)의 RFID 리더 시스템과 인터페이스 되어 페그보드 점수 평가를 자동화하고, 결과를 LCD로 표시하고, 부저를 통해 다양한 음향효과를 낸다. USART (baud rate 9600bps, 8data, no-parity, 1 stop)는 지그비 모듈을 통하여 호스트 PC 시스템에 평가결과를 무선으로 전송한다.

마이크로프로세서는 홀의 상태를 공백(empty, 홀에 페그가 꽂혀 있지 않음), 일치(match, 홀에 해당하는 ID를 갖는 페그가 꽂혀 있음), 불일치(mismatch, 홀에 해당하지 않는 ID를 갖는 페그가 꽂혀 있음)로 판단하고, 평가시간을 점수화한다. 1개의 리더 안테나를 읽는데 약 20 msec가 소요되었다. 이 중 10 msec는 리더 안테나를 선택하는 스위치와 RF 파워의 온/오프 안정화를 위한 지연 시간이고, 나머지 10msec는 ISO 15693 프로토콜(26 Kbps rate)로 태그를 읽는데 소요되는 시간이다.

그림 4(b)의 RFID 리더 모듈(TRF7960, Texas Instruments, Dallas, TX)은 one sub-carrier의 ISO 15693, 1 out of 4 modulation, high bit rate(26 Kbps)로 구동되어, RFID 태그를 인식하여 10 바이트의 ID를 마이크로프로세서로 전송한다. 또한, RFID 모듈에는 리더 안테나를 하나씩 선택하기 위한 SPDT(Single-Pole Double-Throw) 아날로그 스위치 (ADG619, Analog Devices, Norwood, MA)들이 있다. 마이크로프로세서의 지령에 의해

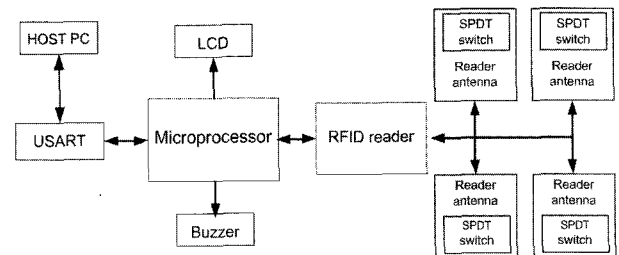


그림 3. 다중 리더 안테나의 RFID 시스템을 이용한 자동화된 페그보드의 구성도.

Fig. 3. Configuration of the proposed electric pegboard using RFID with multiple reader antennas.

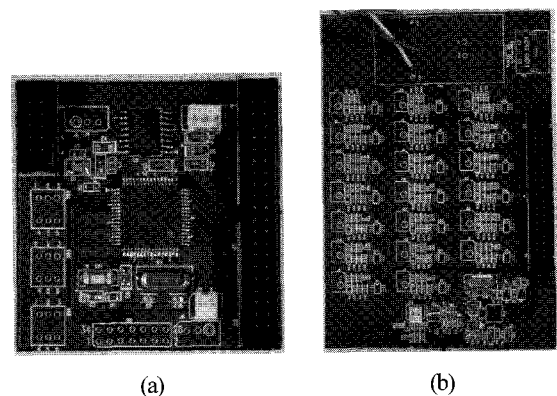


그림 4. 마이크로프로세서 모듈 (a)과 RFID 리더 모듈 (b).
Fig. 4. Microprocessor module (a) and RFID reader module (b).

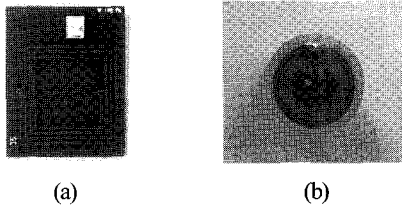


그림 5. 리더 안테나 (a)와 페그에 부착된 태그 (b).
Fig. 5. Reader antenna board (a) and tag (b).

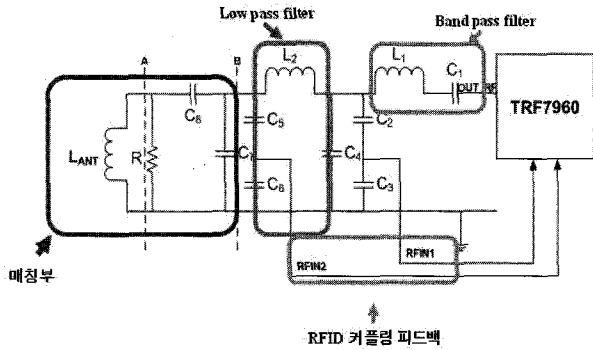


그림 6. RFID 리더 아날로그 회로 부분.
Fig. 6. RFID reader analog circuit part.

