감성과학, Vol 8, No 3, pp 277-290 September 2005

미래병사체계를 위한 스마트 전투복의 프로토타입 디자인—제1보*

A Development of Design Prototype of Smart Battle Jacket for the Future Soldier System—Part I

박선형**† · 우승정** · 이영신*** 최의중**** · 김현준**** 이주현*****

Seon-Hyung Park**† · Seung-Jung Woo** · Young-Shin Lee*** · Eu-Jung Choi**** · Hyun-Jun Kim**** · Joo-Hyeon Lee*****

연세대학교 의류환경학과**

Department of Clothing & Textile, Yonsei University

충남대학교 기계공학과***

Department of Mechanic Engineering, Chungnam National University

국방과학연구소****

Agency for Defense Development

연세대학교 의류환경학과/인지과학협동과정*****

Department of Clothing & Textile / Cognitive Science, Yonsei University

Abstract The purpose of this study is to develope a design prototype of 'Smart Battle Jacket' for the future soldier system. Future battle field is supposed to be the place where the information is the most important. Future soldiers are also supposed to get digital devices to have more possibility of survival in the battle field.

To design the smart battle jacket that has digital devices inside, it's needed to forecast the body sizes and shape of the future soldiers, to research the human bodies and movements, and to study the functions of the digital devices and the relationship between the bodies and the devices. The usability of the 1st model for the Smart battle jacket had been tested, and the model had been corrected by the results from the test. After all, a smart battle jacket design prototype for the future soldier system has been developed.

Key words · Future soldier system, Smart wear, Battle jacket, Usability test, Design prototype

요약 · 본 연구는 미래병사의 전투복 설계를 위한 기초 연구로 미래병사체계의 한 부분인 스마트 전투복의 디자

*본 논문은 국방과학연구소의 연구비 지원으로 수행되었음

† 교신저자 박선형(연세대학교 의류환경학과)

E-mail pshyung@yonsei ac kr

TEL 02-2123-3108

FAX 02-362-4653

인 프로토타입을 개발하는 것을 목적으로 한다. 미래 전장은 정보의 습득과 전달이 승패의 핵심이 되는 정보전장이 될 것으로 생각되며, 미래병사를 위한 스마트 전투복은 전투력을 상승시키기 위한 각종 디지털 기기를 내장한 스마트 의류로서 전투복으로서 갖추어야 하는 착용성과 기기를 편안하게 사용할 수 있는 사용성을 모두 갖추어야 한다. 따라서 인체와 의복, 디지털 기기와의 관계를 연구하여 전투력을 상승시킬 수 있는 기기를 병사 특유의 동작에 방해되지 않도록 배치하기 위한 연구가 필요하다.
따라서 본 연구에서는 미래병사의 체형을 예측하고, 미래 병사에게 필요할 것으로 생각되는 각종 디지털 장치의 특성을 탐색하고, 동작과 인체의 구조를 연구하여 스마트 전투복의 최적 설계안이 도출되었다.
주제어 · 미래병사체계, 스마트 의류, 전투복, 사용성 평가, 디자인 프로토타입

1. 서론

미래의 전장은 모든 전투 개체가 하나의 정보통신망 내에서 실시간 정보를 공유하면서 작전을 수행하는 '정보전장'이 될 것으로 예측되며, 미래 병사는 전투 중에 각종 정보를 획득하고 이에 신속히 대응하는 하나의 체계(system)로서 임무를 수행하게 될 것이다. 그러므로 미래의 전투 보병은 각종 첨단 장비들을 신체에 부착하고 전투에 임해야 한다. 미래 병사들이 첨단 디지털 기기들을 추가로 휴대하고도 기동성과 움직임에 저해 받지 않고, 오히려 정보력 상승으로 더 나은 전투력을 갖추기 위해서는 장치 구성품들을 신체에 최적 조건으로 배열하기 위한 최적 설계 방안이 연구되어야 한다.

신체는 골격과 근육의 조합물로 동작에 따라 뼈와 근육의 구조가 변하므로 디지털 기기가 부착되는 스마트 전투복의 최적 설계를 위해서는 부착 대상인 인체의 고유 특성과 한계점, 그리고 인체와 각종 장치 간의 상관관계가 분석될 필요가 있다.

