

치매노인의 맥박측정을 위한 치료적 인형의 설계 및 제작

차지영^a, 원승묵^b, 이진규^b, 김성걸^{b*}

Design and Manufacture of Therapeutic Dolls for Pulse Measurement of Elderly Patients with Dementia

Chiyong Cha^a, Seungmook Won^b, JinKyu Lee^b, Seong Keol Kim^{b*}

a Division of Nursing Science College of Health Sciences, Ewha Womans University,
52, Ewhayeodae-gil, Seodaemun-gu, Seoul 03760, Korea

b Department of Mechanical System Design Engineering, Seoul National University of Science and Technology,
232, Gongneung-Ro, Nowon-Gu, Seoul 01811, Korea

ARTICLE INFO

Article history:

Received 27 August 2015
Revised 15 September 2015
Accepted 21 September 2015

Keywords:

Therapeutic dolls
Dementia
Aggression
Nursing facilities
Embedded board

ABSTRACT

For a long time, therapeutic dolls have been provided to elderly patients with dementia as a non-drug therapy in several western countries. These dolls are made to resemble newborn babies. Touching the dolls and singing lullabies remind the elderly of taking care of their babies. These actions are effective in decreasing anxiety and reducing aggression, particularly, in the elderly with dementia. These dolls also help them to adapt to new places such as nursing facilities. This work proposes the installation of advanced systems in therapeutic dolls to aid the medical treatment of dementia patients by stabilizing their physical and mental health.

1. 서론

오래전부터 복지 선진 국가에서는 비약물 요법으로 치료적 인형이 치매 노인들에게 제공되어 왔다. 치료적 인형이란 미국 Dollz4 Alzheimers, Inc 비영리단체에서 제작되는 인형으로써, 약 3.4 kg 정도로 신생아 무게와 비슷하며, 아기를 안고 만졌을 경우 실제 아기를 안는 느낌을 주기 위해 최대한 피부와 비슷하고 부드럽게, 머리카락 질감도 신생아와 흡사하게 제작되었다. 또한, 인형이 눈을 감고 있을 경우, 치매 노인들이 아기가 사망했다고 착각함으로써, 정서 안정에 도움이 안 된다는 보고가 있어 눈을 감고 뜰 수 있게 제작되었다^[1]. Fig. 1에서 보는 것처럼 치료 인형을 만지거나 안고

자장가를 불러주는 등의 돌봄을 통해서 과거에 자신의 아이를 돌보았던 장기기억과 경험을 떠오르게 해주고, 불안 감소 및 공격적 행동의 감소 등의 효과를 보여주어, 특히 치매노인들에게 그 의미가 크다는 것이 연구되어지고 있다^[2]. 그리고 노인 요양시설이라는 새로운 곳에 입소하는 노인들에게도 치료적 인형을 제공하는 것이 새로운 환경 적응에 도움을 준다고 보고되었다^[3].

그러나 국내에서는 치매에 관한 역학조사가 거의 이루어지고 있지 않아 신뢰성 있는 치매 유병률조차도 알 수 없는 것이 현실이기 때문에 치료법도 약물요법 중심의 치료만 이뤄지고 있다. 약물요법 위주의 치료를 통한 치매 환자들의 일상수행능력, 문제행동 감소, 정서기능 및 자이존중 향상 등이 일부 보고되었으나^[2] 이 또한 일

* Corresponding author. Tel.: +82-2-970-6855

Fax: +82-2-974-8270

E-mail address: rhett@snut.ac.kr (Seong Keol Kim).



Fig. 1 Therapeutic doll

관성이 제시되지 않았으며 연구 대상이 주로 지역사회 중심의 노인을 중심으로 한 연구였기 때문에 노인요양시설의 치매 노인을 대상으로 중재 프로그램의 효과를 본 연구는 전무한 상태이다.

