

요구공학을 적용한 센서기반 스마트 의류 디자인 프로세스 연구

A Study of Design Process for Sensor-based Smart clothing based on requirement engineering

조하경* · 이주현**†

Cho Hakyung* · Joo Hyeon Lee**†

*㈜루키스

*Dept. of R&D, LUCIS CO.,Ltd

**연세대학교 의류환경학과

**Dept. of Clothing and Textile, Yonsei Univ.

Abstract

According to increase of concerning in health and entry of aging society, sensor-based smart clothing has developed various type and applications. Sensor-based smart clothing should be designed with considering of the interaction between a human body-device-clothing, such as accuracy of signal, wearability, suitability and the configuration of the sensor and so on.

In this respect, these characteristics distinguish sensor-based smart clothing process from clothing process and Sensor-based smart clothing process is expected to be needing requirements Specification for development purpose and interoperability assessment based on requirements engineering.

In this study, to assess efficiency of process based on requirement engineering, the sensor-based smart clothing process was deducted in two types by analysis of empirical performance. Presented two process were empirically evaluated through qualitative and quantitative evaluation. As a result, design process II based on requirements engineering were confirmed more effective process than process I.

Key words : Smart clothing, Design Process, requirements Specification, requirement engineering, vital sign monitoring

요약

최근 건강에 대한 관심의 증가와 고령화 사회의 진입으로 인해 센서 기반 스마트 의류는 다양한 어플리케이션과 타입으로 개발되고 있다. 센서기반 스마트 의류는 인체로부터 생체 신호를 측정, 모니터링을 주 목적으로하는 기능성 의류의 한 분야로 신호의 정확성, 기기의 착용성, 센서의 인체 적합성 등의 인체-기기-의류간의 상호작용을 고려하여 디자인되어야 한다는 점에서 기존의 스마트 의류와 다른 특성을 지닌다. 센서기반 스마트 의류의 이러한 특성은 의복의 제작 단계에 있어 요구공학의 단계를 기반으로 개발 목적에 대한 요구의 명확한 문서화 뿐 아니라, 각 단계 진행을 위해 기기분야와 의류분야간의 상호운용성 평가가 이루어져야 하는 필요성을 갖을 것으로 예상된다. 따라서, 본 연구에서는 요구공학이 적용된 센서 기반 스마트 의류 프로세스의 효용성 평가를 위해 실증적 수행 분

* 본 연구는 2013 지식경제부 글로벌전문기술개발사업의 일환으로 수행된 결과임(과제번호: 10041985)

† 교신저자 : 이주현

E-mail : ljhyeon@yonsei.ac.kr

TEL : 02-2123-3108

FAX : 02-2123-4653

석을 통해 스마트 의류의 기본 프로세스를 도출하고, 요구공학 분석기법의 단계를 도입하여 두가지 스마트 의류 프로세스를 도출하였다. 제시된 두 프로세스의 실증적 단계별 진행을 통해 프로세스의 효율성 및 디자인의 질적 평가를 수행하였으며, 요구공학이 적용된 센서 기반 스마트 의류의 프로세스의 효율성을 제시하였다.

주제어 : 스마트 의류, 디자인 프로세스, 요구사항 품질문서, 요구공학, 생체 신호 모니터링

1. 서론

최근, 라이프 스타일의 변화 및 고령화 사회의 진입으로 건강에 대한 관심이 증가함에 따라, 심박, 호흡 측정 등, 다양한 인체의 신호를 모니터링하는 기능의 센서기반 스마트 의류에 대한 관심이 높아지고 있다 (Cho et.al, 2011).

센서기반 스마트 의류는 의복 내에 내장된 센서를 통해 다양한 생체 신호를 측정하는 의류라는 측면에서 다른 스마트 의류와 달리 신호의 정확성, 비침습적이면서 무자각성이 요구되는 특징을 지니면서도 (Axisa, F. et al., 2005), 경제적 도구로 주목받고 있어 그 중요성이 부각되고 있다. 또한, 어플리케이션에 따른 센서 구성이 다양하게 이루어질 수 있어 소비자 요구에 따른 다양한 의류 모형으로 개발 될 수 있는 장점을 갖는다.

이러한 센서 기반 스마트 의류는 인체와 기기의 상호 작용성, 신호의 정확성이 고려되어야 할 뿐 아니라 소비자 요구에 맞는 기기와 센서의 구성 등 맞춤형 의류로의 제작이 요구되는 특성을 갖는다.

그러나, 소비자 요구 및 다양한 어플리케이션에 따른 개인 맞춤형 스마트 의류 개발은 원가, 인건비 등의 문제를 야기할 수 있으며, 특히, 센서 기반 스마트 의류는 단순한 기기의 작동이 아닌 인체로부터 신호를 측정하므로, 다른 기능의 스마트 의류에 비해 그 기능의 정확성 및 효율성이 요구되는 만큼 기존의 의류 디자인 프로세스 뿐 아니라 제품디자인 프로세스로의 접근 필요성을 갖는다(Lee, 2005; Lee, 2007).

그 중, 시스템 프로세스에서 적용되는 요구공학은 센서기반의 스마트 의류에 있어 지속적인 신호의 정확성을 위한 지속적인 인체 - 기기, 의복-기기간의 상호작용이 평가되어야 하며, 소비자 수요에 맞춘 다양한 모형으로 개발된다는 점에 있어 지속적인 평가를 요구하는 특성과 부합되는 요소로 센서기반 스마트 의류 프로세스상의 도입을 통해 효율성을 갖을 것으로 예상된다.

센서 기반의 스마트 의류의 프로세스는 기존의 스

마트 의류 개발을 위한 프로세스와는 다른 차별성을 가질 것으로 예상되나 이에 관한 연구는 미비한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 센서 기반 스마트 의류의 효과적인 프로세스 방안을 위해 문제 해결과정 및 요구공학 분석 기법의 단계를 도입하여, 요구사항 품질문서를 도출하였다. 또한, 제시된 프로세스의 단계별 진행을 통해 요구공학이 적용된 프로세스의 효율성 및 디자인의 질적 평가를 통해 요구공학이 적용된 센서 기반 스마트 의류의 프로세스의 효율성을 제시하고자 하였다.

2. 이론적 배경

2.1. 스마트 의류 프로세스

디자인 프로세스란 ‘주어진 문제를 해결해 나가는 과정’을 의미하며, 프로세스 모델은 그 과정에서 발생하는 ‘여러 진행요소들을 순차적으로 해석, 정리한 일련의 식’이다(Chun, 1982). 즉, 디자인 프로세스는 목적을 지닌 문제해결 행위로 현재의 사실을 기본으로 미래의 가능성에 대하여 접근하는 과정이라 할 수 있다.