따라서 본 연구는 인체의 특성을 분석하고 이를 바탕으로 미래 병사들에게 적합한 스마트 전투복의 시안을 개발하는 것을 목적으로 한다. 본 연구의 구체적 목표는 첫째, 미래 병사의 체형 특성과 동작 특성을 분석하고 둘째, 이러한 특성을 고려하여 디지털 기기 배치 방안을 연구하며 셋째, 기기 배치에 따른 전투복의 최적 설계 방안을 연구하고 넷째, 현재의 기술로 실현 가능한 전투복의 모형을 제작하는 것이며, 마지막으로 제작된 시제품의 사용성 평가를 실시하고 이를 분석하여 최종 프로토타입 디자인을 산출하는 것이다.

2. 이론적 배경

2.1 전투복의 발달

무기의 발달과 전술의 변화는 군복의 형태와 재질, 색, 구조에 영향을 주었다[8]. 초기 군복은 전술 변화에 대응하여 방어용으로 착용되었으나 전사의 권위가 향상된 시기에는 과시용으로 착용되었고, 화기 발달로 인해 속전속결의 전쟁 양상으로 바뀌면서 전장의 환경을 응용하는 위장용 군복이 제작되었다.

군복의 색과 무늬는 중세 이후 신분이나 국가를 표시하는 색이 사용되기도 하였으나, 전투 효율성이 중요해지면서 전장 환경과 유사한 위장 색, 위장 무늬로 바뀌었다. 우리나라 군인들은 현재 1990년에 개정된 얼룩무늬 전투복을 착용하고 있다.

2.2 미래병사체계

미래병사체계는 화기, 피복 및 휴대품에 이르기까지 첨단 기술을 적용하여 장비를 기능화함으로써 미래 정보전의 전술적 환경 속에서 병사의 임무수행능력을 극대화하는 것을 목적으로 한다. 미래병

사체계는 5가지 기본전략, 즉 치명성, 지휘통제, 생존성, 임무지속성 및 기동성 향상을 추구하는데, '치명성'은 적을 탐지, 식별, 파괴하는 능력을 의미하며, '지휘통제'는 개인, 화기, 장비, 정보 등을 지휘하는 능력이다. '생존성'은 화기로부터의 위협과 여러 가지 환경조건에서 자신을 보호하는 능력이며, '임무 지속성'은 신체를 보호하면서 전술적 환경에서 병사의 임무를 유지시키는 능력이고, '기동성'은 임무수행을 위해 각개전투병사가 군장한 채로 빠르게 이동할 수 있는 능력이다[1].

병사체계는 통합헬멧시스템, 화기시스템, 컴퓨터/무전기시스템, 개인장비시스템, 개인용동력시스템 등 5가지 부체계로 구성되어있다 '통합헬멧시스템'은 청력증대, 야시장비, 기동센서 및 관측센서와 디스플레이어를 병사용 헬멧에 장착한 시스템이며, '화기 시스템'은 적에게 효과적으로 타격을 주기 위한 화기 본래의 성능향상 외에 시가전에 대비하여 화기에 부착된 센서와 카메라 등에서 습득된 정보를 헬멧에 장착된 디스플레이어로 송신하는 기능을 포함한다. '개인장비시스템'은 여러 가지 위협에 대하여 신체를 보호하는 것을 목적으로 하며, 이동성을 향상시키기 위해서 경량의 소재가 사용되어야 한다. 컴퓨터/무전기시스템은 정보를 생성, 출력 저장하며 GPS 등을 이용해 자료와 영상을 무선 전달함으로써 전 부대를 실시간 지휘통제 가능하게 한다. '개인용동력시스템'은 각개 병사가 독립적으로 운용할 수 있는 동력을 보유하는 것으로 동력을 필요로 하는 화기용 조준장치, 컴퓨터, 냉난방장치, 헬멧 장착형 전시기 등을 운용하는 데 필요하다[10].