해당 스위치가 하나씩 작동하여 복수 리더 안테나 중 하나의 안테나가 차례로 선택된다.

리더 안테나 보드는 그림 5(a)에서 보는 바와 같이 PCB (printed circuit board)로 제작되었고, 각 안테나의 사이즈는 20mm x 20mm, 4턴이다. 태그(Tag-It™, HF-I, Texas Instrument, Dallas, TX)는 24mm의 사이즈의 원형 타입을 사용하였다(그림 5(b)).

3. RFID 리더 아날로그 회로

RFID 리더의 회로는 그림 6과 같이 구성된다. OUT_RF 신호와 L_ANT는 각각 RFID 리더 모듈의 아날로그 출력부와 리더 안테나에 해당한다. C_1과 L_1은 13.56MHz의 RF 신호를 통과하기 위한 대역통과 필터(band-pass filter)를 구성하고, L_2와 C_2-C_4은 저역통과 필터(low-pass filter)를 구성한다. C_5-C_8과 L_ANT은 R과 함께 13.56MHz 주파수를 위한 매칭 회로를 구성한다. RFIN_1과 RFIN_2은 태그의 커플링 신호(coupling signal)를 피드백 한다.

매칭 회로는 그림 7의 불균형 직렬-병렬 커패시터 매칭 회로로 설명된다. 먼저, R은 정해진 리더 안테나의 인덕턴스 L_ANT에 대해 Q 값을 RFID 시스템의 일반적인 값인 20으로 맞추기 위해 (1)로 계산된다. 다음으로, L_ANT와 공진하기 위한 전체 C(C_7// C_8)가 계산되고 C_7과 C_8은 각각 (2)와 (3)으로 계산된다. (2)는 RFID 리더 모듈의 출력 임피던스와 공진 회로의 전체 임피던스를 매칭하는 조건으로부터 유도된 것이며, Z_OUT은 (1)로 계산된 전체 저항 R이고, Z_IN은 RFID 리더 모듈의 출력 임피던스(50 ohm)이다.

$$R = 2\pi L_{ANT}Q \tag{1}$$

$$C_7 = C \times \sqrt{\frac{Z_{OUT}}{Z_{IN}}} \tag{2}$$

$$C_8 = \frac{1}{\frac{1}{C} - \frac{1}{C_7}} \tag{3}$$

그림 6의 매칭부에는 A단과 B단이 있다. 이곳 두 단이 안테나 선택을 위해 아날로그 스위치가 부착될 수 있는 단인데 B단에 안테나를 부착하는 것이 바람직하다. A단에 아날로그 스위치를 부착하면 스위치의 내부 커패시턴스가 높아져 매칭에 지장을 초래하기 때문이다.

4. 페그보드 평가 자동화 알고리즘

페그보드를 자동으로 평가하는 알고리즘은 그림 8에서 보는 바와 같다. 평가가 시작되면 시작 시간이 설정되고, 각 홀 상태를 판단한 후 모든 홀이 일치 상태인지, 즉 해당하는 페그가 꽂혀 있는지를 판단한다. 모든 홀이 일치하면 평가를 성공(success)으로 판단하고, 종료시간을 설정하여 평가 시간을 계산한다. 모든 홀이 일치하지 않으면 각 홀 상태의 판단 과정을 반복한다. 만약 평가가 주어진 시간을 경과하거나 사용자에게 의해 중지되면 실패(failure)로 판단한다.

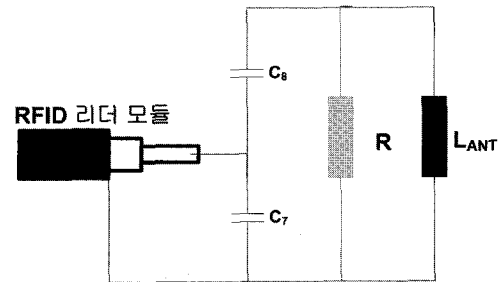


그림 7. 불균형 직렬-병렬 커패시터 매칭 회로.
Fig. 7. Unbalanced parallel-series capacitor matching circuit.