이러한 치매 치료에 대한 국내외의 상황을 인식할 때, 고령화 사회에 진입하며 증가하고 있는 치매 노인들에게 정신적 및 신체적으로 무리가 가는 약물요법 보다 비약물 요법으로 치료를 할 수 있게 도와줘야 한다. 또한 외국의 연구사례^[3,4]를 바탕으로 치료적 인형이 가지고 있는 장점인 실제 아기와 비슷한 외형과 무게를 그대로 유지하고 치매노인들의 건강상태를 알 수 있게 기계공학적인 기능을 추가하여, 단순히 노인들의 정신적 안정만 보장하는 것이 아니라 신체적 변화를 감지하여 환자에게 돌발적으로 일어날 수 있는 상황에 대처할 수 있도록 하는 것이 본 연구의 목적이다.

2. 치료 및 측정적 인형 개요

2.1 치료적 인형의 구성

본 인형은 Fig. 2의 순서로 작동하게 된다. 첫째 인형 눈에 장착된 카메라를 통해, 치매노인이 인형을 안고 쳐다보고 있을 때 주기적으로 맥박을 측정한다. 맥박 측정 어플리케이션을 이용하여 이상 데이터가 측정 되었을 때 블루투스(bluetooth) 기능으로 지정된 스마트폰에 데이터를 전송하여 알람이 울리게 하였다.

치료적 인형은 크게 인형, 하드웨어 그리고 소프트웨어로 나눌 수 있다. 사용된 인형은 Adora사의 나타샤(natasha)이며, Fig. 3에서 알 수 있듯 동양아기를 기반으로 제작되었다. 실제 아기와 비슷한 무게를 가지는 것이 이 인형의 장점이기 때문에 인형내부에 들어가는 하드웨어의 임베디드 보드와 웹캠의 무게만큼 내부에 있는 추를 제거하여 실제 아기와 비슷한 무게를 가질 수 있도록 하였다. 임베디드 보드를 구성하는 케이스를 제작하여 인형의 몸체 내부에 설치하고 웹캠은 인형의 눈에 위치하여 치매노인들이 인형을 안고 있을 때 얼굴정보를 쉽게 받을 수 있게 하였다. 획득된 정보들은 메인보드에 전송되어 맥박을 측정하고 다른 디바이스에 전송하여

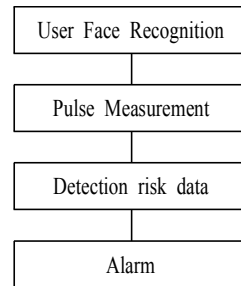


Fig. 2 Outline of operation of a therapeutic doll



Fig. 3 Natasha of adora



Fig. 4 Positioning of web cam in doll's eye

이상상태가 측정되는 즉시 알람이 울리도록 하는 시스템을 구성하고 있다. 치매노인들이 인형을 돌보기 위해서는 휴대성이 있어야 하므로 내부에 배터리를 사용하여 전원을 내부에서 공급하도록 구성이 되어있다.

3. 하드웨어

하드웨어를 구성하고 있는 임베디드 보드는 웹캠으로 처리된 자

료를 바탕으로 맥박 값을 처리하여 실시간으로 데이터를 전송해야 한다. 이 작업에서 중앙처리장치(CPU)역할을 담당하면서 메인 보드로 사용되는 것은 ODROID-U3이다. 이 보드는 안드로이드 및 리눅스 운영체제를 사용하는 라즈베리파이(0.7 GHz), 비글보드(0.72 GHz) 같은 다른 싱글 보드와 달리 Table 1에 제시된 성능을 기준으로 했을 때 기존 스마트 폰과 거의 동일한 1.7 GHz 쿼드코어 중앙처리장치를 사용함으로써 안드로이드 어플리케이션이 원활

Table 1 Specifications of ODROID-U3^[9]

Processor	Quad-Core 1.7 GHz Samsung Exynos 4412
RAM	2 GB
Size	83 × 48 mm
Mass	48 g
Operation system	Android 4.x
USB	2.0 × 3
Battery	3.7 V - 1500 mAh × 2
Communication	Bluetooth/LAN (10/100 Mbps)



