

보행 시 팔의 교차 운동을 이용한 에너지 하베스팅 재킷 디자인 개발

이혜원¹⁾ · 이민선³⁾ · 서성은²⁾ · 노정심^{3)†}

¹⁾상명대학교 문화기술연구소 · ²⁾가천대학교 패션디자인학과 · ³⁾상명대학교 의류학과

Development of Outdoor Jacket Design using Energy Harvesting System by Arm Swing Motion during Walking

Hyewon Lee¹⁾, Minsun, Lee³⁾, Sung Eun, Suh²⁾, and Jung-Sim Roh^{3)†}

¹⁾ Culture Technology Research Center, Sangmyung University; Seoul, Korea

²⁾ Fashion Design Major in College of Arts, Gachon University; Sunghnam, Korea

³⁾Dept. of Fashion & Textiles, Sangmyung University; Seoul, Korea

Abstract: This study develops a user centered outdoor jacket capable of energy harvesting based on consumer needs. Jackets are designed for typical outdoor activities such as hiking, trekking, and climbing, integrated with an energy harvesting module that can generate electric power from arm swing in outdoor and daily life walking. Textile based energy generators developed by the previous research of Lee & Roh (2018) were used. A prototype was created based on the arm swing motion experiment for location options and energy harvesting system functions, the simulation by the design sketch, and evaluation of the wearing test by experts. In-depth interviews were later conducted for the prototype with 10 outdoor experts to derive the optimal location of an energy harvesting system in three ways, and the prototype was revised to 5 styles that reflected reviews by experts on function and appearance. Research indicated that the energy harvesting jacket design signifies a user-centered design based on expert interviews and usability evaluation as well as previous research on energy generation and storage device. The jacket is convenient because it combines an energy generator in an optimal position to maximize energy generation with a storage and charging device that can be inserted into various position options for accessibility.

Key words: energy harvesting jacket (에너지 하베스팅 재킷), arm swing motion during walking (보행 시 팔의 교차 운동), charging device (충전 장치), user-centered design (사용자 중심 디자인)

1. 서 론

최신 IT 기술을 이용한 산업 간 융합 속도가 급속히 빨라지면서, 생활 전반에서 IT 융합 기술에 대한 소비자 및 기업의 수요와 더불어 웨어러블 테크놀로지 시장이 급격히 증가하고 있다. 영국의 테크놀로지 전문 시장조사 기관인 IDTechEx는 웨어러블 기기 시장(Wearable device market)이 매년 100억 달러 이상 성장하여 2027년에는 1,500억 달러에 이를 것으로 전망하였다(Hayward, 2017). 이 중 전자 장치, 의류 및 섬유와 관련된 웨어러블 기술은 현재 240억 달러에서 2026년까지 700억 달러로 3배 이상 성장할 것으로 예측하였다(Wearable

technology intelligence, 2019). 세계 최대 소비자 가전 전시회인 CES(Consumer Electronics Show)는 2017년 ‘웨어러블 테크놀로지 서밋(Wearable Technology Summit)’에서 성장세를 달리고 있는 웨어러블 기술의 고부가가치에 관하여 재조명하였다. 또한, 웨어러블 기술이 다방면에서 보편화되고 있는 가운데 우리 삶에 보다 깊게 융합되고 통합되어 편리하게 사용되기 위하여 개인 정보와 보안 문제, 웨어러블 기술에 대한 소비자 인식부족과 더불어, 특히 웨어러블 기기의 빠른 배터리 소모에 관한 문제점 개선의 필요성을 제기하였다(CES 2017, 2017). 이제 웨어러블 기술의 핵심은 보다 편안하고 세련된 기술을 통해 강력한 가치 제안을 충족시킬 수 있는 지속 가능한 장치 성장으로 도약하고 있다(The state of wearables, 2019).

그동안 패션 분야에서는 스마트 패션 제품 개발 동향(Suh & Roh, 2015), 에너지 하베스팅 패션 제품 개발현황(Suh & Roh, 2017)과 같은 국내 연구에서 기업 수요와 사용자 니즈에 기반한 웨어러블 패션 제품에 관한 시장조사가 이루어졌고, 웨어러블 패션 시장에 적용할 수 있는 웨어러블 시스템과 스마트 텍스타일 및 아이템 개발에 관한 다양한 연구가 이루어지고 있

†Corresponding author; Jung-Sim Roh

Tel. +82-51-510-2841, Fax. +82-2-781-7527

E-mail: jungsimroh@smu.ac.kr

© 2019 (by) the authors. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

다(Ariyatun et al., 2005; Gemperl et al., 1998; Kim et al., 2016; Lee & Roh, 2017; Lee et al., 2018; Lee & Roh, 2019; Riemer & Shapiro, 2011; Schmunzsch et al., 2014; Suh et al., 2010; Wright & Keith, 2014). 본 연구에서는 최근 아웃도어 활동을 즐기는 소비자 증가에 따른 자가발전을 이용한 휴대용 기기의 배터리 충전 필요성에 주목하고, 인체 활동을 토대로 에너지 발생부터 충전, 사용까지 기기의 정상작동, 편리성, 착용성, 안전성이 전제된 에너지 하베스팅 기술이 접목된 에너지 하베스팅 텍스타일 패션 제품을 개발하고자 하였다.