2.3 스마트 의류(Smart Wear)[2]

스마트 의류는 섬유 패션 제품 내에 신호 전달성 섬유 신기술을 적용하고 각종 디지털 장치들을 내장시킴으로써, 언제 어디에서나 디지털 기능을 사용할 수 있도록 고안된 신종 섬유 패션 제품이다. 스마트 의류를 입고 있으면 굳이 컴퓨터 앞이 아니더라도 언제 어디서나 네트워크에 접속할 수 있다. 또한 스마트 의류는 착용형 컴퓨터보다 좀 더 큰 틀로 컴퓨터뿐만 아니라 섬유 등의 소재까지 고려한 명칭이며, 섬유나 의복 자체가 외부 자극을 감지하고 스스로 반응하는 '소재의 기능성(hi-function materials properties)'과 의복 및 직물 자체가 갖지 못한 '기계적 기능(Digitalized properties)'을 결합한 새로운 개념의 의류를 총칭한다.

2.4 스마트의류의 최근 연구 동향

2.4.1 Carnegie Mellon Univ.의 동적 착용성 (Dynamic Wearability) 연구[9]

카네기 멜론 대학은 인체에 디지털 장치를 부착하는 데 있어서 동작 시 착용감 향상을 위한 13가지 항목의 디자인 지침을 제시하였는데, 착용자와 컴퓨팅 기기의 상호작용에 있어 두 가지 측면으로 나뉜다. 첫 번째 측면은 '착용자와 기기의 물리적 측면에 대한 주요지침'으로 부착위치(placement), 기기의 형태(form language), 착용자의 동작(human movement), 착용자의 신체 공간 인식(human perception of intimate space), 신체치수 변화(size variation), 기기의 탈부착방식(attachment) 등 여섯 가지가 제안 되었다. 두 번째 측면은 '착용자와 근접 환경과의 관계에 따른 지침'으로 기기의 구성(containment), 기기의 무게(weight), 물리적 근접성(accessibility), 감각 측면에서의 상호작용(sensory interaction), 온도 쾌적성(thermal comfort), 미적/심리적 만족성(aesthetics), 장시간 사용효과(long term effect) 등 7가지가 제안되었다.

2.4.2 Xybernaut의 인텔리전트 방호복[12]

Xybernaut은 소형 컴퓨터를 내재한 인텔리전트 방호복을 실용화하여 'Wearable Computer & Garment System'으로 US특허를 취득했다. 내방탄성, 내파열성, 내방사능성, 항바이러스성, 내화학약품성 등의 복합적 방어기능을 가진 군복에 소형 컴퓨터를 내

장시킨 것으로, 임무수행 중 명령을 전달하고 착용자의 현장상황을 파악하여 무선으로 정보를 전달하는 기능을 가지고 있다. 이 방호복에는 머리, 허리, 어깨 및 동체 등에 디스플레이를 두어 착용자가 수신된 정보를 확인할 수 있다.

3. 연구 방법

3.1 과거 인체계측자료의 분석

한국기술표준원에서는 1979년부터 1997년까지 4차례에 걸쳐 국민표준체위조사를 실시해 왔으며, 2004년에는 5차 인체계측, 즉 사이즈 코리아(Size Korea) 사업을 시행하였다. 본 연구가 진행되었던 2004년에는 5차 연구 결과가 알려지지 않았으므로, 과거 4차례의 계측 결과로 신체 치수 전반에 걸쳐 연평균 증가율을 도출하여 2015년 이후의 18~24세 남성의 인체 치수를 예측하였다.

또, 키와 Drop치(가슴둘레-엉덩이둘레)를 기준으로 체형을 범주화한 선행연구[5]를 참조하여 미래병사의 체형을 범주화하였는데, 키는 Petite(159~165cm), Regular(165~175cm), Tall(175~185cm), Very tall (185~195cm)의 네 가지로, Drop치는 마른 체형(YY type, Drop 18~22cm), 역삼각 체형(Y type, Drop 14~18cm), 보통체형(A type, Drop 10~14cm), 허리가 굵은 체형(B type, Drop 8~10cm), 배가 나온 체형(BB type, Drop 4~8cm)의 다섯 가지 범주로 분류하였다. 결과적으로 키와 Drop치 결합에 따라 총 20개(4개 키×5개 Drop치) 체형으로 분류되었다.

3.2 인체 계측

3.2.1 인체 계측 방법

계측 대상자는 20대 초반 남성 중 군사훈련 경험이 있는 연세대학교 학군단 후보생에서 선별하였는데, 앞서 예측된 미래 병사체형의 범주에 골고루 배치되도록 하였다.

