Journal of the Korean Society
of Clothing and Textiles
Vol. 31, No. 2 (2007) p.292~299

ECG 생체신호 측정을 위한 실용적 U-헬스케어 의복개발

박혜준 · 홍경희† · 김승환* · 신승철*
충남대학교 생활과학대학 의류학과, *한국전자통신연구원

Development of the Practical Garment Apparatus to Measure Vital Sign of ECG for U-Health Care

Hyejun Park · Kyunghi Hong† · Seung-Hwan Kim* · Seung-Shul Shin*
Dept. of Clothing & Textiles, Chungnam National University
*Electronics and Telecommunications Research Institute
(2006. 8. 23. 접수)

Abstract

Development of portable device measuring the vital sign continuously with no limit of time and space is absolutely prerequisite for the U-health care that grafts the ubiquitous concept into medical system. Accordingly, it requires to develop a garment style apparatus for measuring vital-sign that is easy to wear on for a long time period. This study suggests a method to improve the insulation of electric cable and the skin adhesion of electrode by integrating the electric conductive material to garment, in order to develop a garment apparatus for measuring ECG for U-health care. Results of the research are as follows; In order to provide the adjacent conductive yarns with insulation, braid with narrow woven end was interlaced using polyester yarn. As a result, the direct contact between electric conductive yarns was restrained, which would be interposed into pin-tuck structured cable. Washable silicone gel applied around the electrode made of electric conductive fabric improved the adhesion, which prevents electrodes from dropping off from the skin surface during body movement. ECG signals on the human subject were tested using the garment apparatus developed by the above method. And the result was that the clear QRS wave formation in the typical form of ECG could be measured in both conditions of still and moving state as well. The result of this study is expected to contribute for the production of U-health care related medical apparatus by accelerating the practical uses of the garment measuring vital sign at a reasonable price.

Key words: U-healthcare, Vital-sign, Garment apparatus, Electric conductive material, Textile electrode; U-헬스케어, 생체신호, 의복장치, 전기 전도성 소재, 직물전극

I. 서 론

경제 수준 및 의료 기술의 향상으로 건강에 대한 개인의 관심이 고조되어 있다. 또한 우리나라 노인인구의 비율이 2001년에 7%를 넘어 현재 고령화 사회로 진입하면서 사회가 부담해야 할 노인인구의 의료비용이 급증하고 있다("고령화 사회", 2003). 이러한 건강에 대한 관심을 충족시키면서 의료비용의 부담을 줄이기 위해, 개인의 건강관리에 유비쿼터스 개념을 도입하는 u-헬스케어(Ubiquitous Health Care) 시스템이 해결책으로 대두되고 있다(김희찬, 2005; 신승철 외, 2004; 이태수, 2004).

U-헬스케어란 의료 시스템에 정보 및 무선통신기술과 네트워크 인프라를 확충하여 시간과 공간의 제

†Corresponding author
E-mail: khhong@cnu.ac.kr
본 연구는 2005년도 정보통신부의 재원으로 한국전자통신연구원의 지원을 받아 수행되었음(1010-2005-0065).

약 없이 의료 서비스를 제공하는 시스템을 말한다. 이와 같이 시간과 공간의 제약에서 자유로운 u-헬스케어 시스템을 구축하기 위해서는 생체신호를 연속적으로 측정할 수 있는 휴대 장치의 개발이 전제되어야 한다. 따라서 의복에 일체화된 형태를 지니고 있어 일상생활에서 장시간동안 부담 없이 입을 수 있는 착용형 생체신호 측정기기가 이상적이다.

생체신호 측정용 의복은 2001년에 타임지의 최고 혁신적 발명품으로 선정한 스마트 셔츠(Lind et al., 1998)를 시작으로, VTAMN garment(Noury et al., 2004), Vivomatrics의 LifeShirt™(Levy et al., 2004), WEALTHY garment(Paradiso et al. 2005; Scilingo et al., 2005) 등의 연구가 활발하게 진행되고 있다. 국내의 경우, 정보통신분야를 비롯하여 센서설계, 신호분석 등의 분야에서는 휴대용 생체신호 측정 및 시스템에 관한 연구는 활발하게 이루어지고 있으나(김형배 외, 2005; 백승제 외 2004; 이건기 외, 2004; 이상복 외, 2005), 이러한 연구결과물들을 의복과 일체화시키는 방법에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 또한 생체신호 측정의복에 관한 연구는 군인용, 엔터테인먼트용으로 생체신호 기능이 첨가된 의복의 사용성 또는 측정기기의 탈부착 및 수납방식에 관한 내용이 주를 이루고 있어(박선형 외, 2005; 육형민 외, 2003; 육형민 외, 2004; 조현승 외, 2005), 의료 시스템과 연계시킬 수 있는 생체신호 측정용 의복을 개발하기 위한 일체화시키는 방법에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 의복으로서의 착용감을 고려하면서 u-헬스케어를 위한 신호측정의 안정성과 효율성을 확보할 수 있는 생체신호 측정기기와 의복의 일체화에 대한 연구가 절실히 요구된다.