Fig. 5 ODROID board in case of a therapeutic doll

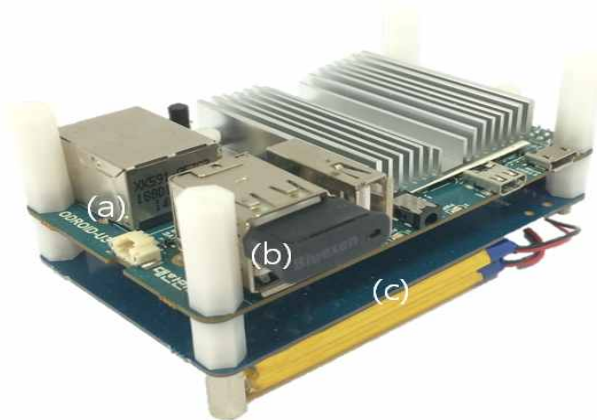


Fig. 6 Embedded board with ODROID-U3: (a) ODROID-U3, (b) bluetooth dongle, (c) battery

하게 실행시키기에 적합한 성능을 가지고 있다. 또한 3개의 USB 포트가 지원되어 ODROID 전용 USB 웹캠과 블루투스 동글 (bluetooth dongle)을 부착하여 맥박 측정 어플리케이션을 이용하여 치매 노인의 맥박을 측정하고, 사용자에게 맥박 측정 데이터를 블루투스로 전송하여 사용자에게 이상 맥박 측정 시 알릴 수 있도록 하였다.

Fig. 5는 인형 안에 들어가는 케이스와 임베디드 보드이다. 인형의 몸체에 충전되어있는 솜과 임베디드 보드를 분리해놓기 위한 용도의 케이스는 100 mm×70 mm×55 mm의 크기로 인형의 몸체 안에 설치 및 충전 혹은 외부장치와 연결이 용이하도록 주요 포트의 부분과 냉각을 위한 방열판 주위는 구멍이 뚫려있다. Fig. 6은 ODROID-U3를 탑재하여 구성된 임베디드 보드이다. Fig. 6(a) 부분이 메인인 되는 ODROID-U3보드이며 Fig. 6(b)는 무선통신을 가능하게 해주는 블루투스 동글이다. Fig. 6(c) 부분은 배터리로 치매노인들이 인형을 돌보기 위해서는 휴대성이 있어야 하므로 임베디드 보드에 공급되는 전력은 배터리를 사용하여 전원을 내부에서 공급하도록 구성이 되어있다. 장착되어있는 배터리는 완전 충전했을 경우에 유휴상태 6시간, 맥박 측정 시 3시간 동안 작동할 수 있는 용량이다.

4. 소프트웨어

4.1 PULSE^[5]

PULSE는 안드로이드 스마트폰을 표준으로 하여 제작되었으며 Fig. 7은 어플리케이션의 작동 순서를 나타내고 있다. Fig. 8에 서처럼 OpenCV 라이브러리^[6-8]를 이용하여 카메라에 인식된 사람의 얼굴 화면을 순간 또는 연속적으로 잡아내어 얼굴의 붉은 색 차이를 이용하여 맥박을 측정한다. 다른 안드로이드 어플리케이션은 맥박을 측정하기 위해 카메라에 손을 댄 뒤 스마트폰의 내장