본 연구에서는 한국 기술표준원이 공시한 인체계측 기준에 준거하여 본 연구에 필요하다고 판단되는 52개 항목의 치수를 직접 계측하였다. 도구로는 마틴식 계측기와 줄자, 체중기 등을 이용하였으며, 한국기술표준원이 공시한 인체계측방법에 준하여 계측을 실시하였다[7]. 조사는 2004년 9월 6일부터 9월 17일 사이에 이루어졌고, 개인별 계측 시간은 평균 40분이었다.

3.2.2 계측자료의 분석

측정된 인체 치수로 각 측정 항목별로 산술평균과 표준편차, 산포도(Scattergram)를 작성하고 이를 분석하였다. 표준편차가 큰 부위와 작은 부위, 산포도에서의 분포 편차가 큰 부위를 밝혀내어 여러 디지털 장치의 부착 형태를 결정하는 기본 자료로 사용하였다.

3.3 디지털 기기의 특성 분석

3.3.1 디지털 장치 구성품

미래 병사체계에 필요한 디지털 기기를 예측하기 위해 선진국의 개발 현황과 기술발전 동향을 조사하였고, 각각의 장치들이 부착되기 위해 요구되는 조건들도 분석하였다.

3.3.2 부착 가능 신체부위 분석

동적 착용성(Dynamic Wearability)에 관한 선행연구[9]와 인체 계측 결과를 바탕으로 동작 시 인체 치수의 변화가 적거나 없는 곳을 부착 부위로 정하였다.

3.4 스마트 전투복의 설계

3.4.1 전투복 설계 및 제작

계측 자료 분석 결과 나타난 개인차가 심한 부위의 기기들은 위치를 조절할 수 있도록 설계하였으며, 기기를 부착할 때 기기 외부에 방수 소재를 사용하

여 침수에 대비할 수 있도록 제작하였다.

3.4.2 사용성 평가 및 디자인 수정

스마트 의류의 사용성에 관한 선행 연구들[3][4][6]에서 도출된 문항들에 병사를 위한 스마트 의류 평가 문항들을 추가하고 문항에 대한 평가를 실시하여, 최종 42문항으로 사용성 평가 문항을 구성하였다.

구성된 문항으로 학군단 학생 17명에게 사용성을 평가하게 하였는데, 먼저 미래 전장 환경에 대해 설명한 후, 10여 분 동안 제작된 재킷을 착용하고 움직이거나 기기를 사용해 보도록 하였다. 평가는 구성된 설문지에 대한 응답과 평가 문항에 대한 심층 면접이 병행되었고, 면접 내용은 모두 녹취, 기록되었다.

면접 내용을 분석하여 디자인의 문제점을 파악하고, 디자인을 수정하여 최종 디자인 모형을 도출하였다.

4. 연구 결과

4.1 과거 자료의 분석 결과

과거 20년간의 자료 분석 결과 키와 허리높이, 다리높이 등의 높이 관련 항목, 그리고 팔길이, 등길이 등의 길이 관련 항목들은 증가세에 있는 반면, 허리둘레, 가슴둘레 등의 둘레 관련 항목들은 감소세에 있는 것으로 나타났다. 따라서 미래 병사의 체형은 현재보다 가늘고 긴 체형으로 변화할 것으로 생각되었다.

현재의 20대 초반 한국 남성의 체형 분포는 키 159~185cm 사이의 키 185~197cm의 체형이 증가하고 작은 키의 분포는 줄어들 것으로 예상되었다.

4.2 인체 계측 결과

4.2.1 계측 대상자의 체형유형

본 연구에서는 선행연구[5]에서 도출되었던 20개 체형 군을 그대로 사용했으며, 과거 자료 분석 결과 미래병사들이 키가 매우 크고 마른체형으로 변화할 것으로 생각되었으므로, 이 범주에 계측 대상자가 반드시 포함되도록 주의하였다.

또한 본 연구의 측정 대상인 학군단 후보생 중에는 키가 매우 크고(Very tall) 마른(YY type)체형, 키가 매우 크고(Very Tall) 배가 나온 체형(BB type)체형에 속하는 대상자가 없었고, 키가 작은(Petite)대상자와 배가 나온(BB type) 체형은 실제로 추출할 수가 없었다. 이와 같이 소규모 집단을 체형 분석 대상으로 표집 하는 것은 범체형용 스마트 의류형 전투복 재킷을 설계하기 위해서는 추출된 표본이 다양한 유형의 체형에 걸쳐 골고루 분포하여야 하였기 때문이다.