최근 생체신호 측정기기와 의복의 일체화를 촉진시키는 방법으로 측정기기의 일부를 전기 전도성 소재로 대체하는 방법이 대두되고 있다(Linz et al., 2005; Post et al., 2000). 그러나 의복과 일체화를 위해서는 전기 전도성과 같은 전기적 성질뿐만 아니라 고속의 봉제에서도 소재 자체나 전기적 성질의 연속성이 끊어지지 않을 정도의 강도와 유연성과 같은 기계적 성질이 필요하다. 그러나 현재 시판되고 있는 전기 전도성 소재는 전기적 성질과 기계적인 성질을 적절하게 양립시키는데 어려움이 있어 봉제성이 떨어지는 단점이 있다. 특히 생체신호 측정용 의복은 인체와 접촉하는 내의형태이므로 외의 소재와 비교하여 얇고 부드러워, 전기 전도성 소재를 의복과 일체화시킬 때 봉제가 중요한 문제가 된다. 이러한 전도성 실의 단점을 보완하기 위해 곡선 핀턱에 전도성 실을 삽입한 형태의 전송선로와 같이 간단한 봉제방법을 활용하려는 시도가 이루어진 바 있다(박혜준, 2006). 핀턱을 이용한 전송선로는 봉제성 향상 외에도 일체화 공정의 단순화, 착용감 저하억제, 의복소재의 신장 대응, 세탁성 및 내구성 증진 등의 측면에서 우수하여 의복구성학이나 사용성 관점에서 바람직한 접목방법이라 할 수 있다. 그러나 전술한 일체화 방법만으로는 전기 전도성 소재를 이용한 전송선로의 절연과 전극의 피부 밀착에 대한 문제점이 해결되지 않고 그대로 남아있다.

이에 본 연구에서는 첫째 생체신호 전송선로를 구성하는 전기 전도성 실사이의 접촉 및 외부와의 접촉과 땀 등의 인체 분비물에 의한 노이즈를 최소화하기 위한 절연방법을 제안하여 측정의 안정성을 향상시키고자 한다. 둘째 생체신호 전극이 인체의 일상적인 움직임이나 자세변화에 의해 피부에서 탈락되거나 미끄러지는 것을 억제하기 위한 밀착성 유지방법을 개발하여 측정의 효율성을 확보하고자 한다. 셋째 이상의 일체화 방법을 이용하여 제작한 u-헬스케어를 위한 심전도 측정용 의복의 착용감 및 타당성을 검증하고자 한다.

II. 연구방법

U-헬스케어를 위한 착용형 생체신호 측정시스템은 전자통신연구원 기반기술연구소의 센서정보처리팀이 제안하였으며, 본 연구에서는 이 시스템의 착용형 생체신호 측정 장치를 구성하는 심전도 측정용 의복의 착용감과 측정효율을 향상시키는 방법을 제안하였다.

연구방법에서는 먼저 u-헬스케어를 위한 착용형 생체신호 측정시스템의 개요와 생체신호 측정부위 즉 심전도 측정부위에 대하여 설명하고자한다. 그리고 심전도 측정용 핀턱전송선로를 구성하는 전기 전도성 실의 절연성 및 직물전극의 밀착성 향상을 위해 사용되는 소재의 특성도 제시하였다.

1. U-헬스케어 생체신호 측정시스템

U-헬스케어의 착용형 생체신호 측정시스템의 개요를 <Fig. 1>에 제시하였다(신승철 외, 2004). 이 시스템은 생체신호 측정용 의복(Garment apparatus for measuring bio-signal), Personal bio-signal monitor (PBM), Monitoring device으로 Personal digital assis-

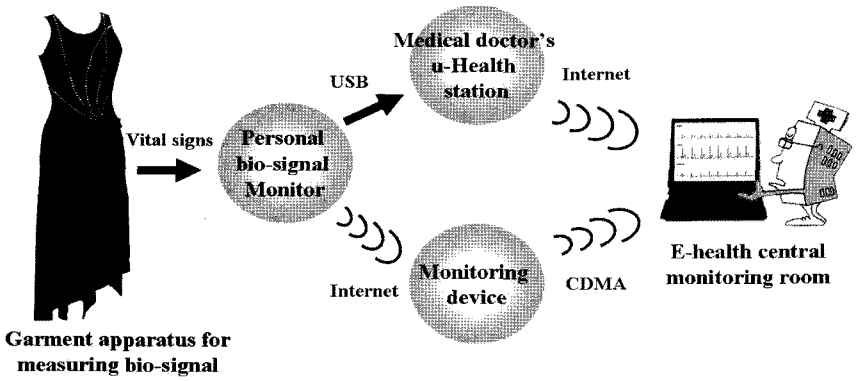

Fig. 1. Scheme of system garment apparatus for U-healthcare(Source: 신승철 외, 2004).