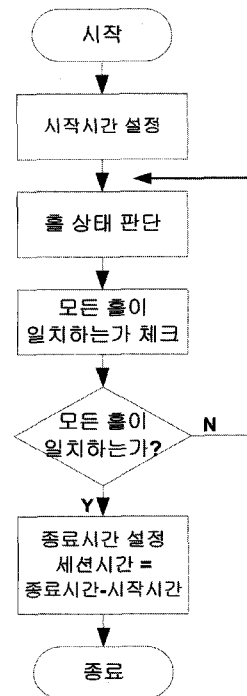


그림 8. 페그보드 자동 평가 순서도.
Fig. 8. Automatic pegboard session evaluation flowchat.

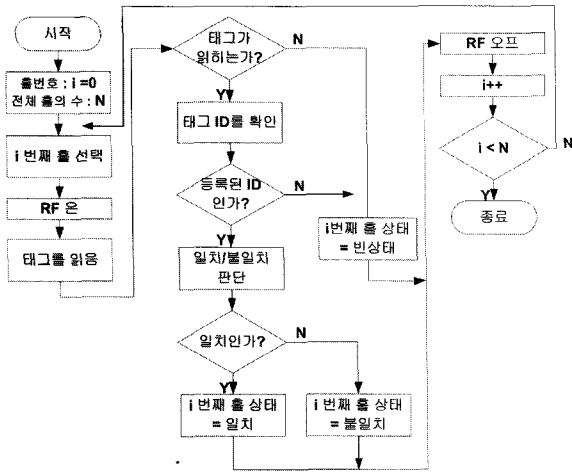


그림 9. 다중 리더 안테나 상태 판단 순서도.
 Fig. 9. Flowchart for scanning multiple reader antennas.

다중 리더 안테나를 사용하여 각 홀의 상태를 판단하는 과정은 그림 8에 보이는 바와 같다. 그림에서 i 와 N 은 각각 현재의 홀 번호와 전체 홀의 수이다. (i) 번 홀이 아날로그 스위치로 선택되고 RF 파워가 공급된다. 선택된 홀에서 태그의 ID 확인 및 판단을 하게 되는데, 각각의 홀에 지정된 ID와 페그에 부착된 태그의 ID를 비교한다. 홀에서 태그가 읽히지 않으면 공백 상태(empty)로 판단하고, 태그가 읽히면 등록 여부를 판단한다. 태그가 읽히고 ID가 등록된 것이면 일치 여부(match/mismatch)를 검사한다. 현재 홀에 맞는 ID가 읽히면 일치 상태(match)로 판단하고, 그렇지 않으면 불일치 상태(mismatch)로 판단한다. 이와 같이 i 번째 홀의 판단이 끝나면 홀 번호를 $(+1)$ 로 증가하고 이상의 과정을 전체 홀 수만큼 반복한다. 모든 과정이 끝나면 RF 파워를 차단한다. 이 과정을 1초에 3번 수행 하도록 하였다.

III. 실험 및 결과

II절에서 기술한 페그보드의 평가 자동화 방법을 적용하여 그림 10과 같은 프로토타입을 제작하였다. 9개의 홀과 보드는 모두 패속 조형기로 제작하였다. 제작된 시스템을 검증하기 위해 먼저 RFID 시스템의 성능을 확인하였고, 정상 성인 5명에 대해서 페그보드의 평가를 통해서 자동화 기능을 확인하였다.

RFID 시스템의 성능은 두 가지 실험으로 확인하였다. 첫 번째 실험으로 태그의 인식률을 측정하였다. 모든 홀에 일치하는 태그를 갖는 페그를 꽂아 둔 상태에서 전체 9개의 홀에 대해서 각각 1000번씩 인식을 시도하였다. 이러한 과정을 각각 10회 실시한 결과, 전체 90,000번 중 2회의 실패를 보여 99.998%의 인식률을 확인하였다.