4.2.2 계측 자료 분석 결과

개인 간 편차가 심한 부위를 판별하기 위해 각 부위별로 체형군 별로 평균과 표준편차를 구하고 산포도를 그린 결과(그림 1-4), 키가 같더라도 둘레와 너비, 두께 항목에서 개인 간 편차가 큰 것으로 나타났는데, 이는 계측 대상자 선정 시 각 체형 군에 골고루 분포하도록 배정하였기 때문으로 사료되었다. 또한 같은 키 범주 내에서 높이항목과 길이 항목에서도 차이가 큰 것으로 나타났는데, '앉은키'의 경우 보통체형(A type)-보통 키(Regular) 체형 군은 17.9cm의 차이를 보였고, 배가 나온 체형(B type)-큰 키(Tall) 체형 군은 13.4cm의 차이를 보였다. 또 '허리높이'의 경우 보통체형(A type)-보통 키(Regular) 체형 군은 15.2cm의 차이를 보였고, 역삼각체형(Y type)-큰 키(Tall)는 13.0cm의 차이를 보였다. '등길이'는 역삼각체형(Y type)-보통 키(Regular)는 7.5cm의 차이를 보였다. 또 '팔길이'는 보통 체형(A type)-보통키(Regular)의 체형군은 8cm, 역삼각체형(Y type)-큰 키(Tall) 체형 군은 9cm의 차이를 보였다.

즉, 계측대상자들의 체형이 같더라도 앉은키, 허리높이, 등길이, 팔길이 등은 개인 간의 차이가 큰 편이므로, 기기를 재킷에 배치할 때 개인의 체형에

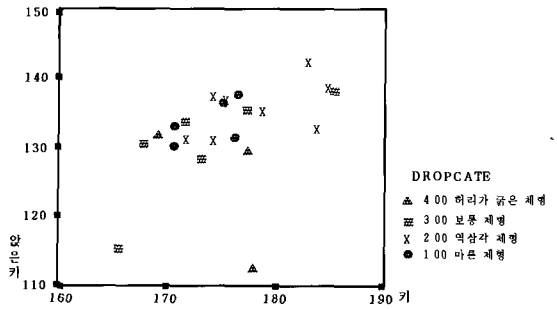

그림 1. 앉은키의 체형별 산포도

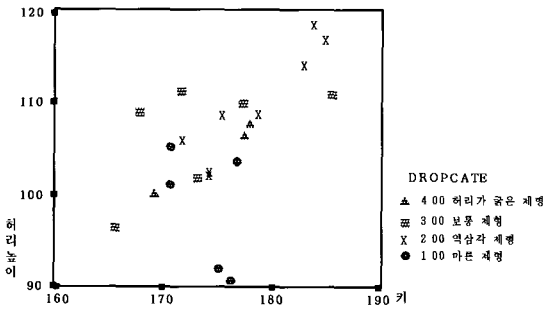

그림 2. 허리높이의 체형별 산포도

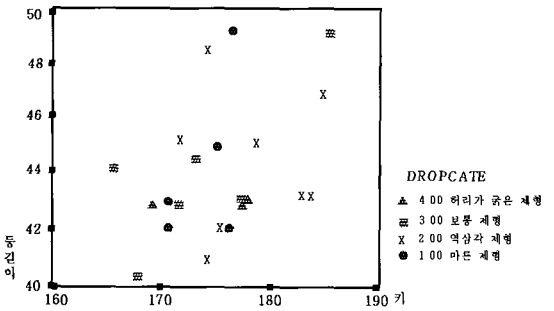

그림 3. 등길이의 체형별 산포도

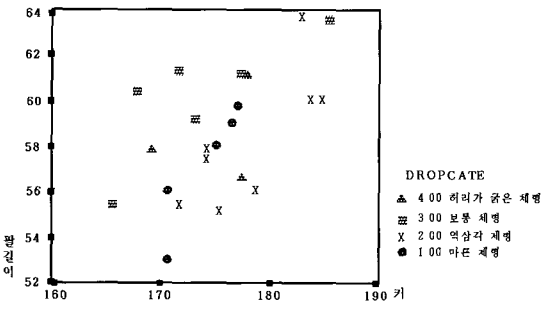

그림 4. 팔길이의 체형별 산포도

맞게 기기의 위치를 조절 할 수 있도록 설계되어야 함을 시사하였다. 따라서 프로토타입 설계 시 기기의 위치를 조절할 수 있도록 디자인 하였으며, 특히 높이를 조절할 수 있도록 설계하였다.