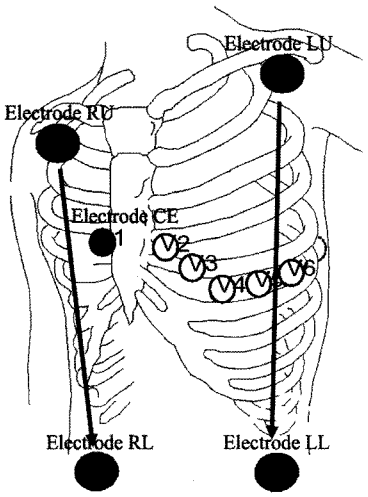

Fig. 2. Attach points of ECG electrode.

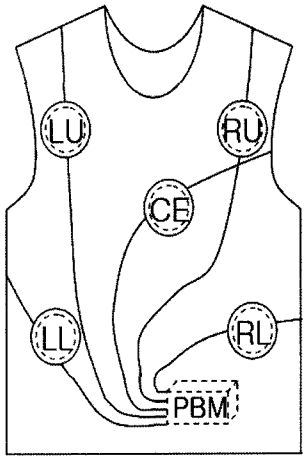

Fig. 3. Array of electric cables(Source: 박혜준, 2006).

tant(PDA), Medical doctor's e-health station(MES) 그리고 E-health central monitoring room으로 구성된다.

생체신호 측정용 의복에는 심전도와 같은 생체신호를 감지할 수 있는 전극 및 전송 선로들을 부착한다. PBM은 생체신호 측정용 의복을 통하여 들어오는 생체신호를 계측하는 장치로, 무선통신 모듈을 이용하여 데이터를 전송한다. 전송된 생체신호 데이터는 Monitoring device에 해당하는 PDA에서 간단한 응급상황 판단 알고리즘을 수행하고 데이터를 ECMR로 전송한다. ECMR은 전송된 데이터를 자동 분석하여 응급상황 등을 사용자의 PDA 또는 응급구조센터로 연결한다. 또한 MES는 응급환자 및 일반 환자들이 일상생활에서 기록한 PBM의 생체신호를 의료진이 사무실에서 판독할 수 있도록 하는 시스템이다.

2. 심전도 측정부위 및 전송선로 배열

<Fig. 2>에는 심전도 측정부위를 인체의 뼈를 기준으로 나타내었다. 검은색 원으로 표시된 5부위에 심전도 측정전극을 부착하였다. <Fig. 3>에는 <Fig. 2>를 기준으로 하여 정해진 심전도 전극의 의복에서의 위치와 이들 전극을 PBM에 연결하는 곡선핀턱 전송선로의 배열을 나타내었다(박혜준, 2006).

3. 소재의 특성

1) 의복용 직물

<Table 1>에는 심전도 측정용 의복의 소재 특성을 나타내었다.

Table 1. Characteristics of material for garment apparatus for measuring bio-signal

Composition(%)		Weight(g/m^2)	Density(per 5.0cm)		Thickness(mm)
Polyester	95.9	251.8	Wale	103.4	0.57
Nylon	4.1		Course	133.6	

Table 2. Characteristics of conductive yarn

Composition(%)	Denier	Elongation rate(%)	Electrical resistance(Ω/m)
Stainless steel 100	4,500	1	18

Table 3. Characteristics of conductive fabric

Composition	Thickness (mm)	Electrical resistance (ASTM 390)	Weight (oz/yd^2, LT500)	Tensile strength (lb/in, ASTM5035)
Ni/Cu Polyester	0.152	<0.07	2.2-3.3	50/75

2) 전송선로용 전기 전도성 실

생체신호 전송선로를 구성하는 전기 전도성 실은 선행연구(박혜준, 2006)에서 마찰에 따른 표면특성과 전기저항의 변화가 적은 스테인리스 스틸사(Bekaert Co. Ltd, Belgium)를 선택하였으며, 물리적인 특성을 <Table 2>에 나타내었다. 이 전기 전도성 실은 간단한 직조를 통하여 세폭직물로 만들어진 후 핀턱형태의 전송선로에 삽입되어 신호 전달의 절연성 향상을 시도하였다.