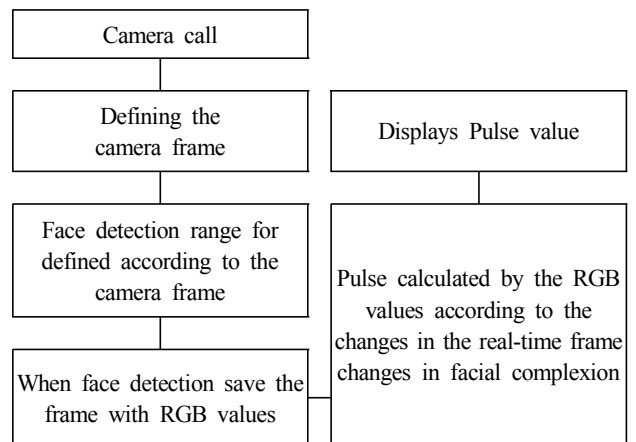


Fig. 7 Pulse application



Fig. 8 Eulerian video magnification^[10]

```
void Pulse::bpm(Face& face) {
    PROFILE_SCOPED();

    dft(face.pulse, powerSpectrum);

    const int total = face.rows;

    // band limit
    const int low = total * 40./60./currentFps + 1;
    const int high = total * 240./60./currentFps + 1;
    powerSpectrum.rowRange(0, min((size_t)low, (size_t)total)) = ZERO;
    powerSpectrum.pop_back(min((size_t)(total - high), (size_t)total));

    // power spectrum
    pow(powerSpectrum, 2, powerSpectrum);

    if (!powerSpectrum.empty()) {
        // grab index of max power spectrum
        int idx[2];
        minMaxIdx(powerSpectrum, 0, 0, 0, &idx[0]);

        // calculate BPM
        face.bpm.push_back<double>(idx[0] * currentFps * 30. / total); // constant 30 = 60 BPM / 2
    }

    // update BPM when none available or after one second
    if (face.bpm == 0 || (now - lastBpmTimestamp) * 1000. / getTickFrequency() >= 1000) {
        lastBpmTimestamp = getTickCount();

        // average calculated BPMs since last time
        face.bpm = mean(face.bpms)(0);
        face.bpms.pop_back(face.bpms.rows);

        // mark as no pulse when BPM is too low
        if (face.bpm <= 40) {
            face.existsPulse = false;
        }
    }
}
```

Fig. 9 C code program of pulse by android system

플래시를 이용해 손가락이 순간 변화하는 색을 이용하여 측정한다. 치매노인을 위한 인형에 빛이 나오는 것은 치료적으로 이용하는 것에 치명적일 수 있으므로, 본 연구에는 빛이 나오지 않고 카메라만 이용하여 맥박 측정하는 어플리케이션을 이용하였다. 이 어플리케이션은 카메라의 정보를 불러온 후 카메라에 맞춰 얼굴 인식 범위를 정의한다. 그 후 인식 범위 내 측정자의 얼굴 혈색의 대한 정보를 저장하고 당시 프레임은 RGB값으로 변환한다. 이후에 연속적으로 촬영된 측정자의 얼굴 혈색과 초기에 측정된 얼굴 혈색정보를 프레임 수의 상태에 따라 프레임의 RGB값을 Fig. 9인 C언어 기반 맥박 계산식을 이용하여 계산한다. 계산된 맥박은 숫자로 수치 값이 표시되며, 수치 값의 변화에 따라 맥박 값을 진폭을 이용하여 표현한다.

4.2 임베디드 시스템

PULSE 어플리케이션은 본래 안드로이드 스마트폰에 맞춰 제작되었기 때문에 임베디드 보드 구성에 맞추기 위하여 코드를 추가 보완 하였다. 스마트폰의 카메라를 대체하기 위하여 임베디드 보드에 USB형식의 웹캠을 추가하였고, 어플리케이션이 웹캠을 스마트

```
if (face.existsPulse()) {
    final double bpm = face.getBpm();
    final double[] signal = face.getPulse();
    runOnUiThread(new Runnable() {
        @Override
        public void run() {
            int bpmint=(int) bpm;
            bpmView.setBpm(bpmint); // 맥박 표시값

            if(mChatService.getState() == BluetoothChatService.STATE_CONNECTED){
                sendMessage(bpmint+"");
                // 맥박 표시값 블루투스 전송
            }

            pulseView.setPulse(signal);
        }
    });
}
```

Fig. 10 Pulse value transmitted using Bluetooth code^[11]