스마트 의류는 일반적인 의류에 디지털 관련 제품 및 기술이 접합되어 이루어진 의류임을 감안할때, 스마트 의류디자인은 최종 사용자의 이익을 위해 제품들의 기능과 외관 디자인을 최대화하는 컨셉과 명세 사항을 만들고 개발한다는 점에서 의류 디자인 보다는 산업 디자인 혹은 제품 디자인의 개념과 더욱 근접한다고 할 수 있어 기존 의류 디자인 프로세스와 제품개발 프로세스가 접목된 새로운 디자인 프로세스로 제시되고 있다.

이영진(2005)의 연구에 따르면, 디지털 컬러 의류(digital color clothing)프로세스는 기존 의류 디자인 프로세스와 확연한 차이점이 확인되었고, 그 차이점이 제품 디자인 분야에서의 시스템 레벨 디자인에 해당되는 과정으로 기존의 의류 디자인 프로세스에서는 생략되거나 짧게 수행되는 단계라고 분석하였다. 따라서, 이 연구에는 스마트 의류의 특성에 입각하여 의

류 디자인 프로세스에 제품 디자인 프로세스를 도입하여 보다 효율적인 스마트 의류 디자인 프로세스를 개발하고 제시한 바 있다(Lee, 2005). 또한, 이선영(2007)의 연구에서 스포츠용 스마트 의류 디자인 프로세스는 의류디자인 프로세스와 제품개발 프로세스가 절충된 형태일 때, 그 효율성이 높은 것으로 검증되었으며, 특히, 시스템 레벨 디자인은 제품 개발 디자인 단계에서와 같이 컨셉 개발이 이루어진 다음에 정의하는 것이 디자인 단계의 효율성을 높이는 것으로 산업디자인 분야를 도입하여 디자인 프로세스를 제안하고 효율성을 입증한 바 있다(Lee, 2007).

2.2. 요구공학

요구공학은 요구사항 관리에 포함되는 모든 생명주기(SDLC)활동과 이를 지원하는 프로세스를 포함하는 것으로 시스템 요구사항 문서를 생성, 검증, 관리하기 위하여 수행되는 구조화된 활동의 집합을 의미한다(<http://ko.wikipedia.org/wiki/>). 즉, 요구공학은 산출물의 결함을 초기에 제거, 결함 예방 능력을 향상시키는 프로세스 방식으로(<http://cafe.naver.com/whatvoip/1493>) 정의 될 수 있다. 요구공학의 한 단계인 요구사항 분석은 ‘제품을 만들기전에 발견해야 할 모든 것들’(Robertson et. al., 1999) 또는 ‘사용자의 요구사항/목적 등을 구체적인 시스템 제안서로 옮기는 것’(Kim, 2000; 재인용)이라고 정의하였다. 요구사항은 엔지니어링 분야에서 시스템이 무엇을 해야 하는지에 대한 기술로 일컬어지며, 이는 기능적 요구사항, 수행적 요구사항, 제한사항으로 분류된다. 기능적 요구사항은 시스템의 특징, 시스템의 기능에 대한 기술이며, 수행적 요구사항이란 유용성, 접근성과 같은 속성에 대한 기술이며, 제한 사항은 운영시스템을 정의한다거나, 프로그래밍 언어를 정하는 것 등의 개발에 있어 필요한 제한사항을 의미한다(Lee, 2007). 이러한 요구사항의 분석을 통한 요구사항 상세서의 도입은 프로세스 단계에 대해 충실한 기초를 제공할 수 있으며, 관련자들에 의해 동의된 행위를 통하여 정확하고 명확하게 요구사항을 생성함으로써 보다 효율적인 시스템 개발이 가능하다. 또한, 요구 사항의 정확한 분석과 요구사항분석을 통한 제품설계는 제품의 생산과정에서의 비효율적으로 발생하는 비용을 줄일수 있을 뿐 아니라 제품 생산의 효율성 또한 높일 수 있다.

3. 연구 방법

3.1. 스마트 의류 디자인 프로세스 모형 개발

본 연구에서는 센서 기반 스마트 의류의 실증적 개발과정을 토대로 기본 프로세스 모형을 도출하였다. 도출된 기본 프로세스 모형을 기반으로 단계를 세분화하여 프로세스 모형 I을 도출하고, 모형 I에 요구사항 품질문서 도출 단계를 추가, 프로세스 모형 II를 도출하였다. 프로세스 모형 I은 센서 기반 스마트 의류 개발 단계를 세분화하여 진행, 최종적으로 센서기반 스마트 의류의 디자인 모델을 도출하도록 설계되었으며, 프로세스 모형 II는 시스템 레벨 디자인 단계에서 요구사항 품질문서를 도출, 센서기반 스마트 의류의 모형을 도출하고 검증하는 단계를 거친 후, 세부적 디자인 단계를 진행하도록 구성하였다(Fig 1).

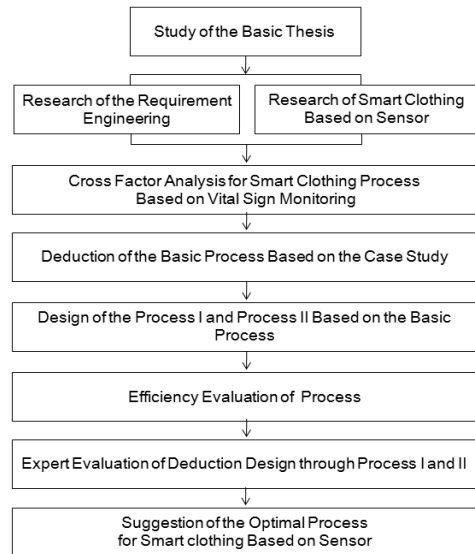


Figure 1. Research Method

3.2. 실험 설계

3.2.1 피험자

제시된 센서기반 스마트 의류의 프로세스의 효율성 평가를 위하여, 스마트 의류 디자인에 대한 1년 이상의 경험자를 대상으로 6명의 피험자를 선정하였다(Table 1). 이때, 센서 기반 스마트 의류디자인 경험자는 수행 경험으로 인해 프로세스의 평가에 영향을 미칠 가능성이 있으므로 피험자에서 제외하였다.