3) 전극용 전기 전도성 직물

기존의 ECG 측정용 전극을 전기 전도성 직물(Laird Technology, USA)로 대체하기 위하여 전기 저항, 봉제성, 표면특성 등을 고려하여 선택하였으며 그 특성은 <Table 3>에 나타내었다. 이 전기 전도성 직물을 이용한 심전도 측정용 직물전극은 전극 주위에 실리콘 겔을 도포하여 장시간 착용에 의한 피부트러블 및 움직임에 의한 밀착성 저하억제를 도모하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 전송선로의 절연성향상

생체신호 측정용 의복에서 생체신호 전송선로는 측정용 전극이 감지하는 생체신호를 측정하고 분석 장치에 전달하는 역할을 한다. VTAMN garment(Levy et al., 2004; Noury et al., 2004), WEALTHY garment (Paradiso et al., 2005)의 전송선로는 전기 전도성 소재를 직조과정에서 삽입하여 만들어진다. 이 방법은 의복과 측정기기의 일체화 측면에서는 착용감 저하를 억제하는 장점을 지닌다. 그러나 설계 단계에서 사전에 의복소재의 신장 특성 및 착용자의 체형에 대한 상세한 정보를 필요로 하며, 한번 제직된 후에는 전송선로의 형태 및 배열 구조의 변형이 불가능하여 다양한 디자인의 의복설계가 제한된다. 또한 Musical Jacket나 No-Soap Radio의 Key pad에 사용되고 있는 e-broidery 방법을 사용하기 위해서는 전도성 실의 봉제성이 요구된다(Post et al., 2000). 그러나 현 단계의 전기 전도성 실은 섬유소재와 비교하여 봉제성의 조건이 되는 유연성과 신장성이 결여되어 있다. 따라서 생체신호 측정용과 같이 피부와 접촉하는 언더웨어용의 얇은 신축성 의복소재를 e-broidery에 활용하기까지에는 많은 문제점이 남아있다.

최근 전도성 실을 u-헬스케어용 언더웨어에 사용하기 위하여 전도성 실을 곡선의 핀턱에 삽입시켜 전송선로를 구성한 예가 있다. 이 경우에는 간단한 봉제만으로 전극과 기기를 자유롭게 연결할 수 있어 다양한 디자인에 활용할 수 있었다(박혜준, 2006). 그러나 핀턱 전송선로를 적용시킨 생체신호 측정용 의복을 u-헬스케어용으로 실용화시키기 위해서는 전송선로 내부의 전도성 실에 절연성이 요구된다. 본 연구에서 목적으로 하는 ECG 측정용 의복의 경우, 장시간 착용을 전제로 하는 언더웨어의 개념이므로 피부로부터의 노폐물, 발한 등에 의한 영향을 차단하고 전송선로와 다른 기기를 연결하는 과정에서 나선(naked electric wire) 상태인 전도성 실끼리의 접촉에 의한 전송에러를 방지하기 위하여 절연성 소재를 이용한 피복이 요구되었다. 따라서 본 연구에서는 선행연구에서의 곡선의 핀턱을 발전시켜 절연성을 갖는 전송선로를 제안하기 위하여 핀턱에 삽입되는 나선상태인 전도성 실을 경사로

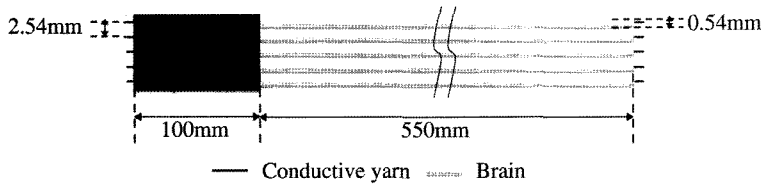

Fig. 4. Structure of braid for electric cable.

하는 세폭직물을 개발하였다.

<Fig. 4>에는 절연성을 부여하기 위한 만들어진 세폭 직물의 구조를 나타내었다. 세폭직물은 먼저 전도성 실을 내부 코어사로 하고 폴리에스테르사를 이용하여 직경 0.54mm인 튜브 형태의 브레이드를 650mm 제직하였다. 그리고 브레이드에 삽입된 전도성 실의 간격이 2.54mm를 유지하도록 하면서 위사를 동일한 폴리에스테르사로 하여 5가닥의 브레이드를 경사로 하여 길이 100mm를 제직하였다. 브레이드의 말단에 서로 연결되어 편직한 부분은 PBM 커넥터에 연결하였다. 반대쪽의 브레이드는 각각 5부위의 심전도 전극과 연결하는 곡선의 핀턱 전송선로에 삽입하였다.