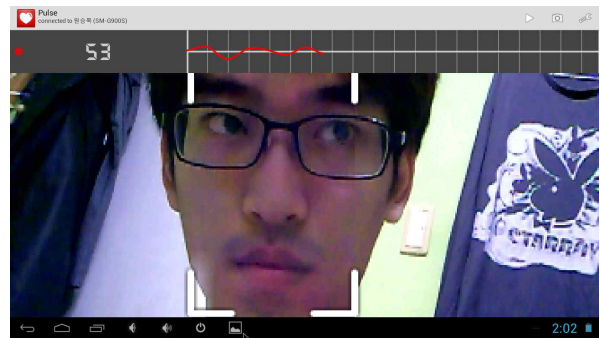


Fig. 11 Display of PULSE application

폰 카메라로 인식하기 위하여 기존 코드의 카메라 인식 부분 코드를 임베디드 보드에 맞춰 수정하였다. 스마트폰과 달리 임베디드 보드는 개발자용 보드여서 통신망을 이용할 수 없으므로, 사용자에게 맥박 측정값을 송신할 수 없었다. 이러한 이유로 임베디드 보드에 USB형식의 블루투스 송신기를 추가하여 통신망을 사용하지 못하는 대신 블루투스 연결을 통해 Fig. 10와 같이 이용하여 맥박 측정 결과 값을 블루투스를 지원하는 다른 기기에 송신 할 수 있도록 보완하였다. 맥박 값은 측정자의 얼굴이 인식되어 맥박 값을 계산하고 나서 블루투스로 연결된 기기가 있을 때, 실시간으로 맥박 값을 수신하는 블루투스 기기에 전송한다. Fig. 11은 시스템의 프로그램이 얼굴을 감지하여 맥박을 측정하는 화면이다.

4.3 위험 맥박수 경보기(risk pulse observer)

위험 맥박수 경보기는 맥박 측정값을 수신하는 어플리케이션이며 실행 대상 기기를 스마트폰으로 지정하여 제작되었다. PULSE 어플리케이션과 다른 실제 맥박 측정기기와의 차이점을 줄이기 위하여 다수의 실험 후 결정된 PULSE 어플리케이션의 맥박 보상 값 16을 더해서 Fig. 12와 같이 블루투스로 전송받은 맥박 값에 추가하여 표시 할 수 있도록 하였다. 맥박 측정값을 어플리케이션이 전송 받았을 경우 실시간 맥박 측정값을 표시하도록 하였다. 위험 맥박수 경보기를 실행 후 언제든 다시 PULSE 어플리케이션과 블루투스 연결을 할 수 있도록 또는 새로운 기기를 맥박 측정 어플리케이션과 연결하기 위하여 블루투스 송신 호출 버튼을 제작하여,


```

case MESSAGE_READ:
byte[] readBuf = (byte[]) msg.obj;
String readMessage = new String(readBuf, 0, msg.arg1);
//수신 받은 맥박값을 String으로 저장
int k=Integer.parseInt(readMessage);
//맥박값을 int형으로 저장
int gap = k + 16 ;
//맥박 수신값에 보상값 16을 더함
String bpmView = String.valueOf(gap);
//보상값까지 계산된 맥박값을 다시 String형으로 변환
tx1.setText(bpmView);
//최종 맥박값을 표시
    
```

Fig. 12 Compensation value code

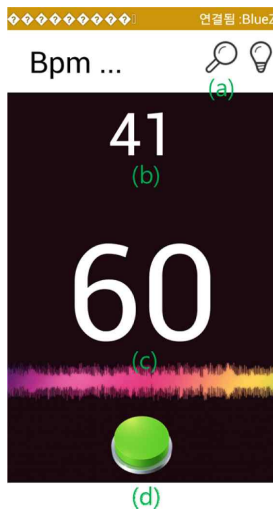


Fig. 13 Operation process of risk pulse observer: (a) connect to pulse APP, (b) display the risk pulse, (c) display the real-time pulse, (d) stop alarm

```

if(gap<45 ||gap>105){
tx2.setText(gap+"");
if(!mp.isPlaying()){
try {
mp.prepare();
} catch (IllegalStateException e) {
// TODO Auto-generated catch block
e.printStackTrace();
} catch (IOException e) {
// TODO Auto-generated catch block
e.printStackTrace();
}
mp.start();
}
}
    
```