Table 1. subjects

subject	Smart Clothing Design Career	Design Field of Smart Clothing
subject A	2Year 3Month	Digital Color Clothing
subject B	1Year 2Month	Digital Color Clothing
subject C	3Year 1Month	MP3 Clothing
subject D	2Year 5Month	MP3 Clothing
subject E	1Year 2Month	Sports Clothing
subject F	2Year 6Month	Sports Clothing

3.2.2 실험 설계

센서 기반 스마트 의류 프로세스의 기본 모형을 통해 단계별 프로세스 모형 I 과 요구공학을 적용한 프로세스 모형 II 를 도출하고 이를 실증적 수행단계를 거쳐 요구공학 도입의 효율성을 평가하고, 디자인 과정에서의 문제해결 과정을 분석하고자 하였다. 본 실험은 프로세스의 효율성 평가를 위해 단계별 수행 소요시간, 단계 전환 및 세부 전환 행동의 횟수, 디자인 결과물의 질적 효용성 등을 분석하고자 하였으며, 프로세스의 단계별 흐름 및 통합적 사고과정을 분석하여, 요구공학이 적용된 프로세스의 효용성을 입증하고자 하였다.

참가자 전원이 실질적 디자인 개발 수행을 통해 프로세스 모형 I 과 프로세스 모형 II 를 진행하도록 하였으며, 이 때 프로세스 모형을 통한 학습효과를 통제하기 위하여 에빙하우스(H.Ebbinghaus)의 망각곡선을 근거로 모형 I 과 모형 II 의 실험기간을 1달 간격으로 수행하였다(<http://cafe.naver.com/anjun/37641>). 또한, 망각곡선에 의해 실험을 진행함에도 불구하고, 경험에 의한 바이어스를 고려하여, 피험자 A, D, E는 모형 II, 모형 I 의 순으로, 피험자 B, C, F는 모형 I, 모형 II 의 순으로 실험을 진행하였다.

3.2.3 실험 방법

기기팀과의 의사소통 및 개념 요인 구성을 위하여 남성 티셔츠 95사이즈 기본 패턴이 그려진 광목천, 다양한 크기의 센서 모형10개, 모듈 모형10개 및 배터리 모형 6개를 제시하였다. 모듈 모형 및 배터리 모형은 각

성능 및 용량을 기재하여 모듈, 배터리의 개수를 디자인에 맞도록 구성하도록 하였으며, 직물신호선 모형을 제시하여 길이 및 위치를 자유롭게 적용하도록 하였다.

기술지원팀은 스마트 의류 개발 경력 3년차 의공학 전공의 대학원생으로 센서 및 모듈과 관련된 IT 기능 및 기기에 대해 디자이너들을 지원하도록 하였다. 기술지원팀은 세부적으로 각 프로세스가 진행되는 동안 디자이너의 생체 신호 측정 모듈과 센서의 성능 및 각 기능의 연결 가능성 등에 대한 문의에 답변, 적합 모듈로의 변경 가능성 등을 지원하도록 하여 스마트 의류의 성능 구현을 돕도록 하였다.

센서기반 스마트 의류 프로세스 모형 I 과 모형 II 의 진행을 위하여, A4용지 및 연필을 기본 자료로 제공하고 각 개발된 프로세스를 따라 자유롭게 진행하도록 하였으며, 모형 II 진행시에는 요구사항 품질문서를 도출하고, 이에 따라 진행하도록 하였다.

3.2.4 자료 수집 및 분석 방법

본 실험은 2012년 08월 01일~09월 15일에 진행되었으며, 피험자들은 편안한 실험환경을 제공받기 위해, 2인 1조(피험자 및 기술지원팀)로 실험실에 입실, 프로세스를 진행하고 디자인을 도출하였다.

본 실험에서는 자료를 수집하기 위하여 비디오카메라(SONY HDR-UX)를 통하여 실험 전 과정을 녹화하였으며, 피험자는 디자인 과정에서의 사고 및 행동 변환에 대해 구두 서술을 통해 일련의 과정을 동시조서를 통해 분석하고자 하였다. 또한, 디자인 과정에서 일어나는 디자인 행동들을 분석하기 위해 사후조서 방식을 적용하였다.

피험자들의 구두 보고는 프로세스의 행동과정에서의 의미있는 단어를 추출하여 수정, 단계 전환, 세부 행동 변환 등의 행동분석을 명확화하였으며, 이를 통해 단계의 전환 및 세부수정행동의 횟수, 프로세스 단계별 시간을 측정, 기술지원팀과의 의사소통 횟수 등을 분석하였다.

또한, 각 프로세스 모형으로부터 도출된 센서기반 스마트 의류 모형의 질적 효용성을 평가하기 위하여 전문가 5인의 평가군을 구성하여, 프로세스 모형 I, II 를 통해 도출된 최종결과물인 디자인 a,b를 제시하고 질적 효용성 평가를 수행하도록 하였다. 이때, 프로세스 인지에 의한 바이어스를 없애기 위해 디자인 a,b의 프로세스는 블라인드 처리하였다. 스마트 의류 모형

의 질적 평가를 위해 추출된 문항은 선행연구에서 도출된 항목들(Yook. et al., 2003; Yang. et al., 2003; Cho and Lee. 2008; Gemperle. et al., 1998)에서 센서기반 스마트 의류 모형 평가에 중요시 되는 항목을 추출, 센서 및 기기 위치의 적합성, 착용성, 사용성, 요구사항 적합성, 대량생산의 가능성의 5문항으로 구성하였다. 평가는 각 문항마다 5점 라이커트(Likert) 척도로 평가하도록 하였으며, 각 문항의 평균값을 통해 디자인 *a* 와 디자인 *b*에 대한 질적 효용성 정도를 제시하였다.

3.2.5 용어의 정의

- 1) 요구사항 품질문서 :요구사항 품질문서는 컨셉 및 의류 스케치 등의 의류 제시 요소들과 기능, 구성기기로 구성된 품질문서와 의류에서의 세부적 기기 위치 및 기기의 상세 스펙이 기재되는 상세 품질문서를 의미한다.
- 2) 단계별 전환 행동 : 프로세스의 진행 세부 단계를 카테고리화하여 시스템레벨디자인, 세부 디자인설계, 통합설계디자인, 최종 제품개발 단계로 분류하고 프로세스 진행시 카테고리화된 단계를 전단계로 이동하는 전환 행동을 의미한다.
- 3) 세부단계 전환 행동 : 프로세스의 카테고리 범주인 시스템 레벨디자인, 세부디자인 설계, 통합 설계디자인, 최종 제품 개발단계 내의 세부 프로세스단계내에서 전단계로 변환하는 행동을 의미한다.
- 4) 모형별 질적 효용성 : 프로세스를 통해 도출된 디자인의 센서및 기기 위치의 적합성, 착용성, 사용성, 요구사항 적합성 및 대량생산의 가능성을 기준으로 도출된 디자인의 효용성을 평가를 의미한다.