‘에너지 하베스팅’이란 일상생활에서 버려지거나 소모되는 에너지를 모아 전력으로 재활용하는 기술로, 메사추세츠 공과대학에서 세계 10대 유망 기술로 선정되었고, 미국의 과학잡지, ‘Popular Science’에서는 45가지 혁신 기술의 하나로 선정되었다(Kim, 2016). 또한, 국가표준코드데이터사무국(NCS)은 2015년도 10대 표준화 전략 트렌드 중 하나로 웨어러블 에너지 하베스팅 기술을 지목하였다. 웨어러블 에너지 하베스팅 기술은 인체의 움직임에서 발생하는 진동, 압력, 열, 마찰력 등의 에너지를 사용 가능한 전기 에너지로 변환시키는 기술로 기능성 의복, 스마트 워치와 같은 웨어러블 전자 기기(Wearable electronics)의 주전원 혹은 보조전원으로 응용될 수 있다(“Wearable energy harvesting”, 2015). 현재 기술 성숙도가 높고 가장 많은 상용화가 이루어진 에너지 하베스팅 기술은 태양 전지이지만 아웃도어 활동이 증대됨에 따라 신체 움직임에서 발생하는 압력 등을 전기로 변환하는 제품, 사람의 불규칙한 신체 활동에서 수확한 마찰 에너지를 충전하는 제품 등이 활발하게 개발되고 있다(Suh & Roh, 2017). IDTechEx는 에너지 하베스팅 기술 중에서도 마찰에너지 하베스팅을 위한 변환기 시장이 2028년에 4억 8천만 달러의 시장이 될 것이라고 예측하였으며(Triboelectric energy harvesting, 2018), 2029년에 이르면 에너지 하베스팅이 수십억 달러의 사업을 창출하여 새로운 방식으로 사회에 기여하게 될 것이라고 보고하였다(Energy harvesting, 2019). 이렇듯 에너지 하베스팅에 대한 기술적 관심은 세계적으로 매우 크게 증가하고 있으며, 본격적 상용화를 위한 개발에 많은 투자가 이루어지고 있다. 따라서 의류산업에서도 일상의 건강과 웰빙을 추구하며 여가활동에 대한 높은 관심으로 부각된 에슬레저 트렌드에 주목하고 패션 아이템으로서의 시장성을 갖춘 디자인 개발이 필요한 시점이다.

아웃도어 활동 기반 에너지 하베스팅 패션 제품을 제작하기 위해서는 에너지 하베스팅 텍스타일 시스템의 각 요소, 즉 전력 생성·전송·저장 시스템 요소가 함께 개발되어야 하며, 이들 간 연결 및 통합을 통하여 의류부착 하우스팅 또한 필요하다. 또한 에너지 하베스팅 텍스타일 시스템 모듈의 장착 및 성공적인 제품화를 위하여 패셔너블한 제품 구성 및 통합 기술에 관한 전문적인 연구가 필요하다. 선행연구에서는 자성소재로서 자석과 에너지 하베스팅 텍스타일로서 전도성사 코일을 이용하여 보행 시 팔이나 다리의 교차운동으로 전력을 생산할 수 있는 웨어러블 에너지 하베스터를 개발하였다(Lee & Roh, 2019).

또한 3년 이상의 아웃도어 경험을 가진 아웃도어인 217명을 대상으로 에너지 하베스팅 의류 및 용품에 대한 구매 니즈를 분석한 연구(Lee & Roh, 2017)를 통해 시장성 높은 에너지 하베스팅 패션 제품에 대한 방향성이 제시된 바 있다.

본 연구는 웨어러블(Wearable) 디바이스용 에너지 하베스팅 및 무선 전력전송 기술 개발 및 적용을 최종 목표로 진행하는 연구의 일부로서, 교차운동 에너지 하베스팅 텍스타일 시스템이 적용된 사용자 중심의 에너지 하베스팅 재킷 디자인을 개발하여 시제품을 제작하고자 하였다. 또한, 아웃도어 환경에서 유사시에 발생할 수 있는 자가발전의 필요성에 주목하고 이에 적합한 보행 교차 운동을 이용한 에너지 하베스팅 재킷 디자인을 개발하되 스마트 시스템의 기능과 편리성, 안전성, 착용감, 전체 외관 등 웨어러블 테크놀로지의 의류 통합 시에 필요한 제반 사항들을 고려하여 상용화 가능성을 높이고자 진행되었다.

연구 문제는 다음과 같다.

첫째, 아웃도어 활동 기반 에너지 하베스팅 스마트 패션 아이템 개발을 위한 사용자 니즈 분석(Lee & Roh, 2017) 연구에서 확인된 에너지 하베스팅이 가능한 인간의 자연스러운 움직임으로서 교차 운동의 적합성과 에너지 하베스팅 시스템 적용 부위 및 디자인 선호도 결과를 바탕으로 재킷 디자인을 개발한다.

둘째, 개발된 웨어러블 에너지 하베스팅 모듈로서 자성부와 코일부를 재킷 디자인에 적용할 위치를 결정한다. 이를 위하여 일정한 실험 조건 하에서 보행 운동을 실시하여 보행 교차 운동을 통한 전력 생성 시스템의 정상작동 및 최적의 모듈 위치를 확인하여 도출한다.

셋째, 에너지 하베스팅 시스템 중 에너지 저장 및 충전 장치인 배터리 위치 선정을 위하여 선행연구(Lee & Roh, 2017)에서 도출된 옵션을 반영한 실험용 스마트웨어 프로토타입을 제작한 후 사용성 평가를 위해 10명의 아웃도어 전문가를 선정하여 심층 인터뷰를 실시한다.

넷째, 아웃도어 전문가의 심층 인터뷰 결과를 수렴하여 에너지 하베스팅 재킷의 사용성을 보완한 최종 시제품을 제작한다.