4.3 스마트 전투복의 기기구성 및 부착 위치

4.3.1 스마트 전투복을 위한 디지털 장치 구성 및 요구 성능

첨단 장치를 병사 구성품에 적용하고 있는 선진국의 개발 사례를 고찰하고 디지털 기기의 종류와 특성을 분석하여 스마트 전투복에 배치될 기기를 구성하였다.

미래 병사체계에 필요한 주요 디지털 기기로는 GPS, 무전기, 디지털 카메라, CPU, 음성 입력장치(마이크 등), 수동 입력장치(마우스, 키패드, 키보드 등), 청각 출력장치(스피커, 이어폰 등), 시각 출력장치(LCD 모니터, HMD 등), 각종 센서(동작감지센서, 바이오센서 등), 전력공급 장치(배터리 등)가 도출되었다.

장치들이 인체에 부착되기 위해 고려되어야 할 요구 성능이 세 가지로 정의되었다. 첫째, '시야확보'는 착장자에게 장치가 보여야 하는지의 여부이며 둘째, '유연성(flexibility)'은 기기가 유연성을 가져야 하는지의 여부를, 마지막으로 '동작과 위치의 영향'은 기기의 성능이 인체의 동작이나 기기의 위치에 따라 영향을 받는지의 여부를 의미한다. 각 기기의 요구 성능은 표 1과 같은데, 즉 디지털 카메라와 수동 입력 장치, 시각 출력 장치는 착장자가 볼 수 있어야 하며, GPS와 음성 입력 장치는 유연성이 있어야 한다. 또 GPS와 전력 공급 장치를 제외한 모든 장치는 동작과 부착위치에 따라 영향을 받는 것으로 분석되었다.

4.3.2 기기 부착에 적합한 신체 부위

스마트 전투복에 적합한 디지털 기기의 종류와 요구 성능을 바탕으로 인체의 동작 범위와 위치 등을

표 1. 필요한 디지털 기기의 종류와 요구 성능

디지털 기기의 종류 \ 요구 성능		시야확보	유연성	동작/위치의 영향
GPS		X	O	X
무전기		X	X	O
디지털 카메라		O	X	O
CPU		X	X	O
입력 장치	음성 기반	X	O	O
	시각 기반	O	X	O
출력 장치	청각 기반	X	X	O
	시각 기반	O	X	O
센서	동작감지	X	X	O
	바이오	X	X	O
배터리	주배터리	X	X	X
	보조(solar cell)	X	X	X

고려하여 신체 상 부착 가능한 위치를 분석하였다.

동작 변화가 큰 부위에는 장치를 부착할 수 없으므로, 움직임이 많은 부위를 제외하고 부착 가능성에 따라 신체를 머리, 얼굴, 어깨, 위팔(어깨에서 팔꿈치까지), 아래팔(팔꿈치에서 손목까지), 손, 상부 몸통(가슴둘레에서 배꼽 위까지), 하부 몸통(배꼽에서 위 엉덩이둘레까지), 허벅지, 발 등의 10개 구역으로 나누었다(그림 5).

각 장치의 요구 성능과 크기, 무게 등을 고려하여 도출한 부착 가능한 위치는 표 2와 같다.