Fig. 14 Functions of display of measured data and alarm code

사용자가 원하는 시간에 맥박 측정값을 확인 할 수 있도록 하였다. 그에 따른 어플리케이션 실행 화면은 Fig. 13과 같다. 또한 Fig. 14과 같이 다른 맥박 측정 어플리케이션의 이상 맥박 값을 위험 맥박수 경보기에 맞춰 보상 값을 계산한 후, 블루투스를 통해 이상 맥박 측정값이 전송되었을 경우 이를 통지하기 위하여 알람이 울리도록 하였다. 또한 이상 맥박 측정값을 실시간 맥박 측정값과 동일하지 않도록 표현하였으며 이상 맥박 측정값을 알람을 통해 전달받

```

private static final UUID MY_UUID_SECURE =
UUID.fromString("8ce255c0-200a-11e0-ac64-0800200c9a66")
private static final UUID MY_UUID_INSECURE =
UUID.fromString("fa87c0d0-afac-11de-8a39-0800200c9a66")
    
```

Fig. 15 Bluetooth UUID code



Fig. 16 Mio ALPHA heart rate sport watch



Fig. 17 Measurement of pulse with the SeoulTech system

아 확인하였을 경우 알람은 종료가 되어야하므로, 알람 종료 버튼을 탑재하여 이상 맥박 측정값을 표시함과 동시에 연속적으로 이루어지는 알람을 종료할 수 있도록 하였다. 블루투스 전송 및 수신시에는 보안 문제와 송수신 양호문제가 발생할 수 있는데 이를 보안하기 위해 Fig. 15와 같이 UUID를 이용하여 맥박 측정 어플리케이션과 맥박 수신 어플리케이션과의 연결 문제가 없도록 하였으며 블루투스 연결 제한은 한 개의 기기만 사용할 수 있도록 하였다.

5. 맥박 측정

실제 안드로이드 시스템과 연계가 가능한 손목에 착용하는 접촉 맥박 측정기기인 Fig. 16의 ALPHA heart rate sport watch와 비접촉 PULSE 어플리케이션의 측정 맥박 값을 비교하였다. Fig. 17

Table 2 Comparison of application and watch pulse

(a) 172 cm 53 kg male (27 old)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Avg
App	51	58	62	46	49	66	67	49	50	63	55.33
Watch	83	81	81	79	77	80	84	88	84	87	81.89
(b) 182 cm 73 kg male (27 old)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Avg
App	69	83	103	90	72	73	93	79	54	95	79.56
Watch	91	92	93	88	89	96	88	96	91	91	91.56
(c) 180 cm 71 kg male (28 old)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Avg
App	65	75	665	64	55	48	55	63	55	52	60.56
Watch	73	75	75	68	69	68	72	70	66	66	70.67
(d) 177 cm 81 kg male(30 old)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Avg
App	58	46	57	50	55	54	59	51	53	59	53.67
Watch	68	65	67	70	73	76	73	63	67	64	69.11

처럼 인형을 안고 눈을 마주치게 되면 맥박측정이 시작된다.

맥박 측정 시에 실제 어플리케이션과의 비교 측정 시 차이가 크게 나는 사람과 차이가 적은 사람이 있었는데, 이는 측정 하는 인원에 따라 어플리케이션이 얼굴을 인식하는데 있어 차이가 발생하여 오차가 발생하였다. Table 2는 ALPHA heart rate sport watch를 통하여 어플리케이션과의 측정값을 비교한 것으로 피실험자는 손목에는 맥박측정 시계를 착용하고 인형을 안고 있는 상태에서 동시에 두 측정기기를 통하여 맥박 값을 확인하였다. 피실험자 모두 측정 10분전부터 의자에 편안 자세로 앉아있는 상태로 1분 동안 평균 맥박을 10회 측정하였다.