2. 연구 방법

2.1. 에너지 하베스팅 시스템 장치

웨어러블 에너지 하베스팅 시스템 장치는 자성부, 코일부, 그리고 생성전력 저장 및 충전부로 구성되어 있으며 전도성사로 만들어진 코일부는 텍스타일 케이블(Lee et al., 2018)로 연결되어 있다(Fig. 1). 자성부는 두개의 자성체(자성체 1개당 2cm(Width) × 4cm(Height) × 1cm(Depth))를 사용하였으며, 두 자성체는 1500턴 코일 두께에 해당하는 3cm 간격을 두었다. 코일은 턴수(Turned number)의 증가와 함연사의 개별 하연사를 직렬로 연결하면 전력 생성량이 많아진다는 선행연구(Lee & Roh, 2018)의 결과를 반영하여 3합사 형태의 전도성사를 이용하여 1500턴의 코일을 제작하고, 전도성사를 구성하는 3개의 하

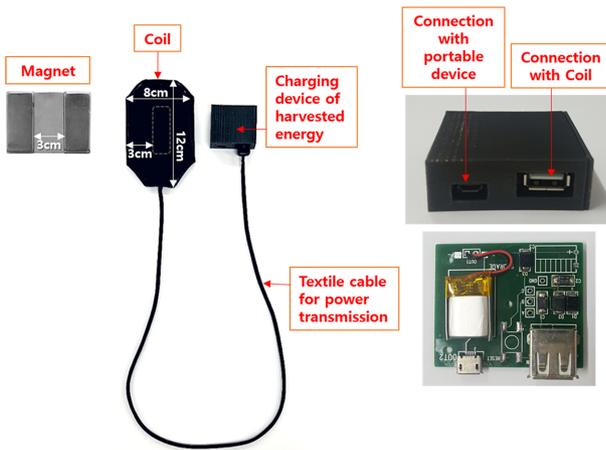


Fig. 1. Magnet, coil, and power storing and charging device. Textile cable for power transmission connecting the coil and the charging device.

연사를 직렬로 연결하였다. 크기는 8cm(Width) × 12cm(Height), 무게는 55.75g이다. 코일은 전력전송용 텍스타일 케이블(Lee et al., 2018)로 에너지 저장장치와 연결되었으며, 외부 기기는 마이크로 USB로 충전부에 연결된다. 텍스타일 케이블 전송선은 기존의 전선보다 착용성과 유연성이 우수하다. USB 연결부와 배터리를 장착한 저장 및 충전용 보드는 5cm(Width) × 4.4cm(Height) × 1.8cm(Depth) 크기의 케이스에 담았다.

2.2. 에너지 하베스팅 시스템 위치 선정

2.2.1. 위치 선정을 위한 보행 교차 운동 실험

본 연구의 에너지 하베스팅 시스템은 전도성사 코일과 자석의 교차운동으로 에너지를 수확하는 웨어러블 에너지 하베스터를 사용하였다(Lee & Roh, 2019). 에너지 수확량은 코일 턴수, 자석 세기, 교차 운동 속도에 비례하고, 자석과 코일 사이의 거리 제곱에는 반비례한다. 그러므로 에너지 수확량을 높이기 위해서는 코일의 턴수를 높이고, 자석의 세기를 크게 하고, 자석과 코일은 최대한 근접하게 위치해야 하며, 자석과 코일의 교차는 완전히 스쳐 지나가도록 하면서 빠른 속도로 반복해야 한다.

에너지 생성 장치 중 코일부와 자성부의 위치 결정을 위해 성인 남성 4명의 피험자를 대상으로 보행 시 팔의 교차 운동 실험을 실시하였다. 재킷 프로토타입을 제작하기 위해 피험자는 글로벌 의류산업에서 의복 패턴과 생산을 위해 실제 인체와 가장 유사한 마네킹을 제조하는 Alvanon에서 제공하는 남성의 국제 표준 사이즈(“Alvaform measurements”, 2019)에 따라 36(어깨너비 43.5cm, 가슴둘레 91.5cm)에 준하는 표준 M사이즈(키 170cm 이상 175cm 이하, 몸무게 60kg대)의 건강한 남성으로 모집하였다. 그리고 재킷에서 교차 운동이 발생하는 팔 부위를 중심으로 위치를 확인하기 위하여, 피험자들의 몸에 편안하게 잘 맞는 기본 라운드 긴 팔 티셔츠를 동일한 사이즈

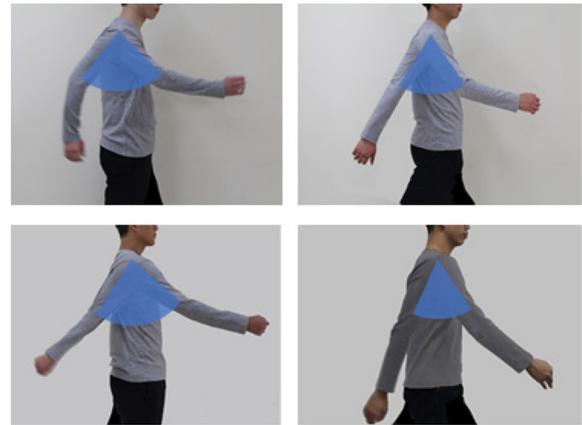


Fig. 2. Experiment of arm swing during walking.