4. 결과

4.1. 프로세스 모형 개발

스마트 의류의 프로세스 관련 선행연구의 고찰과 센서기반 스마트 의류 개발과정의 단계 분석을 토대로 시스템 레벨 디자인이 포함된 기본적인 프로세스 모형을 제시하였다(Fig 2). 실제 진행된 개발의 순서를 토대로 단계별 기기, 의류, 기기-의류 3부분으로 분류하여 자료를 분석하였으며, 자료의 분석을 통해 개발 방법을 시간 순으로 나열하고 개발자가 나열한 행위 분석을 통해 단계별 프로세스를 도출하였다.

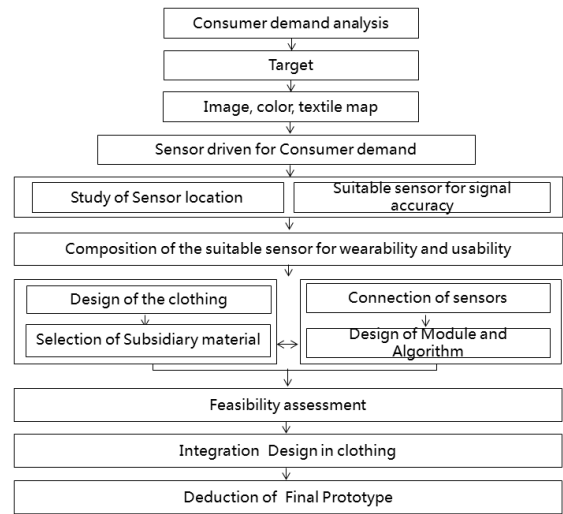


Figure 2. The basic process of sensor-based smart clothing

4.1.1 프로세스 모형 I의 개발과정

센서기반 스마트 의류의 기본 프로세스 모형을 바탕으로 의복과 기기 분야의 상호작용성, 개발자의 행위의 세부적 단계 분류를 통해 기본 프로세스 모형보다 구체화세분화된 프로세스 모형으로 제시되었다. 개발된 프로세스 모형 I은 실증적 디자인 개발의 단계와 선행연구에서 제안된 시스템 레벨 디자인을 도입한 프로세스를 적용, 도출되었다(Fig 3).

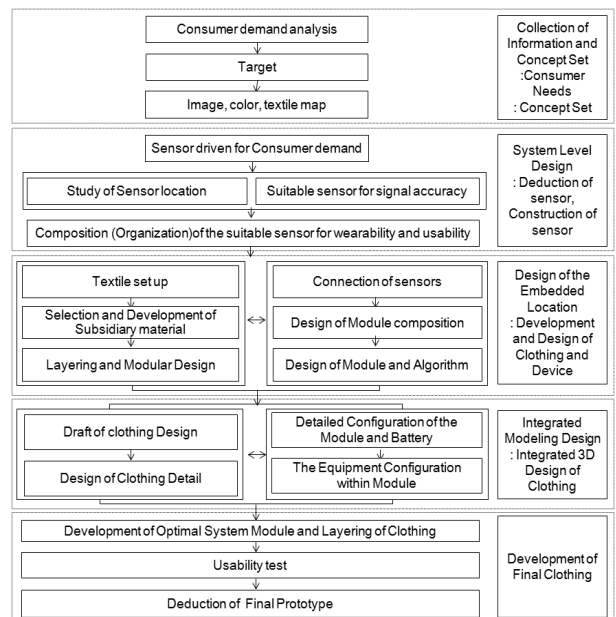


Figure 3. Model I of the process for sensor-based smart clothing

4.1.2 프로세스 모형 II의 개발과정

프로세스 모형 II는 요구 공학적 요소의 필요성을 인식하고 앞서 개발된 프로세스 모형 I을 토대로, 요구공학의 단계를 추가하여 시스템 레벨 디자인 단계에서 요구사항 품질문서를 도출하도록 구성되었다(Fig. 4). 도출된 요구사항 품질문서는 기술지원팀과의 적합성 평가를 통해 적합성이 입증된 경우에만 다음 단계로 진행, 부적합 평가가 도출된 경우 단계의 처음부터 다시 설계하는 세부 단계를 도입하였다. 즉, 프로세스 모형 II는 요구사항 품질문서 도출과정을 통해 센서 기반 스마트 의류 프로세스상에서 가장 문제가 되는 기술 지원팀과의 의사소통을 명확히 함과 동시에 의류제작의 오류를 최소화하도록 설계되었다. 즉, 센서기반 스마트 의류의 특성인 기능성 및 정확성을 위한 통합적 기술 및 디자인 도출, 검증 단계를 도입함으로써, 센서 기반 스마트 의류의 개발에 있어 오류과정을 줄이고, 소비자 요구에 따른 만족도를 높이는 단계적 프로세스로 도출되었다(Fig 4).

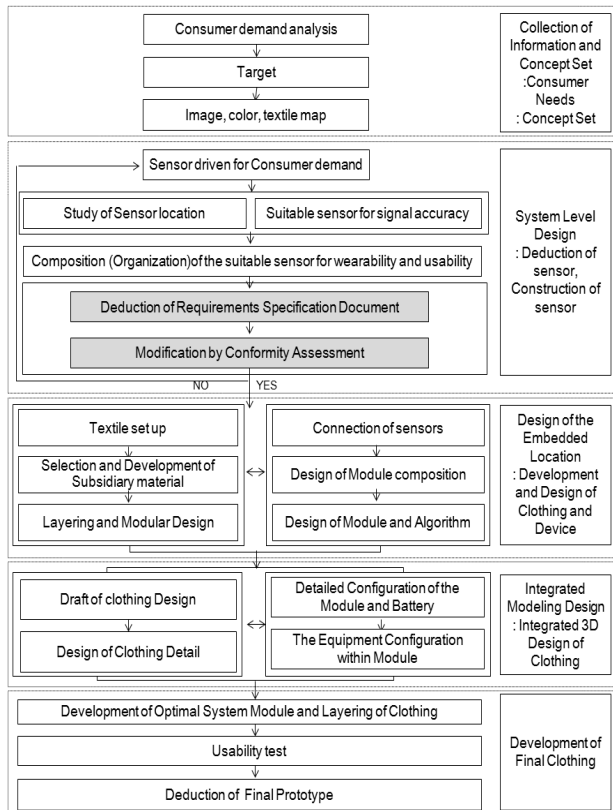


Figure 4. Model II of the process based on requirements engineering for sensor-based smart clothing

4.1.3 요구사항 품질문서 도출


센서 기반 스마트 의류 프로세스에 적용되는 요구사항 품질문서는 센서기반 스마트 의류 개발 과정의 사례연구 및 스마트 의류의 시스템 레벨 디자인 도입 선행 연구(Lee, 2005; Lee, 2007)를 고찰하여 요구사항 품질문서를 도출하였다. 그 결과, 요구사항 품질문서는 컨셉 및 의류 스케치 등의 의류 제시 요소들과 기능, 구성기기로 구성된 품질문서와 의류에서의 세부적 기기 위치 및 기기의 상세 스펙이 기재되는 상세 품질문서로 구성되었다. 본 연구에서 제시된 품질문서는 프로세스 모형 II를 진행하는데 있어 시스템 레벨디자인 단계에서 개발자에 의해 도출되는 문서로 스마트 의류 개발에 있어 기술요소 및 필수요소들을 기재하고 실행 가능성 평가를 통해 제시되도록 구성하였다(Fig. 5).