본 연구에서 개발한 세폭직물은 전도성 실 사이의 간격을 일반 전자기기의 커넥터 규격과 일치하는 2.54 mm가 되도록 설계하였다. 그 결과, 나선의 전도성 실에 절연성을 부여하였을 뿐만 아니라 다양한 용도의 측정기기와 의복을 일체시킬 수 있어 광범위한 영역에서 활용이 가능할 것으로 기대된다. 또한 폴리에스테르사로 피복되어 있어 전도성 실과 피부의 마찰, 미세한 금속섬유의 탈락을 방지할 수 있을 뿐만 아니라 나선상태의 전도성 실보다 표면특성이 부드러워 곡선 핀턱의 터널에서의 자유도 역시 향상시킬 것으로 기대된다.

2. ECG 전극의 밀착성 향상

일반적인 심전도 측정에서는 피부와 전극의 밀착성을 유지하기 위하여 하이드로 겔이 도포된 일회용 전극이 주로 사용되고 있다. 그러나 현재 사용되고 있는 하이드로 겔에 의한 알레르기 반응이 보고되고 있으며(Avenel-audran et al., 2003), 전극이 심전도 측정 장치와 연결되는 부위의 형태가 의복과 일체화시키기 어렵다. 따라서 장시간의 연속적인 심전도를 측정을 요구하는 u-헬스케어에 적합한 새로운 전극에 필요하다.

WEALTHY나 VTAMN에서는 기존의 생체신호 전극의 문제점을 해결하기 위하여 전기 전도성을 갖는 실 또는 직물을 이용한 전극 즉 텍스트로드(Textrode)를 개발하고 있다(Catrysse et al., 2004). WEALTHY는 의복용 소재의 직조단계에서 심전도 전극을 비롯하여 생체신호 측정용 전극이 위치하는 부위에만 전도성 실로 직조하여 전극으로 사용하고 있다. 이 방법은 직조과정에서 직물전극이 형성되기 때문에 생체신호 전극과 의복의 일체화에서는 매우 우수하다. 그러나 전극이 생체신호를 측정할 수 있도록 피부와 밀착되기 위해서는 착용자의 신체적 조건에 따라 적합한 의복압을 예측하여 부여해야 하는 것이 과제로 남아있다. 한편 VTAMN와 돌연사 유아를 위한 intelligent baby suit는 스테인리스 스틸사로 제직된 전기 전도성 직물을 생체신호 측정용 전극이 필요한 부위에 봉제하여 사용하고 있다. 이 방법은 전극의 부착이 간편하고 의복과의 일체성도 우수하지만 인체의 움직임에 대한 전극과 인체의 밀착성의 저하는 개선하지 못하였다.

따라서 인체의 자세 변화와 움직임에 따라 직물전극과 피부표면과의 접촉면적의 변화 및 접촉부위의 미세한 이동에 따라 발생하는 노이즈를 해결하기 위해 전극과 피부와의 밀착성을 유지시키는 방법은 시급히 해결해야 할 과제이다.

본 연구에서는 봉제를 통하여 심전도 측정용 직물전극을 의복과 일체화시킨 후, 실리콘 겔을 이용하여 피부와의 밀착성을 유지시키는 방법을 제안하였다. 실리콘 겔은 TE701(Taejong E.S.T. co.)을 사용하였다. 실리콘 겔은 열경화 2액형으로 Part A와 Part B를 1:1의 중량비로 혼합하여 균일하게 교반하였다. 그리고 상온에서 3시간 정도를 방치시켜 교반 중에 형성된 기포를 제거한 후 Low density polyethylene 위에 약 0. 5mm 두께로 도포하였다. 그리고 110°C의 오븐에서 약 3시간 동안 경화시킨 후 상온에서 약 1시간 방치하였다. 이러한 과정을 통해 경화된 실리콘 겔을 직경 45mm의 원형으로 잘라내었다. 전극이 부착될 부위를 지나가는 핀턱에서 브레이드를 의복 안쪽으로 뽑아낸 후, 피복하고 있는 폴리에스테르 사를 제

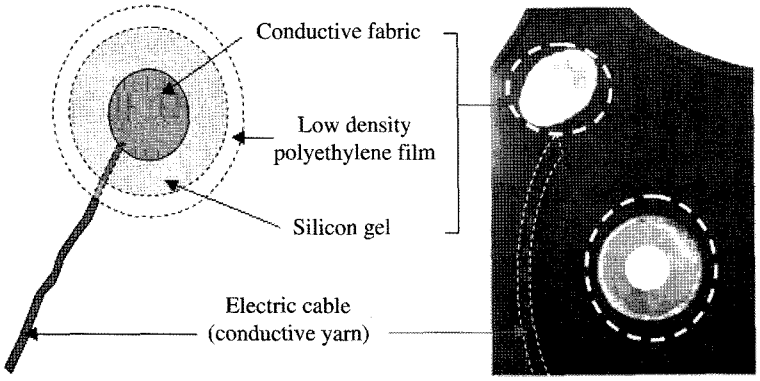

Fig. 5. Structure of ECG electrode.