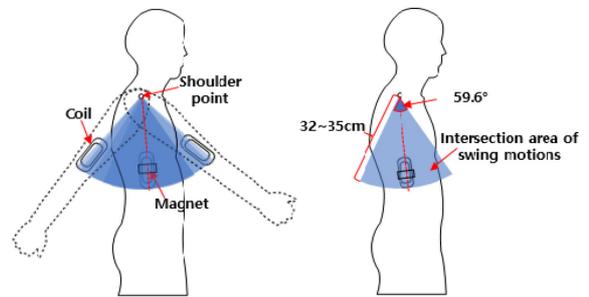


Fig. 3. Intersection area according to the arm swing motion of the four subjects.

(M)로 착용하도록 한 후에 30초 동안 일반 보행 속도 1.4Hz(Cavagna et al., 1997; Holt et al., 1995)로 보행에 따른 팔의 교차 운동을 실시하였다(Fig. 2). 교수 3인, 박사 1인으로 이루어진 전문가 4인의 관찰 및 사진과 동영상 촬영이 이루어졌으며, 각 피험자들의 교차 운동시 팔 안쪽 부분과 몸 옆선 부분의 스침 부위를 관찰하였다. 전문가 관찰과 더불어 4명의 피험자들이 체감하는 스침 부위에 관한 교집합을 표시한 결과, 4명 피험자의 위팔 길이는 32~35cm이었으며 그들의 팔 교차운동으로 인한 몸 옆구리 스침 부위 및 각도는 56.9°이었다(Fig. 3). 이를 에너지 생성 장치 모듈의 최적 위치로 판단하고, 재킷 설계에 적용하여 피험자들이 느끼는 장치의 무게감과 착용감을 고려하여 좀 더 가볍고 부드러운 패브릭 패치 형태의 코일은 팔 겨드랑이 아래 부분에, 중량감과 둔탁함이 있는 자석은 상체 옆선 부위에 부착하는 것으로 결정하였다.

2.2.2. 에너지 저장 및 충전 장치 위치 선정

생산 전력의 저장 및 충전 장치는 선행연구(Lee & Roh, 2017)의 선호도 결과에 따라 활용이 용이하고 움직임에 방해가 없는 상의 밑단 부위(35.9%), 가슴 바깥 포켓(31.3%), 가슴 안쪽 포켓(28.6%), 사이드 포켓(27.2%), 어깨(24.9%), 칼라와 후드(14.3%)의 6가지 위치에 관한 디자인 스케치(Fig. 4)로 1차

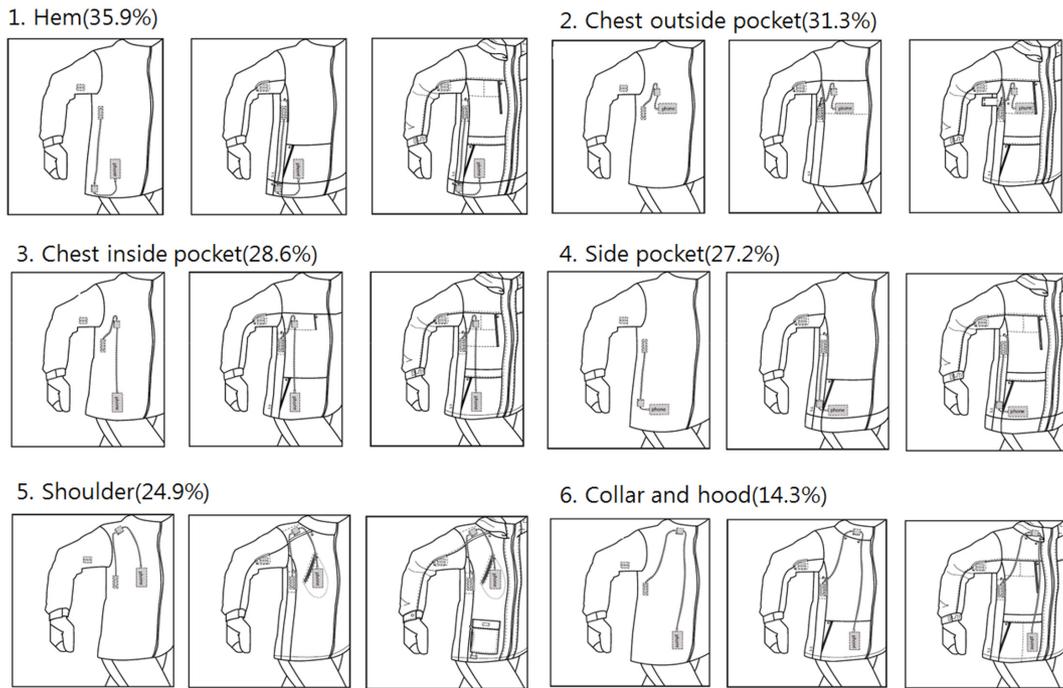


Fig. 4. Sketch options for locations of energy harvesting system; coil, magnetic, and battery.

시뮬레이션하여 의류제품 기획 실무자 2인과 국내 패션 전공 박사 1인, 교수 3인으로 구성된 6인의 전문가 평가를 실시하였다. 또한, 디자인 스케치를 바탕으로 기존의 아웃도어 재킷의 시제품에 일시적으로 에너지 하베스팅 모듈을 부착하여, 전문가들의 2차 차의 평가를 통해 선호도 부위의 가장 적절한 위치를 재조정하였다. 먼저, 선행연구의 설문조사에서 선호도가 높았던 밑단, 가슴 바깥, 가슴 안쪽, 사이드 포켓을 채택하였다. 5번째 선호 부위인 어깨는 아웃도어 활동 시 주로 매는 백팩(Back pack) 늘릴 수 있다는 점, 6번째 선호 부위인 칼라와 후드는 현실적으로 충전 장치를 넣고 빼는 것이 불편할 수 있다는 점을 고려하여, 두 부위를 보완하는 요크 부분으로 위치를 조정하였고, 아웃도어 활동 시 가방 등 다른 요건에 방해받지 않고, 편리하게 접근할 수 있는 커프스 포켓을 추가하였다. 결과적으로, 에너지 저장을 위한 충전 장치의 위치는 일반적인 아웃도어 재킷의 기본 포켓들(가슴 포켓, 핸드 포켓)을 포함하여 활동성 및 휴대폰 소지에 유용한 접근성에 따라 최종 6가지 포켓 부위로 수정되었다(Fig. 4).