(a) 실험자의 경우 26의 오차가 발생하였으며 (b), (c), (d)의 경우 각각 12, 10, 16의 오차가 발생하였다. 오차의 평균을 계산하였을 시 어플리케이션이 약 16 정도 값이 떨어지는 것으로 확인되었으며 이 실험을 바탕으로 위험 맥박수 경보기에서 측정하는 값에 보정 값 16을 더하여 표시되는 맥박 값이 ALPHA heart rate sport watch의 맥박 값과 가지는 오차가 줄어들게 되었고, 그만큼 어플리케이션의 맥박측정값에 대한 신뢰도가 높아졌다.

6. 결론

치매노인의 심신 안정을 위한 치료적 인형에 카메라를 이용하여 맥박을 측정할 수 있는 비접촉식 맥박측정 어플리케이션을 개발하였다. 이는 치매 노인들의 맥박을 측정하기 위해 별다른 행동이나 제약 없이 인형을 돌보고 있을 때 자동적으로 측정할 수 있도록 하는 것이다. 이러한 목표를 가지고 실제 인형의 눈에 해당하는 부

분에 카메라를 장착하였다. 또한 PULSE 어플리케이션은 openCV와 안드로이드 시스템의 얼굴감지를 이용하여 측정하는 프로그램이다. 하지만 얼굴감지 범위가 작고 실제 작동에서는 프레임 저하를 원인으로 정밀도가 떨어졌다. 코드를 수정하여 얼굴인식 범위를 넓혀 정확도를 상승시켰고, 성능이 좋은 중앙처리장치의 선택으로 프로그램 연산속도를 높혀 프레임이 저하되는 것을 방지하고, 맥박 측정기기와 실험값을 비교하여 보정해줌으로써 정밀도를 상승시켰다.

본 연구에서 개발된 시스템을 사용하여, 치매노인들의 건강상태를 파악하고 위험상황에서 신속한 대처가 이루어지도록 도움을 줄 수 있을 것이고, 또한 요양시설에 낮은 환경에 적응을 도와주는 매개체가 될 수 있을 것이라고 사료된다. 본 연구를 통해 치료적 인형이 치매노인의 치료에 도움을 줄 것으로 생각하며, 치매노인이나 장애노인의 심신 안정 및 건강에 기여하고자 한다.

후기

본 연구는 서울과학기술대학교 교내 일반과제 연구비 지원으로 수행되었습니다.

References

- [1] James, I. A., Mackenzie, L., Mukaetova-Labinska, E., 2006, Doll Use in Care Homes for People with Dementia, International Journal of Geriatric Psychiatry, 21:11 1093-1098.

- [2] Wisniewski, T. M., Sadowski, M., 2004, 100 Questions & Answers About Alzheimer's Disease, Jones&Bartlett Pub, Canada.
- [3] Han, K. H., Kim, O. T., Kim, J. S., Jung, E. H., Choi, J. M., Kim, D. N., Kim, I. S., Sim, Y., Cho, M. H., Hwang, T. J., 2004, The Study of Senile Dementia, Kyomunsa, Seoul.
- [4] Cho, Y. H., 2006, Dementia Care theory, Jipmoondang, Seoul.
- [5] Chambino, P., 2013, Android-based Implementation of Eulerian Video Magnification for Vital Signs Monitoring, A Thesis for a Doctorate, University of Porto, Portugal.
- [6] Laganiere, R., 2011, OpenCV 2 Computer Vision Application Programming Cookbook, Packt Publishing, Birmingham.
- [7] Kim, D. K., 2011, OpenCV Programming, KAME, Korea.
- [8] Kim, D. K., 2014, OpenCV Computer Vision Programming: Motion Detection/Tracking&Camera Calibration, KAME, Korea.
- [9] Hardkernel, n.d., viewed 1 August 2014, <http://www.hardkernel.com/main/products/prdt_info.php?g_code=G138745696275>.
- [10] Michael Rubinstein et al, 2013, Eulerian Video Magnification for Revealing Subtl Changes in the World, Science, 339:6119 518-519.
- [11] Meier, R., 2010, Professional android 2 application development, Wrox.