거하여 전도성 실만을 바늘에 끼워 실리콘 겔의 중심을 통과시킨다. 이 상태에서 실리콘 겔 시트를 의복의 전극부착 부위에 봉제한 후 노출된 전도성 실을 직경 15mm인 원형의 전도성 직물을 연결하여 실리콘 겔 시트위에 봉제하였다. <Fig. 5>에 완성된 ECG 전극과 실제 의복에 부착된 모습을 제시하였다.

본 연구에 사용된 실리콘 겔은 최근 유행하고 있는 끈 없는 브래지어의 안쪽에 도포된 실리콘 겔로 실리콘의 자체의 접착력만으로 피부와의 밀착을 유지할 수 있다. 또한 땀이나 물에도 피부와의 밀착력이 유지되면서 탈부착이 용이하며 세탁이 가능하여 반복사용이 가능하다. 그리고 한국화학시험연구원 피부자극테스트(ISO 10993-10, 5.2)에서 자극지수 0.0으로 판정되어 비자극성 물질로 인정받았다(Report No:2005-tbk-000110). 따라서 장시간의 착용에도 피부 트러블 없이 밀착하여 일상생활에서의 인체의 움직임에 의한 노이즈를 최소화시킬 것으로 기대된다. 또한 가벼운 물세탁이 가능하여 반복적인 사용이 가능하여 환경친화적이다. 또한 의복과 실리콘 겔 시트, 전도성 직물, 전도성 실의 연결이 모두 봉제를 통하여 이루어지기 때문에 일체화 방법이 간단하다.

a) Exterior b) Interior

Fig. 6. Garment apparatus for measuring ECG.

3. U-헬스케어용 심전도 측정용 원피스

본 연구에서 제안하는 전기 전도성 실의 세폭직물을 이용한 전송선로와 실리콘 겔을 이용한 전도성 직물전극을 이용하여 심전도 측정기기를 의복과 일체화시켜, 착용감은 물론 측정의 안정성과 효율성을 향상시킨 u-헬스케어용 심전도 측정용 원피스를 제작하였다. 그리고 5명의 착용자에 착용시켜 착용감을 평가하고 정적인 자세와 동적인 자세에서의 심전도를 측정하여 QRS파형의 모형을 통하여 그 효용성을 검증하였다.

<Fig. 6>에 완성된 ECG 측정용 의복을 나타내었다. <Fig. 6>의 a)는 심전도 측정용 의복의 바깥쪽으로, 곡선의 핀턱으로 이루어진 전송선로를 스와로브스키 스톤(Swarovski stone)으로 장식하였다. 기존의 생체신호 측정용 의복의 경우 전극, 측정기기는 물론 연결하는 전송선로가 외관상으로 드러나는 등 패션성의 결

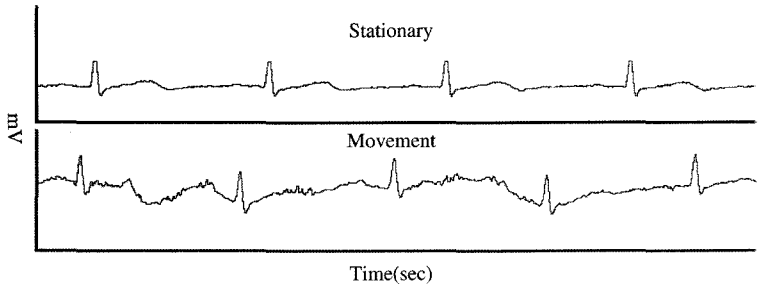

Fig. 7. Result of ECG measurement.

여되어있다. 그러나 본 연구에서 개발한 ECG 측정 의복에서는 <Fig. 6>의 a)에 보이는 바와 같이 측정전극이 외관상 표시 나지 않을 뿐만 아니라, 전송선로 봉제부분의 겉면을 장식요소로 화려하게 커버하여 패션성이 증가되었다. PBM은 왼쪽 허리부분에 의복소재와 동일한 색상의 포켓에 삽입하였다. <Fig. 6>의 b)는 심전도 측정용 의복의 안쪽으로, 전송선로 및 직물전극의 배치를 나타내었다.