2.3. 에너지 하베스팅 재킷 디자인 설계 및 제작

본 연구에는 Lee and Roh(2017) 연구 결과에 따라, 가장 대표적 아웃도어 활동으로 선정된 하이킹, 트레킹, 클라이밍 등에 적합한 기능을 갖추며, 아웃도어뿐 아니라 일상생활에서도 착용이 가능한 시티형 재킷을 설계하고자 하였다. 아웃도어 활동 시 주로 휴대하는 장치는 스마트폰이며, 아웃도어 활동과 관련해 유익하다고 생각하는 하베스팅 에너지원은 운동에너지로

나타났고, 운동에너지 전력 생성 가능 부위는 팔과 다리로 인식하고 있었다. 또한, 의류 관리에서 중요한 부분은 탈 부착이 가능하여 아웃도어의 세탁이 용이한 형태를 원하였다. 따라서 아웃도어 활동 시 휴대폰을 충전할 수 있도록 에너지를 생성, 저장할 수 있는 스마트 시스템을 장착한 하이킹 재킷을 개발하되, 평상시에도 입을 수 있는 시티형 디자인에 스마트 시스템을 탈부착할 수 있는 형태로 기획하였다. 재킷 디자인은 아웃도어 의류제품 기획 실무자 2인과 국내 패션 전공 박사 1인, 교수 3인으로 구성된 전문가 6인의 의견에 따라 아웃도어 재킷 외관을 결정하였다(Fig. 5). 모듈 부착에 방해가 되는 봉제선(Seam)이나 기타 지퍼 등의 부자재와 구성 라인이 최소화된 기본형 아웃도어 재킷 스타일을 선택하였고, 재킷은 남성 M(Medium)과 남성 L(Large) 두가지를 준비하였다.

에너지 하베스팅 모듈은 보행 교차 운동 실험 결과에 따라, 아웃도어 재킷 착용 후 팔 스윙 시 가장 효율적으로 전력이 생성되는 팔 거드랑이 아래 부분과 상체 옆면이 닿는 부분에 장착하여 포켓형 디자인으로 적용하며, 코일과 자석이 재킷 내부에 삽입되도록 설계하였다(Fig. 6). 충전 장치는 1차 디자인 시뮬레이션과 2차 차의 평가를 통해 선정된 6가지 위치 옵션인 요크, 가슴 바깥, 가슴 안쪽, 핸드 포켓 밑단, 요크, 커프스 부위 안쪽에 주머니를 제작하여 삽입될 수 있도록 하였다. 주머니는 6가지 위치를 양손잡이를 고려하여 좌우 총 12개로 제작하였고, 배터리 사이즈에 꼭 맞도록 테크니컬 스트레치 메시(Technical stretch mesh) 소재를 사용하였다. 주머니 입구는 엘라스틱 밴드(Elastic band)로 바인딩(Binding)하여 배터리가 이

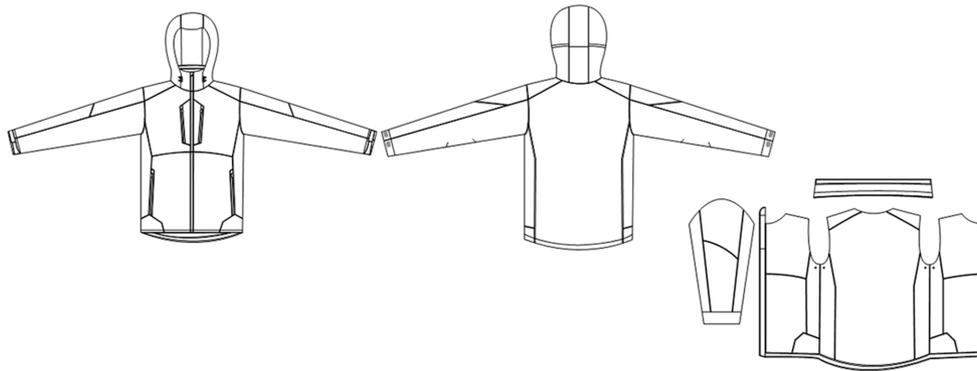


Fig. 5. Jacket flats (out-shell front, out-shell back, and inside).

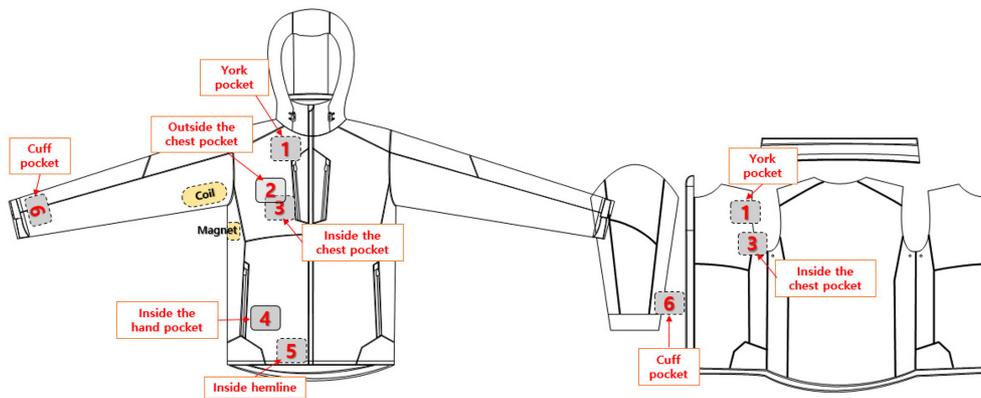


Fig. 6. Pocket options for the location of battery (example of right side).