4.2. 모형별 효율성 비교

4.2.1. 시간 소요에 따른 모형별 효율성 비교

1) 프로세스의 단계별 전개 비교
 프로세스 모형별 진행 시간의 효율성을 비교하기 위해 다음과 같이 진행 단계에 따른 시간의 경과를 비교 분석하였다. 그 결과, 피험자 모두 시스템 레벨 디자인 단계에서는 프로세스 모형 II에서 더 많은 시간이 소요되었으나, 이는 시스템 레벨 디자인에서의 구성 가능성 평가, 의복 내 적합성 평가 등의 단계를 거치면서 기술지원팀과의 의사소통 및 품질 확보를 위한 요구사항 품질문서 도출 및 평가 과정으로 인해, 증가한 시간으로 분석되었다.

시스템 레벨 디자인 단계에서 요구사항 품질문서의 도출이 스마트 의류설계에 있어 의류 및 기기의 통합적 사고를 가능하게 함으로써 다음단계의 작업효율을 높이는 결과를 가져온 것으로 분석되어, 프로세스 모형 II는 통합위치 설계단계에서 작업시간이 크게 감소하는 것으로 나타났다(Table 2). 프로세스 모형 II는 시스템 레벨 디자인 단계를 제외한 전 단계에서 진행 시간의 감소를 나타내었으며, 숙련자의 경우 모형 I에 비해 모형 II의 프로세스 진행시 시간의 감소율이 증가하였다. 이 결과는 스마트 의류 디자인 경험이 있는 숙련자의 경우 IT 기기요구사항 품질문서가 도출된 후 의류-기기 설계 및 진행이 비숙련자에 비해 쉽

NO.	Style No.	Subject			Written Date	Modified Date	Written Person	Review Person
	A-1	System Level Design			2012-00-00	2012-00-00		
Division	Contents			Sketch of Idea and Appearance				
Concept of Design	Daily T-shirt table for measuring of Heartbeat and respiration				 <p style="text-align: center;"><Front></p>			
Main Function	Function 1	Function 2	Function 3	Function 4				
	Measuring of Heartbeat	Measuring of Respiration						
Method of Measurement	2 Dry Electrode							
D e v i c e	Board	Module for ECG		MCU Module				
	Input	Switch						
	Output	Smart phone		Wireless (main board)				
	Assistant part	Connector						
	connection	Textile Wire (15mm)						
	Battery	7.4V						


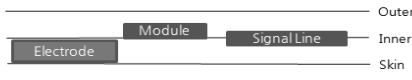
NO.	Style No.	Subject			Written Date	Modified Date	Written Person	Review Person
	A-1	System Level Design			2012-00-00	2012-00-00		
Equipment Specifications of Main Function				Plan of Device(Sensor, Module and Battery) and signal line				
Device	Location	Specific Size		Detailed design of devices and sensors (Plane Figure)				
Main Board /Battery	Under the left arm	MCU : 4 x5 cm Electrode: Textile		 <p style="text-align: center;"><Front></p>				
Electrode	Under the Left side of the chest	Textile Electrode :2*5 cm						
Detailed Design for Main Equipment								
				<ul style="list-style-type: none"> ● ECG electrode — Signal and Power Line ■ Module 				
Equipment Specification of Assistant Function				Detailed design of devices and sensors (Sectional View))				
category	Length	Width	Fixed Way					
Textile Wire		15mm	Seamless.					

Figure 5. Example of requirements Specification

게 진행이 가능하기 때문으로 분석된다.

이는 스포츠용 스마트 의류 프로세스 효율성 평가에서 나타난 선행연구(Lee, 2007)의 연구 결과와 일치하는 결과이다. 또한, 스포츠 의류 디자인의 경험자가 타 스마트 의류 경험자의 숙련도에 비해 프로세스 진행시간이 짧은 것으로 나타났는데, 이는 센서기반 스마트 의류의 모형이 스포츠용 스마트 의류에서의 기능성, 활동성 및 사용성 등이 고려되어야 하는 의류복종 특성의 유사성에서 기인한 것으로 분석된다. 프로세스 모형 I 과 모형 II의 t 검정 결과, 컨셉 세팅 단계를 제외하고 모든 단계에서 유의한 결과를 갖는 것으로 분석되었다. 전체적인 프로세스의 분석결과는 프로세스 모형 I 을 진행하는데 있어 평균 3112.6초 시간이 소요되는 것으로 나타났으며, 프로세스 모형 II는 평균 2508.6초의 시간을 소요하는 것으로 나타났다. 이는 t=6.734, 유의 확률 .000로써 유의수준 .001에서

통계적으로 유의미한 차이가 있는 것으로 분석되었다 (Table 2). 따라서, 프로세스 모형 I 에 비해 프로세스 모형 II가 스마트 의류 설계에 있어 시간 단축의 효율성을 갖는 것으로 평가될 수 있다.

Table 2. Comparison of the phased time in process

(Sec)

Model	level	Concept setting	System level design	Combine location design level	Combine modeling design level	Deduction of final product	Total
	A	I	180	636	950	605	520
II		185	650	600	520	470	2,425
Variation		+5	+14	-350	-85	-50	-466
B	I	305	875	1250	860	660	3,950
	II	290	903	1045	708	630	3,576
	Variation	-15	+28	-205	-152	-30	-374

C	I	240	580	910	732	465	2,927
	II	230	620	380	566	320	2,116
	Variation	-10	+40	-530	-166	-145	-811
D	I	260	622	1090	792	540	3,304
	II	250	680	560	710	460	2,660
	Variation	-10	+58	-480	-82	-110	-624
E	I	175	622	835	662	510	2,804
	II	190	670	530	510	482	2,382
	Variation	+15	+48	-305	-152	-28	-422
F	I	192	570	909	648	481	2,800
	II	190	621	412	365	305	1,893
	Variation	-02	+51	-497	-283	-176	-907
Aver	I	225.3	650.8	990.6	716.5	529.3	3112.6
	II	222.5	690.6	587.8	563.1	444.5	2508.6
	Variation	-2.8	+39.8	-402.8	-153.4	84.8	-604
SD		11.23	16.30	136.16	73.12	62.29	219.69
t		.618	-5.985**	7.246***	5.136**	3.336*	6.734***