개발한 ECG 측정용 의복을 5명의 여성에게 착용시킨 후 심전도 측정장치와 실리콘 겔에 대한 이물감 등을 조사하였으나, 5명 모두 착용 직후부터 모두 심전도 측정장치 및 실리콘 겔에 의한 불쾌감을 전혀 인식할 수 없다고 평가하였다. 또한 그 중 한 명의 피험자를 대상으로부터 생체신호(ECG)의 QRS파형의 모형을 통하여 본 의복의 효용성을 일차적으로 검토하였다. <Fig. 7>은 심전도 측정용 의복을 착용하였을 때 전도성 직물전극을 통해 측정된 심전도가 전기전도성 실을 이용한 핀턱의 전송선로를 통하여 의복에 부착된 PBM로 전달된 후 블루투스(bluetooth)를 통하여 생체신호 분석용 컴퓨터에 실시간으로 전송된 QRS파형이다. 위는 정지된 자세, 아래는 움직임이 수반된 자세에서의 QRS파형을 나타낸다. 피험자가 움직였을 때에는 정지된 자세와 비교하여 약간의 노이즈가 발생하기는 하였으나 운동 시에도 QRS파형이 성공적으로 나타났다. 이러한 파형은 본 연구에서 제안하는 세폭직물을 이용한 전송선로의 절연과 실리콘 겔을 이용한 직물전극의 피부밀착성 향상의 효과를 일차적으로 입증한 것이라고 보여진다.

IV. 결 론

본 연구에서는 생체신호 전송선로의 절연성과 전극의 피부 밀착성을 향상시켜, u-헬스케어 시스템을 구성하는 ECG 측정용 의복과 센서와의 통합을 간편하고 용이하게 하는 방법을 제안하였다. 이를 활용하여 심전도 측정의 안정성과 효율성이 향상된 u-헬스케어용 ECG 측정용 의복을 개발하였다. 구체적인 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 핀턱의 생체신호 전송선로를 구성하는 전기 전도성 실사이의 접촉 및 외부 접촉에 의해 생기는 노이즈를 최소화하기 위한 절연방법을 전기전도성 실에 폴리에스테르 사를 피복하여 제직하였다. 이 방법으로 만들어진 전송선로는 나선 상태의 전기 전도성 실이 피부의 땀과 같은 분비물에 의한 노이즈 발생을 줄이고, 마찰에 의한 피부 트러블, 미세한 금속섬유의 탈락을 개선하였다. 전자기기의 일반적인 커넥터 규격과 동일하도록 설계하여 다양한 영역에서 활용이 가능하였다.

2) 생체신호 측정용 전극이 인체의 일상적인 움직임이나 자세변화에 의한 피부에서 탈락되거나 미끄러지는 방지하기 위하여 실리콘 겔을 도포하여 일체화시키는 방법을 제안하였다. 본 연구에서 사용한 실리콘 겔은 자체 밀착력, 세탁성, 재사용성을 가지고 있어 직물전극과 피부의 밀착성은 물론 세탁성도 부여할 수 있다. 또한 사용한 실리콘은 피부에 비자극성인 물질이기 때문에 연속적인 장시간의 심전도 측정도 가능하다.

3) 본 연구에서 제안하는 일체화 방법을 활용하여 만들어진 ECG 측정용 의복을 착용하고 생체신호를 측정한 결과, 정지된 자세는 물론 운동시에도 선명한 심전도의 대표적인 파형을 측정할 수 있었다. 또한 생체신호 측정기기의 통합 및 실리콘 겔에 의한 불쾌감을 전혀 없는 것으로 평가되었으며, 심전도 측정

전극은 외관상 전혀 인식할 수 없었으며, 전송선로는 화려한 장식선으로 이용하여 패션성을 부여하였다.

본 연구에서 개선한 위의 방법론을 바탕으로 앞으로 여러 명의 피험자에 대하여실증적인 심전도 측정 연구를 수행하면서 개선점을 계속 발굴한다면 합리적인 가격의 생체신호 측정용 의복의 실용화를 가속화시켜 u-health 관련 의류제품의 생산발전에 실질적으로 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

고령화 사회-노인진료 시스템 고치자-. (2003, 3. 27). *동아일보.* 자료검색일 2006, 8. 2, 자료출처 http://www.donga.co.kr

김형배, 권만준, 차은종, 전명근. (2005). 휴대용 개인 정보 단말기를 이용한 생체신호 획득 시스템. *퍼지 및 지능 시스템학회지, 15*(3), 349–354.

김희찬. (2005). 유-헬스케어와 센서. *대한전자공학회지, 32*(12), 1439–1501.