탈되지 않도록 고정시켰다. 에너지 하베스팅 시스템의 재킷 내 통합을 위하여 에너지 생성 장치와 저장 및 충전 장치를 연결하는 텍스타일 전송선이 통과하여 지나갈 수 있는 터널을 디자인하였고, 주머니와 터널이 외관에서는 보이지 않도록 재봉을 하지 않고 테이핑 접착 방식으로 제작하였다. 또한, 각 모듈들의 적절한 위치가 반영되면서도 시티형으로 입을 수 있도록 전체적인 실루엣이나 요크, 사이드 패널, 주머니 등을 이용하여 디테일 선들이 트렌드를 반영하도록 프로토타입 재킷을 제작하였다(Fig. 7, 8).

3. 착의 평가

본 연구에서 설계 및 제작한 에너지 하베스팅 재킷 프로토타입에서는 교차 운동 실험에 의하여 운동에너지가 최대로 발생할 수 있는 팔 스윙 교차 지점에 에너지 생산 모듈을 고정하였다. 그러나 생산 전력 저장 및 충전 장치의 위치는 아웃도어 활동 시 사용자의 편리함이 가장 중요하기 때문에, 선행연구에서 도출한 선호 위치를 스케치로 시뮬레이션하고, 전문가 착의 평가를 반영하여 재킷 내 충전 장치를 삽입할 수 있는 포켓을 좌우에 각 6개씩 총 12개를 제작하여 부착하였다. 이렇



Fig. 7. Prototype of energy harvesting jacket for appraisal evaluation.

게 제작된 프로토타입 재킷 내부에서 저장 및 충전 장치 위치의 최종 선정을 위하여, 5년 이상 등산 및 하이킹 경력이 있으며 한 달 평균 2회 이상 아웃도어 활동을 하는 아웃도어 전문가 10명을 모집하여 이들을 대상으로 12개의 충전 장치용 포켓 위치 별 선호도와 에너지 하베스팅 모듈에 관한 전반적인 착용감에 관해 응답하도록 하였다.



Fig. 8. Inner appearance of a jacket with pockets for energy generation, storage and charging devices.

4. 결과 및 논의

4.1. 에너지 저장 및 충전 장치 위치 선호도 및 기타 의견

아웃도어 전문가들의 착의 평가를 통해 에너지 저장 및 충전 장치 포켓 12개 중 최종 선호 부위가 도출되었다(Table 1). 가장 선호된 충전 장치 포켓 위치는 핸드 포켓 내부, 밑단 부분, 가슴 바깥 포켓 순이다. 선행 논문(Lee & Roh, 2017)에서 조사되었던 생산 전력 충전 장치의 선호 부착 위치 중에 가장 많이 선호되었던 ‘상의 밑단 부위’는 본 연구에서도 동일하게 가장 많이 선호되었다. 그 다음으로 선호 위치로 나타났었던 ‘가슴 바깥 포켓’은 본 연구에서는 선호 3순위로 나타났고, ‘핸드 포켓’ 부위가 2순위로 나타났다. 위치선호도 외에 에너지 생성 장치의 부피 및 무게로 인해 팔의 쓸림과 옆구리 부분의 처짐 현상이 발생하므로 에너지 하베스팅 장치들의 중량 및 부피의 개선이 필요하다는 기타 의견이 있었다. 또는 코일부와 자석부의 위치 전환도 고려할 수 있다는 의견이 제기되

었다. 그 외에 전체 외관 디자인 및 색상의 다양성이 필요하다는 의견도 있었다.

4.2. 최종 시제품 재킷 제작

이상의 프로토타입 재킷의 착의 평가를 통해 수집된 의견을 바탕으로 최종적으로 5가지 스타일의 아웃도어 재킷을 제작하였다(Fig. 9). 프로토타입 재킷 착의 평가 중 언급된 에너지 생성 장치의 위치는 프로토타입 재킷 내의 위치로 그대로 결정하였다. 그 이유는 자석은 무게로 인해 팔 부분보다 몸판에 고정됨이 유리할 것으로 판단되었기 때문이다. 그로 인해 코일 위치는 팔 부분에 그대로 고정되었으며, 코일 부피는 추후 개선할 필요가 있겠다. 충전 장치 주머니 위치는 핸드 포켓 내부, 밑단 부분, 가슴 바깥 포켓 내부 3가지 모두 부착하여 착용자로 하여금 선호 위치를 자유롭게 선택하고자 하였다. 따라서 코일과 에너지 충전 기기를 연결하는 터널을 겨드랑이 아래 옆선 부위에 위치한 코일을 담는 포켓으로부터 상의 밑단 부위로 연결시키고 상의 밑단 부위에 에너지 충전 기기를 담을 수 있는 포켓을 디자인하였다. 또한 핸드 포켓 및 가슴 바깥 포켓으로 터널을 유도하고 핸드 포켓 및 가슴 바깥 포켓에 에너지 충전 기기를 담을 수 있도록 디자인을 시도하였다. 그리고 아웃도어 전문가 심층 면접 시 다양한 스타일 반영 요구에 따라, 보행 교차 운동에 의한 에너지 생산이 가능하도록 표준 체형에 맞게 제작된 프로토타입 재킷의 핏, 스타일과 유사하면서, 국내의 아웃도어 시장에서 가장 보편적으로 출시되고 있는 라이트, 미디엄 중량의 방수, 방풍용 아웃도어 재킷의 종류를 다음과 같이 5가지 스타일로 제안하고자 하였다. 여기에 충전 장치 위치에 관한 최종 선호도 결과에서 3가지 옵션을 반영한 에너지 하베스팅 시스템을 주머니 안에 탈부착 가능하도록 장착하여, 스톰셸 재킷(Storm shell jacket), 라이트 웨이트 재킷(Light weight jacket), 후디 재킷(Hoody jacket), 패딩 재킷(Padding jacket), 플리스 재킷(Fleece jacket)이라는 5가지 시제품으로 제작하였다.