*** $p < .001$, ** $p < .01$, * $p < .05$

2) 단계전환 행동 비교

프로세스를 진행함에 있어 프로세스상의 단계별 문제해결에 어려움으로 인해 전 단계로의 전환 행동의 수를 분석함으로써 제안한 두 모형의 프로세스간의 효율성을 분석하고자 하였다. 그 결과, 전 단계에 걸쳐 모형 I에 비해 모형 II에서 단계전환 행동이 감소하였음을 알 수 있었으며, 스마트 의류 디자인 경험의 숙련도가 높을수록 모형 II 과정에서의 단계 전환의 감소폭이 큰 것으로 나타났다(Table 3). 특히 요구사항 품질문서가 제공된 이후 단계인 통합위치설계단계에서 가장 행동변환의 감소폭이 큰 것으로 나타났다. 이는 요구사항 품질문서를 통해 센서의 종류 및 센서의 위치 등 기술 및 기능 요소가 명확히 규명됨에 따라, 단계별 디자인 프로세스에 있어 의사결정의 번복이 감소함을 의미하는 것으로 프로세스 모형 II에서 요구공학 적용 단계의 효율성을 입증하는 단계로 보여진다. 프로세스 모형 I에서는 통합위치 설계 단계에서 기기의 위치를 결정하고도 통합 모델링 디자인 단계에서의 기기를 내장할 때 기기 신호선의 연결 문제 및 착용성 등의 문제로 다시 단계 전환의 행동을 하는 경우가 많았으나, 프로세스 모형 II에서는 요구사항 품질문서를 통해 기기와 의류의 구조적 연관성 이해를 통해 단계 전환의 행동이 감소한 것으로 평가된다.

Table 3. Comparison of step conversion behavior

	System level design		Combine location design level		Combine modeling design level		Deduction of final product		Total		Rate of change
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	
	A	3	7	9	4	4	2	3	1	21	
B	5	7	10	6	6	4	4	2	28	23	17.8%↓
C	3	5	6	2	3	1	3	0	18	10	44.5%↓
D	4	8	10	4	4	2	3	0	23	16	30.4%↓
E	4	8	10	4	5	2	2	1	24	17	29.2%↓
F	2	7	8	2	3	0	1	0	16	11	31.3%↓
Ave..	16	8	33	12	12	6	8	0	69	26	67.8%↓

3) 세부단계전환 행동 비교

두 모형의 프로세스간의 세부 단계별 효율성 평가를 위해, 세부 단계 진행시 문제점 발생으로 인해 전 단계로 전환하는 행동의 수를 분석, 비교하였다. 각 단계마다의 세부 전환행동을 분석한 결과, 통합위치 설계단계 및 통합 모델링 단계에서의 기기의 구성 및 기술요소들이 요구사항 품질문서를 통해 검증되었으므로, 기기구성의 통합적 사고를 통해 세부 단계의 사고과정을 단순화 시킬 수 있어 세부 디자인 전환 행동의 감소율이 높은 것으로 분석된다(Table 4). 각 세부단계에서의 사고과정을 살펴보면, 프로세스 모형 I에서는 의류기기 분야의 각 분야별 진행되는 과정을 보인 세부행동이 프로세스 모형 II에서는 분야간 동시진행이 가능한 프로세스의 진행과정을 보였는데, 이는 요구사항 품질문서를 통해 기술의 요소 및 의류 요소 등을 인지함에 따라 통합적 기기 설계의 사고의 그룹화가 가능하여 세부 단계진행이 통합적으로 이루어짐을 알 수 있었다. 또한, 프로세스 사고의 과정에서 행동변환 과정은 프로세스 모형 I과 달리 제시된 프로세스에 따라 순차적 사고과정을 통해 단계별 진행이 이루어진 것으로 사료된다.

단계전환 행동 분석결과와 같이 스마트 의류의 경력자일수록 세부행동 전환의 횟수가 모형 I에 비해 모형 II에서 크게 감소함을 알 수 있는데, 이는 센서기반 스마트 의류 디자인의 비 숙련가에 비해 요구사항 품질명세서의 활용 방안 및 평가 반영에 대한 이해도가 높음으로 인해 기인된 결과로 분석된다. 프로세스 상에서의 총 세부전환 횟수를 비교 분석한 결과, 모든 피험자들에게서 모형 II의 프로세스가 센서기반 스마트 의류

개발에 있어 효율성을 갖는 것으로 평가되었다.

Table 4. Comparison of detail converted behavior

	System level design		Combine location design level		Combine modeling design level		Deduction of final product		Total		Rate of change
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	
	A	3	7	9	4	4	2	3	1	21	
B	5	7	10	6	6	4	4	2	28	23	17.8%↓
C	3	5	6	2	3	1	3	0	18	10	44.5%↓
D	4	8	10	4	4	2	3	0	23	16	30.4%↓
E	4	8	10	4	5	2	2	1	24	17	29.2%↓
F	2	7	8	2	3	0	1	0	16	11	31.3%↓
Ave..	21	42	53	22	25	11	16	4	130	93	29.5%↓

4) 기술지원팀과의 의사소통 횟수 비교

프로세스 모형 I 과 모형 II 진행시 기술 분야를 지원 하는 기술지원팀과의 의사소통의 횟수를 평가, 비교하여 두 모형의 프로세스 효율성을 평가하고자 하였다. 그 결과, 시스템 레벨 디자인 단계에서는 요구 사항 품질 문서 도출을 위해 기술지원팀과의 의사소통 횟수가 증가하는 것으로 나타났으며, 그 외의 전 과정에서는 기술지원팀과의 의사소통 횟수가 크게 감소한 것으로 분석되었다(Table 5). 특히 통합위치 설계 단계에서 가장 큰 감소폭을 나타내었으며, 이는 전 단계에서 개발된 요구사항 품질 문서를 통해 센서의 위치 연결 부위 선정 등의 의류 설계의 기반을 잡는 부분에서의 진행이 효율적으로 이루어졌음을 증명하는

Table 5. The number of communication with technical support team

	Concept setting		System level design		Combine location design level		Combine modeling design level		Deduction of final product		Total	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
	A	5	5	10	14	10	1	6	2	4	1	35
B	5	6	13	20	8	2	7	2	5	2	38	32
C	4	3	8	12	5	2	8	0	4	0	29	17
D	5	6	15	22	13	2	7	2	5	2	45	34
E	4	4	16	22	10	2	6	1	3	1	39	30
F	3	3	5	9	7	1	5	0	2	0	22	13
Ave.	26	27	67	99	53	10	39	7	23	6	208	149

것으로 사료된다.