박선형, 우승정, 이영신, 최의중, 김현준, 이주현. (2005). 미래병사체계를 위한 스마트 전투복의 트로토타입 디자인-제1보. *감성과학, 8*(3), 277–290.

박혜준. (2006). 전도성 실을 이용한 생체 신호 측정용 셔츠의 전송 선로 봉제방법. *한국생활과학회지, 15*(2), 317–325.

백승재, 이철희, 정동현, 최용석, 김준영, 최종무. (2004). 유비쿼터스 헬스케어 시스템을 위한 센싱 단말기 구현. *한국정보과학회 봄학술발표논문집(A),* 124–126.

신승철, 유창용, 강재환, 남승훈, 송윤선, 임태규, 이정원, 박덕근, 김승환, 김윤태. (2004). 응급상황 감지를 위한 e-HEALTH 시스템의 구현. *한국정보과학회 학술발표초록집, 31*(1), 322–324.

육형민, 전명훈, 이희승, 성지하, 황신웅, 노윤진. (2003). 지능형 자켓 디자인을 위한 사용성 요인 추출. *감성과학, 6*(3), 89–99.

육형민, 전명훈, 오창영, 손영우. (2004). 웨어러블 컴퓨터에 대한 사용성 평가 연구–사용자 중심의 스마트 자켓 디자인을 위한 평가척도–. *감성과학, 7*(3), 7–13.

이건기, 이주원, 정원근, 하윤진, 김태화, 김광열. (2004), 감성인식을 위한 손목형 생체신호 측정단말기 설계. *한국통신학회 추계학술대회초록집,* 315–315.

이상복, 안병주, 이삼열, 이준행. (2005). 무선 생체신호 처리를 이용한 상황인식. *한국컴퓨터정보학회지, 10*(6), 118–125.

이태수. (2004). 이동형 헬스케어의 현황과 전망. *대한전기학회지학술대회 2004, 53*(9), 36–42.

조현승, 김용준, 김후성, 서정훈, 이선영, 이주현, 황은주. (2005). 트레킹 및 조깅을 위한 스마트 스포츠웨어의 프로토타입 개발. *감성과학, 8*(3), 213–220.

Avenel-audran, M., Goossens, A., Zimerson, E., & Bruze, M. (2003). Contact dermatitis from electrocardiograph - monitoring electrodes: role of p - tert - butylphenol - formaldehyde resin. *Contact Dermatitis, 48,* 108–111.

Catrysse, M., Puers, R., Hertleer, C., Langenhove, L. V., Egmondc, H. V., & Matthys D. (2004). Towards the integration of textile sensors in a wireless monitoring suit. *Sensors and Actuators A, 114,* 302–311.

Levy, E., Kalis, M., Vo, M., Lindisch, D., & Cleary, K. (2004). Feasibility of simultaneous respiratory function monitoring and determination of respiratory-related intrahepatic vessel excursion using the LifeShirt™ system. *International Congress Series, 1268,* 764–769.

Lind, E. J., Jayaraman, S., Park, S., Rajamanickam, R., Eisler, R., Burghart, R., & McKee T. (1998). A sensate liner for personnel monitoring applications. *Acta Astronautica, 42*(1–8), 3–9.

Linz, T., Kallmayer, C., Aschenbrenner, R., & Reichl, H. (2005). Embroidering electrical interconnects with conductive yarn for the integration of flexible electronic modules into fabric. *Proceedings 9th IEEE international Symposium on wearable computers,* 86–89.

Noury, N., Dittmar, A., Corroy, C., Baghai, R., Weber, J. L., Blanc, D., Klefstat, F., Blinovska, A., Vaysse, S., & Comet, B. (2004). A smart clothe for ambulatory remote monitoring of physiological parameters and activity. The VTAMN Project, Engineering in Medicine and Biology Society, EMBC 2004. *Conference Proceedings. 2,* 3266–3269.

Paradiso, R., Loriga, G., Taccini, N., Gemignani, A., & Ghelarducci, B. (2005). WEALTHY-a wearable healthcare system: new frontier on e-textile. *Journal of Telecommunications and Information Technology, 4,* 1–9

Post, E. R., Orth, M., Russo, P. R., & Gershenfeld, N. (2000). E-broidery: Design and fabrication of textile-based computing. *IBM system Journal, 39*(3), 840–860.

Scilingo, E. P., Gemignani, A., Paradiso, R., Taccini, N., Ghelarducci, B., & Rossi, D. D. (2005). Performance evaluation of sensing fabrics for monitoring physiological and biomechanical variables. *IEEE Transactions on information technology in biomedicine, 9*(3), 345–352.