RFID 시스템의 성능 확인을 위한 두 번째 실험으로 페그를 모든 홀에 순차적으로 꽂았다가 빼면서 일치-불일치 매트릭스(matrix)로 확인하였다. 즉, 페그가 일치하는 홀에 꽂혔을 때 일치 상태(match)로 인식되는 것과 일치하지 않는 홀에 꽂혔을 때 불일치 상태(mismatch)로 인식되는 것을 확인하였다. 일치 상태와 불일치 상태는 각각 one-beep과 two-beep의 부저음으로 확인하였다. 성인 5명에 대해서 확인한 결과 모

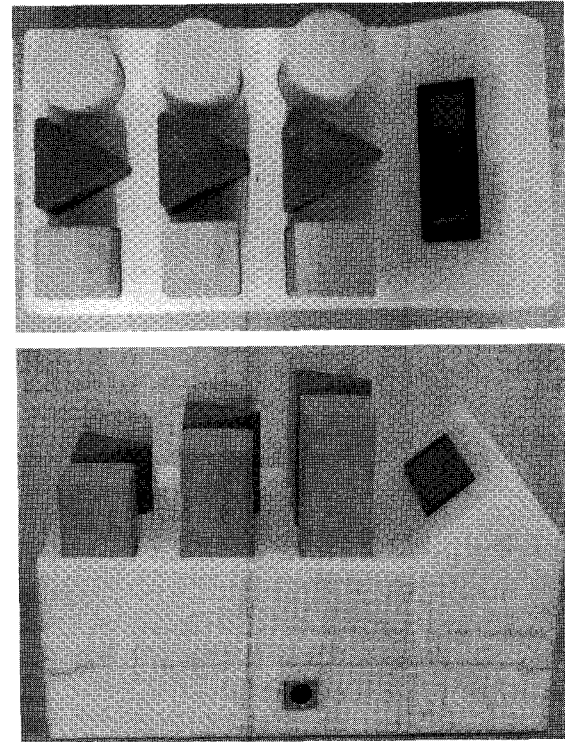


그림 10. 자동화된 페그보드 시스템.
 Fig. 10. Automatic pegboard system.

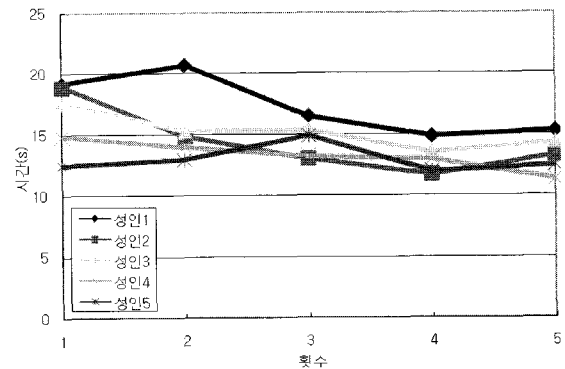


그림 11. 5명의 평가시간 결과. 가로축은 평가 회수, 세로축은 평가시간(초)을 나타낸다.
 Fig. 11. Session time record.

두 성공적으로 일치/불일치를 구분하였고, 각각 64, 73, 85, 75, 65 초의 시간이 걸렸다.

페그보드의 자동화 기능을 확인하기 위해서 성인 5명(남 3명, 여 2명)에 대해서 페그보드 평가를 실시하여, 자동화된 시스템이 각 홀의 상태를 인식하고 평가 종료를 판단하고, 평가 시간을 계산하는 과정이 모두 정상적으로 이루어짐을 확인하였다. 각 홀을 일치(match), 불일치(mismatch), 공백(empty)으로 인식하는 것은 각각 one-beep, two-beep, three-beep의 부저음으로 확인하였다.

성인 5명에 대한 시간 평가의 결과는 그림 11과 같다. 그림에서 가로축은 평가 회수를 나타내고 세로축은 평가 시간(초)을 나타낸다. 그림에서 보이는 바와 같이 평가 시간은 개개인이 차이를 보이며 평가 마다 시간이 감소하였다.

IV. 결론

본 연구는 RFID 시스템을 사용한 페그보드 평가의 자동화를 제안하고 상세한 설계 내용을 기술하였다. 본 연구에서 제안한 시스템은 일반적인 RFID 시스템과는 달리 다중 리더 안테나를 갖는다. 각각의 리더 안테나를 홀 아래에 설치하고 순차적으로 읽어, 페그의 존재 여부뿐만 아니라 홀에 적절한 페그가 꽂혔는지의 여부도 판단할 수 있었다. 프로토타입을 제작하여 RFID의 태그 인식률(99.998% 이상)을 확인하였고, 페그의 상태를 일치(match)와 불일치(mismatch)로 구분하는 것을 확인하였다. 또한, 성인 5명에 대해 페그보드 평가가 자동으로 이루어지는 것을 확인하였다.