4.2.3 모형별 질적 효율성 비교

1) 디자인 질적 평가

프로세스 모형 I 과 II를 통해 도출된 디자인 a와 b의 결과를 간단히 고찰하면 모든 피험자에 있어서 프로세스 모형 II를 통해 도출된 디자인 b가 요구사항 품질문서의 세부 기재 방향에 따라, 센서의 정확도, 센서 모듈간의 세부 결합도, 부자재의 간소화, 스펙의 상세화 등이 이루어져 질적 효율성이 높은 것으로 평가되었다(Fig. 6). A피험자의 경우 디자인 a에 비해 디자인 b가 스펙의 정확성, 구체성 및 내부적 위치의 상세화 등이 이루어져 요구사항 적합도, 상용화 가능성이 향상되었으며, 체결 방법 등이 구체화 되어 착용성 및 사용성이 향상된 의류의 도출이 가능한 것으로 평가되었다. 피험자 B의 경우 디자인 b가 기재된 품질 문서의 전극, 신호선 크기 및 위치의 구체화가 디자인 a에 비해 상용화 및 요구사항 적합도 요소에서 높은 평가를 받았다. 또한, 모듈의 위치가 작동이 편한 위치로 적용됨에 따라 사용성 및 착용성 항목에서 높게 평가되었다. 피험자 C는 생체 신호 측정을 위해 센서의 밀착성을 고려한 전극부의 입체화와 센서-신호선 및 모듈간의 레이어링의 상세화가 디자인 b가 디자인 a에 비해 센서위치의 적합성, 사용성, 요구사항 적합도 및 상용화 가능성에서 높은 평가를 받았다. 피험자 D는 센서와 신호선을 분리한 디자인 a에 비해 센서와 신호선을 분리하지 않아도 기능의 구현이 가능한 디자인으로 변경한 디자인 b가 제작과정의 간소화를 구현한 것으로 평가되었다. 이는 기능 유지 및 제품 생산에 효율성을 갖는 것으로 평가되어 요구사항 적합도 및 상용화 항목에서 높은 평가를 받았다. 또한, 디자인에 있어 착탈의가 편리한 여밈을 적용함으로써 착용성 및 사용성에서 높은 평가를 받았으며, 전극과 신호선의 관계 및 위치를 명확히 구현함으로써, 피험자 E는 디자인 b가 디자인 a에 비해 밀착성을 갖도록 의복을 구성함으로써 센서의 인체 밀착도를 높여 신호의 정확성을 높임으로써, 전극위치의 적합성 및 사용성에서 높은 평가를 받았다. 의류측면에서의 밀착성을 갖는 디자인이 배, 허리 등을 잡아주는 기능을 부여한 것으로 판단, 착용성에서 높은 평가를 받았다. 또한, 전극 등 스펙의 상세화 및 레이어링의 구체화를 통해 신호정확성, 상용화 가능성 등에서 높은 평가를

받을 수 있었다. 피험자 F의 디자인 b는 호흡 측정의 신호선이 디자인 a에 비해 성능이 유지되는 수준에서 짧게 구현함으로써, 센서를 간소하게 구현하여 의복의 착탈의가 가능한 형태로의 디자인 전환을 보여 센서 위치의 정확성, 착용성, 사용성 및 요구사항의 적합도에서 높은 평가를 받았다. 또한, 센서 및 모듈의 구성 방안 등을 구체적으로 기재함으로써 제품화 과정에 있어서 보다 정확성을 갖으면서도 제작의 과정에 효율성을 갖도록 구성되어 상용화 가능성에서 높은 평가를 받은 것으로 분석된다.

2) 피험자간 평가

센서기반 스마트 의류 프로세스 모형 I 과 모형 II로부터 도출된 센서기반 스마트 의류의 디자인 a와 디자인 b의 센서 및 기기 위치의 적합성, 착용성, 사용성, 요구사항 적합성, 대량생산의 가능성의 5문항에 대하여 평가하였다.

그 결과, 모든 피험자의 개발물에 있어서 모형 I을 적용한 결과물인 디자인 a에 비해 모형 II를 적용하여 도출한 결과물인 디자인 b가 전문가 평가에서 높은 점수를 받았다(Table 6). 피험자간 디자인 결과물을 비교한 결과, 스마트 의류 디자인 경력이 짧은 피험자에 있어 디자인 a에 비해 디자인 b의 질적 효율성이 상승한 것으로 나타났다. 이는 숙련자의 경우 스마트 의류에 대한 이해가 비 숙련자에 비해 높아 모형 I을 통한 의류 디자인에 비해 모형 II를 통한 디자인의 큰 차이를 보이지 않는 것으로 분석된다. 이는 시스템 레벨 디자인 단계에서의 요구사항 품질문서를 도출하고, 프로세스를 수행하는 것이 디자인 경력이 적은 디자이너에게 디자인 도출과정에 있어 명확한 디자인 통합 사고를 가능하게 함으로써 최종 결과물에서의 질적 효율성이 더욱 높아진 것으로 분석된다. 디자인 a와 디자인 b의 t검정 결과는 아래의 표 6과 같이 센서위치의 적합성 항목을 제외하고 모든 항목에서 유의미한 결과를 갖는 것으로 분석되었다. 센서위치의 적합성은 대부분 적용 센서가 심박, 호흡 등의 기초 센서로 센서 위치가 동일한 피험자가 많아 유의미한 결과를 보이지 않는 것으로 사료된다. 통합적인 디자인 효율성 분석 결과, 디자인 a는 평균 3.67(S.D. = 0.19), 디자인 b는 평균 4.01(SD = 0.16)로 나타났다. 이 차이는 디자인 a에 비해 디자인 b가 전반적으로 높은 평가를 받았음을 의미한다. 이 결과는 $t = -15.105$, 유의수준 .001에서 통계적으로 유의미한 차이가 있는 것으로 분석되었다(Table 6). 따라서,

디자인 a에 비해 디자인 b가 질적으로 스마트 의류로서의 효율성을 갖는 것으로 판단된다.