Table 1. Preference of the pocket position of the charging device through the usability test

Location	Number of answers about charging device pocket position preferred(N=10)			The reasons of the answer
	1	2	3	
Inside hemline	5	3	1	- Location where there is no part pressed or caught by the backpack - A pocket easily turned upside down to put the device in and out.
Inside the hand pocket	2	3	3	- The most familiar pocket position where you can connect and store your phone at the same time - A device charged by putting your hand directly without a zipper.
Outside chest pocket	2	0	2	- The second familiar pocket position to carry your belongings - Relatively easy to open the zipper rather than the inside pocket that should open the entire center front in order to open the chest inside pocket
Inside chest pocket	1	0	2	- The most familiar inner pocket and secure location that holds your wallet or cell phone
Cuff part	0	3	2	- Less contact with the body - Convenient accessibility with near the hand
York part	0	1	0	- Located in upper body like chest pocket



Fig. 9. Storm shell jacket style, light weight jacket style, hoody jacket style, padding jacket style, fleece jacket style: Outshell (up) & energy harvesting system inside (down).

5. 결 론

본 연구의 목적은 소비자의 니즈를 반영하여 에너지 하베스팅이 가능한 사용자 중심 아웃도어 재킷을 개발하기 위함이다. 대표적 아웃도어 활동으로 하이킹, 트레킹, 클라이밍 등에 적합한 여유량과 포켓 등을 갖춘 시티형 아웃도어 재킷으로, 아웃도어와 일상생활 활동 시 보행 스윙 운동에 의해 전력 생산이 가능한 에너지 하베스팅 모듈이 장착된 재킷의 디자인을 설계하였다. 이를 위하여 선행연구(Lee & Roh, 2019)에서 개발된 에너지 생성 장치로 자석과 코일을 사용하였고, 에너지 저장 및 충전 장치를 포함한 에너지 하베스팅 시스템의 위치 옵션과 기능에 관한 보행 교차 운동 실험, 디자인 스케치에 의한 전문가 시뮬레이션과 착의 평가를 바탕으로 프로토타입을 제작하였다. 이후 아웃도어 전문가 10인의 착의 평가와 심층 인터뷰를 통해 시스템의 최적 위치를 3가지로 도출하고, 기능과 외관에 관한 의견을 반영하여 수정 보완된 시제품을 총 5가지 스타일로 제작하였다.

연구의 결과로서 제작된 재킷 디자인의 장점은 에너지 생성 장치 및 에너지 저장 장치에 대한 선행연구와 여러 차례에 걸친 착의 평가를 통해 사용자 중심의 디자인이 개발되었다는 점이다. 재킷은 에너지 생성을 극대화할 수 있는 최적의 위치에 에너지 생성 장치가 통합되어 있고, 저장 및 충전 장치 또한 사용자의 접근성이 높은 부분에 여러 가지 옵션으로 삽입 가능하여 편리성이 뛰어나다.

본 연구에서 에너지 충전 및 저장 장치 선호 위치에 관하여 선행연구와의 답변 차이가 존재한 부분이 있었는데, 선행연구는 217명이라는 다수의 3년 이상의 아웃도어 활동 경험자들에게 착의 평가와 심층면접 없이 설문지로만 진행한 반면, 이번 연구에서는 아웃도어 활동 경력이 5년 이상인 전문가 10명을

대상으로 하여 그들의 구체적인 아웃도어 활동 경험을 심층 인터뷰하였고, 실물로 제작된 프로토타입을 직접 착용하게 함으로써 활동성 및 움직임에 대한 주관적 감각을 반영하였기 때문에, 좀 더 사용자의 경험에 기반한 결과를 도출할 수 있었다. 추후 착용성과 기능성을 좀 더 높이기 위한 모듈 디자인 및 중량 개선과 이를 반영한 에너지 하베스팅 시스템 정상 작동을 평가하는 연구가 필요하다.

아웃도어 인들은 대부분 아웃도어 활동 시 스마트폰 등의 전자기기를 휴대하고 있는데, 활동 시간과 장소에 따라 배터리 소진 및 통신 두절이 발생할 수 있으며, 특히 조난 시에는 통신이 불가할 경우 위험한 상태에 이를 수도 있다. 심층 인터뷰 결과, 많은 아웃도어 인들이 에너지 하베스팅이 가능한 스마트 패션 아이템에 관심이 높으나 실제로 스마트웨어를 착용 혹은 구매한 경험은 상대적으로 미미하고 아직은 시제품도 대중화되어 있지 않은 실정이다. 이에 소비자의 니즈를 보다 정확하게 분석하여 과학적인 방법으로 디자인에 적용시킨다면 스마트웨어의 시장은 크게 성장할 것으로 기대된다.