RFID 시스템의 성능을 일치-불일치 매트릭스로 확인하는 실험에서 성인 5명만을 대상으로 하였다. 하지만, 태그 자체의 인식률 실험에서 충분한 결과를 보였기 때문에 RFID 시스템의 성능은 확인되었다고 할 수 있다.

RFID를 이용한 페그보드의 자동화 성능을 확인하는 실험에서 정상 성인 5명만을 대상으로 하였기 때문에, 임상적인 의미와 효과에 대해서는 논의할 수 없다. 다만, 본 연구에서는 재활도구로 사용될 수 있는 가능성을 확인한 것이다. 향후 재활환자를 대상으로 임상적 성능을 검증할 예정이다.

본 연구에서 제안한 시스템은 페그보드의 평가를 자동화했을 뿐만 아니라 향후 원격재활 시스템에도 사용될 수 있다는 점에서 또 다른 의의를 찾을 수 있다. 특히, 환자가 종래의 페그보드로 생각하면서 재활 치료로 사용하고, 보이지 않는(invisible) 자동화된 시스템이 무선으로 재활 서버와 연결되어 재활 서버의 단말기로 동작한다면 유비쿼터스(ubiquitous) 기술의 장점을 충분히 살릴 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] T. G Russell, "Physical rehabilitation using telemedicine," *J Telemed Telecare*, vol. 13, no. 5, pp. 217-220, July, 2007.
- [2] J. E. Deutch, J. A. Lewis, and G. Burdea, "Technical and patient performance using a virtual reality-integrated telerehabilitation system: preliminary finding," *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*, vol. 15, no. 1, pp. 30-35, March 2007.
- [3] A. Heuser, H. Kourtev, S. Winter, D. Fensterheim, G. Burdea, V. Hentz, and P. Forducey, "Telerehabilitation using the Rutgers master II glove following carpal tunnel release surgery: proof-of-concept," *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*, vol. 15, no. 1, pp. 43-49, March 2007.
- [4] G. Placidi, "A smart virtual glove for the hand telerehabilitation," *Comput Biol Med*, vol. 37, no. 8, pp. 1100-1107, August 2006.
- [5] P. S. Lum, G. Uswatte, E. Taub, P. Hardin, and V. W. Mark, "A telerehabilitation approach to delivery of constraint-induced movement therapy," *J Rehabil Res Dev*, vol. 43, no. 3, pp. 391-400, May 2006.
- [6] R. J. Sanchez, J. Liu, S. Rao, P. Shah, R. Smith, T. Rahman, S. C. Cramer, J. E. Bobrow, and D. J. Reinkensmeyer, "Automating arm movement training following severe stroke: functional exercises with quantitative feedback in a gravity-reduced environment," *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*, vol. 14, no. 3, pp. 378-389, September 2006.
- [7] D. Squire, A. A. Giachino, A.W. Proffitt, and C. Heaney, "Objective comparison of manual dexterity in physicians and surgeons," *Can J Surg*, vol.32, no.6, pp.467-470, November 1989.
- [8] J. Desrosiers, R. Hebert, G. Bravo, and E. Dutil, "The Purdue pegboard test: normative data for people aged 60 and over," *Disabil Rehabil*, vol. 17, no. 5, pp. 217-224, July 1995.
- [9] J. Gallus and V. Mathiowetz, "Test-retest reliability of the Purdue pegboard for persons with multiple sclerosis," *Am J Occup Ther*, vol. 57, no. 1, pp. 108-111, January 2003.
- [10] A. S. Aldehag, H. Jonsson, and T. Ansved, "Effects of a hand training programme in five patients with myotonic dystrophy type 1," *Occup Ther Int*, vol. 12, no. 1, pp. 14-27, December 2005.
- [11] S. G. Brown, E. A. Roy, L. E. Rohr, and P. J. Bryden, "Using hand performance measures to predict handedness," *Laterality*, vol. 11, no. 1, pp. 1-14, January 2006.
- [12] R. W. Heinrichs and A. G. Awad, "Neurocognitive subtypes of chronic schizophrenia," *Schizophr Res*, vol. 9, no. 1, pp. 49-58, March 1993.
- [13] A. Scuteri, L. Palmieri, N. C. Lo, and S. Giampaol, "Age-related changes in cognitive domains. A population-based study," *Aging Clin Exp Res*, vol. 17, no. 5, pp. 367-373, October 2005.
- [14] T. Noguchi, S. Deruma, Y. Nagasawa, and M. Uchiyama, "An examination of practice and laterality effects on the Purdue Pegboard and moving beans with tweezers," *Percept Mot Skills*, vol. 102, no. 1, pp.265-274, February 2006.
- [15] J. Seitz, O. G. Jenni, L. Molinari, R. H. Largo, and H. B. Latal, "Correlations between motor performance and cognitive functions in children born < 1250 g at school age," *Neuropediatrics*, vol. 37, no. 1, pp. 6-12, February 2006.
- [16] K. Finkenzerler, *RFID Handbook*, John Wiley & Son, Ltd, New York, 1999.
- [17] K. V. S. Rao, "An overview of backscattered radio frequency identification system(RFID)," *Proc. Asia Pacific Microwave Conf. Singapore*, vol. 3, pp, 746-749, November 1999.
- [18] P. Nagy, I. George, W. Bernstein, J. Caban, R. Klein, R. Mezrich, and A. Park, "Radio frequency identification systems technology in the surgical setting," *Surg Innov*, vol. 13, no. 1, pp. 61-67, March 2006.
- [19] K. S. Hong, H. Kim, and Y. R. Yoon, "Design and implementation of an improved emergency system using RFID technology," *Proc. of the Korean Society of Medical & Biological Engineering*, Korea, pp. 555-558, 2005.
- [20] 이현정, 최규천, 이장명, 이민철, "RFID를 이용한 이동로봇의 위치인식기술," 제어 · 자동화 · 시스템공학 논문지, 제 12 권, 제 1 호, pp.41-46, 2006. 1.
- [21] 최정욱, 오동익, 김승우, "RFID 태그 플로어 방식의 내비게이션에 관한 연구" 제어 · 자동화 · 시스템공학 논문지, 제 12 권, 제 10 호, pp. 968-974, 2006. 10.
- [22] 박찬국, 박준구, 이채훈, 유영민, "차량용 측위 시스템에 RFID적용 가능성 연구," 제어 · 자동화 · 시스템공학 논문지, 제 12 권, 제 10 호, pp. 975-98, 2006. 10.