Table 6. Result of the quality test evaluation

(Point)

		sensor location	wearability	usability	requirement suitability	commercialization	aver.
A	a	3.6	3.8	3.6	3.7	3.6	3.66
	b	3.6	4.2	4.2	4.0	4.0	4.00
B	a	3.6	3.2	3.6	3.4	3.5	3.46
	b	3.8	3.8	4.0	3.8	3.8	3.84
C	a	3.8	4.0	3.8	3.9	3.8	3.86
	b	4.0	4.0	4.2	4.2	4.2	4.12
D	a	3.8	3.4	3.4	3.4	3.6	3.52
	b	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.84
E	a	3.9	3.4	3.7	3.4	3.5	3.56
	b	3.8	4.0	4.2	4.1	4.1	3.98
F	a	4.0	3.8	4.0	4.0	4.0	3.96
	b	4.2	4.2	4.4	4.2	4.2	4.28
Aver.	a	3.78	3.60	3.68	3.63	3.66	3.67
	b	3.86	4.00	4.13	4.01	4.01	4.01
SD		0.132	0.219	0.083	0.172	0.151	0.551
t		-1.536	-4.472*	-13.175***	-5.452*	-5.653*	-15.105***

*** $p < .001$, ** $p < .01$, * $p < .05$

5. 논 의

실증적 프로세스 검증을 거쳐 센서기반 스마트 의류의 프로세스 모형 I 과 요구사항 품질문서 도출 및 평가 결과가 반영된 프로세스 모형 II를 개발하였다. 개발된 프로세스의 효율성을 평가하기 위하여, 스마트 의류 개발 경험이 있는 6명의 디자이너를 대상으로 프로세스 모형 I 과 프로세스 모형 II를 통하여 센서기반 스마트 의류를 디자인 하도록 하였다. 프로세스 모형 I의 경우 실증적 검증을 통한 프로세스를 통해 개발된 기초 모형을 세분화하고, 단계화하여 개발하였으며, 프로세스 모형 II의 경우 프로세스 모형 I에 요구공학을 도입한 요구사항 품질문서의 도출단계를 추가하고, 요구사항의 검증을 통해 프로세스를 이어가도록 디자인 되었다. 모형 II의 경우 요구사항 품질문서 도출 단계를 통해 기술지원팀과의 세부 사항을 명

확히 도출하고, 각 단계마다의 기술지원팀과의 교차평가를 통해 이후 프로세스 과정에 있어 기술 지원팀과의 의사소통 횟수 및 오류의 과정을 줄이고자 하였다.

그 결과, 전 피험자에게서 모형 II를 통한 디자인 개발이 모형 I을 통한 디자인 개발에 비하여 진행 시간이 감소하였으며, 오류 횟수, 디자인 행동변화 및 단계 전환에 있어 디자인 수정 행동이 감소함을 알 수 있었다. 또한, 스마트 의류 프로세스에서 의류외의 센서 및 기기 부분의 적용을 위한 기술지원팀과의 의사소통 횟수에서 큰 감소폭을 나타내어 모형 II가 모형 I에 비해 디자인 프로세스로의 효율성을 갖는 것으로 나타났다. 최종 개발 결과물에 대한 전문가를 통한 질적 평가에서도 디자인 모형 I에 비해 디자인 모형 II가 센서 및 모듈 위치의 적합성, 스마트 의류의 착용성, 사용성 및 요구사항의 적합성 요인에서 모두 높은 점수를 얻어 프로세스 모형 II를 통한 디자인 모형이 더 질적으로 우수한 것으로 평가되었다.

결론적으로, 프로세스 모형 II는 요구사항 품질문서를 도출함으로써, 의류디자인 및 기기 구성 단계를 통합적으로 인지함에 따라 진행 시간, 오류횟수의 감소를 가져왔으며, 도출된 디자인 효율성 또한 높았음을 확인할 수 있었다.

본 연구는 센서기반 스마트의류는 IT 기능과 의류 기능이 결합된 신개념의 의류로 기존의 의류 프로세스와는 다른 프로세스의 적용이 요구되며, 요구공학 기반의 프로세스를 적용 효율성을 입증하였다는 점에 그 의의가 있다. 그러나, 전체적인 의류 개발 프로세스에 적용이 아닌 모형 개발로 인한 한계가 있으므로, 추후 실증적 의류 제작과정이 도입된 프로세스의 개발이 필요할 것으로 사료된다.

REFERENCES

- Chae H.S., Hong J.Y., Park S.H., Cho H.S., Lee J.H., Lee Y.J., Han K.H.(2006), The Development of Usability Evaluation for Wearable Computer: An Investigation of Smart Clothing, *Korea Journal of The Science of Emotion & Sensibility*, Vol 9(3), pp.265-276.
- Cho H.K., Lee J.H.(2008), The development of Usability Evaluation Criterion for sensor based smart clothing, *The Society of Fashion & Textile Industry*, Vol. 10(4), pp.473-478.
- Cho H.S. Koo S.M. Lee J.H., Cho H.K., Kang D.H., Song H.Y., Lee J. W., Lee K.H., Lee Y.J.(2011), Heart Monitoring Garments Using Textile Electrodes for Healthcare Applications, *Journal of Medical System*, 35. pp.189~201.
- Kim D.W.(2000), A Study on Requirements Analysis for Information Strategy. Planning Computer industrial systems Eng. *The Graduate School. Yonsei Univ.*
- Lee S.Y.(2007).study on a model of design process for smart sportswear, Thesis of Master's Dgree, Dept. of clothing and Textile, *The Graduate School. Yonsei Univ.*
- Lee Y.J.(2006). model of design process for Digital-Color Clothing , Thesis of Doctoral Dgree, Dept. of clothing and Textile, *The Graduate School. Yonsei Univ.*
- Park Y.J.(2004). A Study on the Classification of Business Process for Process Modeling based on Application Integration, Thesis of Master's Dgree, Dept. of Computer Science, *The Graduate School. Yonsei Univ.*
- Yook H.M., Jeon M.H., Rho Y.J., Seong J.H., Lee H.S., Sohn Y.W.(2003), Identification of Usability Elements for Designing Intelligent Jackets, *Korea Journal of The Science of Emotion & Sensibility*, Vol 6(3), pp.89-99.
- Yook H.M., Oh C.Y., Jeon M.H., Sohn Y.W.(2003), Study on Usability Evaluation for Wearable Computer:Evaluation Scale for User-centered Smart Jacket Jackets, *Korea Journal of The Science of Emotion & Sensibility*, Vol 7(3), pp.7-13.
- Axisa, F., Schmitt, P. M., Gehin, C., Delhomme, G.,McAdams, E., Dittmar, A.(2005): 'Flexible technologies and smart clothing for citizen medicine, home healthcare,and disease prevention,' *IEEE Trans. Inf. Technol. Biomed.*, vol.9, no.3 pp.325-336.
- Robertson S., Robertson J.(1999). Mastering the requirements process, *ADDISON-WESLEY*.
- Gemperle, F., C. Kasabach, Stivorie, J., M. Bauer and Martin, R.(1998), Design for wearability, *Digest of Papers Fourth International Symposium of Wearable Computer*, LosAlamitos, California:IEEE.

원고접수: 2013.04.25

수정접수: 2013.09.02

게재확정: 2013.09.23