References

- 'Alvaform measurements & specs'. (2019). *Alvanon*. Retrieved March 23, 2018, from https://alvanon.com/wp-content/uploads/2018/10/AF-SPECS_US-ASTM_Men_v5.0_23NOV2016-1.pdf
- Ariyatun, B., Holland, R., Harrison, D. J., & Kazi, T. (2005). The future design direction of smart clothing development. *Journal of the Textile Institute*, 96(4), 199-210. doi:10.1533/joti.2004.0071
- Cavagna, G. A., Mantovani, M., Willems, P. A., & Musch, G. (1997). The resonant step frequency in human running. *Pflügers Archiv*, 434(6), 678-684. doi:10.1007/s004240050451
- CES 2017, Wearable technology summit. (2017). *Miceinsight*. Retrieved January 18, 2019, from <http://www.miceinsight.co.kr/archives/11261>

- Energy harvesting microwatt to Megawatt 2019-2029. (2019). *IDtechEx*. Retrieved January 18, 2019, from <https://www.idtechex.com/research/reports/energy-harvesting-microwatt-to-megawatt-2019-2029-000615.asp>
- Gemperle, F., Kasabach, C., Stivoric, J., Bauer, M., & Martin, R. (1998, October). Design for wearability. In *digest of papers. Second international symposium on wearable computers (cat. No. 98EX215)* (pp. 116-122). IEEE. doi:10.1109/ISWC.1998.729537
- Hayward, J. (2017, August). Wearable devices market will reach over \$150bn annually by 2027. *IDTechEx*. Retrieved January 18, 2019, from <https://www.idtechex.com/research/articles/wearable-devices-market-will-reach-over-150bn-annually-by-2027-00011530.asp?donotredirect=true>
- Holt, K. G., Jeng, S. F., Ratcliffe, R., & Hamill, J. (1995). Energetic cost and stability during human walking at the preferred stride frequency. *Journal of Motor Behavior*, 27(2), 164-178. doi:10.1080/00222895.1995.9941708
- Kim, H. J. (2016). Future of energy fusion fiber materials and textile industry. *Proceedings of the Korean Fiber Society Conference, Seoul*.
- Kim, S. R., Roh, J. S., & Lee, E. Y. (2016). Development and wearability evaluation of all-fabric integrated smart jacket for a temperature-regulating system based on user experience design. *Fashion & Textile Research Journal*, 18(3), 363-373. doi:10.5805/SFTI.2016.18.3.363
- Lee, E. Y., & Roh, J. S. (2017). A study on the user needs for developing smart fashion items using energy-harvesting technology based on outdoor activity. *Fashion & Textile Research Journal*, 19(2), 221-229. doi:10.5805/SFTI.2017.19.2.221
- Lee, H. W., Lim, H. B., & Roh, J. S. (2018). Design and fabrication of signal and power transmission textile cable for smart wearables. *Fashion & Textile Research Journal*, 20(5), 616-620. doi:10.5805/SFTI.2018.20.5.616
- Lee, H. W., & Roh, J. S. (2019). Wearable electromagnetic energy-harvesting textiles based on human walking. *Textile Research Journal*, 89(13), 2532-2541. doi:0040517518797349
- Riemer, R., & Shapiro, A. (2011). Biomechanical energy harvesting from human motion: Theory, state of the art, design guidelines, and future directions. *Journal of Neuro Engineering and Rehabilitation*, 8(1), 22. doi:10.1186/1743-0003-8-22
- Schmuntzsch, U., Sturm, C., & Roetting, M. (2014). The warning glove -Development and evaluation of a multimodal action-specific warning prototype. *Applied Ergonomics*, 45(5), 1297-1305. doi:10.1016/j.apergo.2013.09.015
- Suh, S. E., & Roh, J. S. (2017). Development status of energy harvesting fashion products. *Journal of the Korean Society of Fashion Design*, 17(4), 19-38.
- Suh, S. E., & Roh, J. S. (2015). A study on smart fashion product development trends. *The Research Journal of the Costume Culture*, 23(6), 1097-1115. doi:10.7741/rjcc.2015.23.6.1097
- Suh, M. Y., Carroll, K. E., & Cassill, N. L. (2010). Critical review on smart product development. *Journal of Textile and Apparel, Technology and Management*, 6(4), 1-18.
- The state of wearables: A market primer before the IDTechEx show!. (2019). *IDtechEx*. Retrieved January 18, 2019, from <https://www.idtechex.com/research/webinars/the-state-of-wearables-a-market-primer-before-the-idtechex-show-00152.asp>
- Triboelectric energy harvesting 2018-2028. (2018). *IDtechEx*. Retrieved January 18, 2019, from <https://www.idtechex.com/research/reports/triboelectric-energy-harvesting-teng-2018-2028-000577.asp>
- Wearable energy harvesting technology. (2015). *NCS*. Retrieved March 10, 2017, from http://www.kscondi.or.kr/index.php?mid=year_2015_sub02_03_field#6
- Wearable technology intelligence services. (2019). *IDtechEx*. Retrieved January 18, 2019, from <https://www.idtechex.com/research/topics/wearable-technology.asp>
- Wright, R., & Keith, L. (2014). Wearable technology: If the tech fits, wear it. *Journal of Electronic Resources in Medical Libraries*, 11(4), 204-216. doi:10.1080/15424065.2014.969051

(Received 26 February, 2019; 1st Revised 14 March, 2019;
2nd Revised 19 March, 2019; Accepted 22 March, 2019)