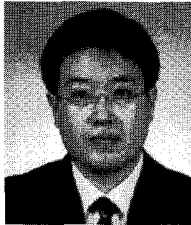
최 현 호

2006년 우석대학교 정보통신 및 컴퓨터 공학부 졸업(공학사). 2006년~현재 전북대학교 대학원 헬스케어공학과 석사과정 재학중. 관심분야는 유비쿼터스 시스템, 임베디드 시스템, 의료기기 시스템 개발 및 연구.



유 문 호

1990년 서울대학교 제어계측공학과(공학사). 2004년 서울대학교 의용생체공학과(공학박사). 1990년~2000년 대우중공업. 2000년~2005년 바이오메드랩. 2005년~현재 전북대학교 바이오메디컬공학부 교수. 관심분야는 원격재활 및 재활시스템, 임베디드 시스템.



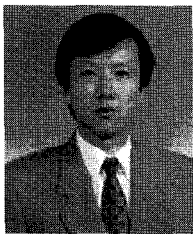
양 윤 석

2002년 서울대학교 의용생체공학과 졸업(박사). 2002년~2005년 한국전자통신연구원(ETRI). 2005년~현재 전북대학교 바이오메디컬공학부 교수. 관심분야는 human computer interface, embedded system, neural engineering.



김 정 자

1997년 전남대학교 전산통계학과 졸업(박사). 1990년~2006년 전남대학교 컴퓨터정보공학부 외래교수. 2002년~2004년 전남대학교 전자통신기술연구소 연구원. 2004년~2006년 전남대학교 BIT 사업단 연구교수. 2006년~현재 전북대학교 바이오메디컬공학부 교수. 관심분야는 data mining, bioinformatics.



김 남 균

1981년 전북대 기계공학과 졸업. 1983년 동 대학원 석사. 1987년 프랑스 스트라스부르크 대학 박사. 1988년~현재 전북대학교 의과대학 의학과 겸직교수. 1998년~현재 전북대학교 바이오메디컬공학부 교수. 관심분야는 평형감각 및 재활 시스템.