'CPU1(컴퓨터의 메인보드)'의 경우 유연성이 없고 크기가 비교적 크기 때문에 상부 몸통과 하부 몸통에 부착할 수 있으며, 'CPU2(PDA형)'의 경우 본체와 모니터가 함께 있으므로 아래팔에 부착 가

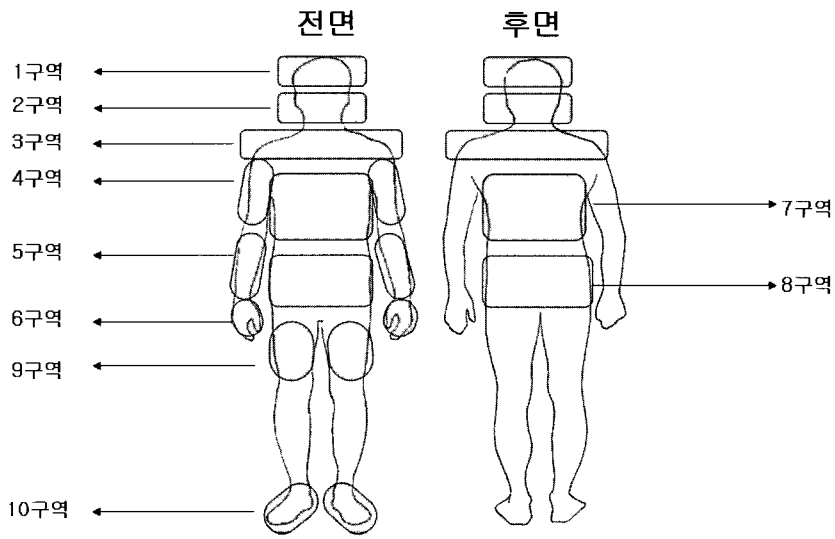

그림 5. 부착 가능한 신체부위 10 구역

표 2. 컴퓨팅 기기의 주요기능 및 상세 내역

No	컴퓨팅 기기		Size(mm) 가로×세로×높이	Weight (g)	Function
1	Input /Output Devices	HMD (Micro Optical)[12]	83×33×13	25	시각기반 출력
2		Ear Microphone	15×20×11	10	음성정보 입출력
3		Mouse (track ball)	45×130×40	30	데이터 입력
4		Key Board (FC DLHK22M100)	146×80×18	125	데이터 입력
5	Main Board (맥산 A300)		200×162	400	윈도우기반의 CPU
6	전원부	Battery	70×47×28	350	전원
7	주변기기	USB Hub (i rockIR 4100)	83×33×13	40	Main Board의 기능 확장
8		GPS (삼성 GC-S150k)	60×49×28	55	위치·지리정보 서비스
9		HMD Convertor (Micro Optical)[12]	112×83×45	230	회로망 변환
10		무전기	76×179×25		음성정보 입출력

표 3. 장치 별 부착 가능 위치

기기 \ 신체부위	머리	얼굴	어깨	위팔	아래팔	손	상부 몸통	하부 몸통	허벅지	발	(관절)
CPU1							O	O			
CPU2					O						
Main Batteries					O		O	O			
보조Batteries			O								
동작인식 센서											O
Bio센서	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
시각출력장치		O			O			O	O		
청각출력장치		O									
시각입력장치					O			O	O		
음성입력장치		O			O						
Digital Camera	O	O									
GPS		O									
무전기		O		O			O	O			

능하다. '주배터리'는 무겁고 비교적 크므로 아래팔과 상부 몸통, 하부 몸통에 부착할 수 있으며, '보조배터리'의 경우 주 배터리에 비해 상대적으로 작으므로 어깨에 부착할 수 있을 것으로 생각된다. '동작인식 센서'는 동작을 감지할 수 있는 관절 부위에 부착 되어야 하며, '바이오센서'는 측정하고자 하는 생체 신호에 따라 다르나, 어떤 부위에나 모두 가능하다. '시각출력장치'의 경우에는 착장자가 장치를 볼 수 있어야 하므로 얼굴과 아래팔, 하부 몸통과 허벅지에 부착할 수 있을 것으로 생각되며, '청각출

력장치'는 귀와 근접한 위치에 있어야 하므로 얼굴 근처에 부착되어야 한다. 키보드나 마우스 등의 '수동입력장치'는 아래팔과 하부 몸통, 허벅지 등 손이 닿을 수 있는 위치가 적당하며, '음성입력장치'의 경우 입과 근접할 수 있도록 배치되어야 하므로 얼굴과 아래팔에 부착될 수 있다. 또 '디지털 카메라'는 눈으로 보는 것을 찍어야 하므로 눈과 근접하도록 배치되어야 하며, 머리위 등 얼굴 근처도 가능할 것이다. 'GPS'는 수신율과 크기 및 유연성을 고려할 때 어깨 부분이 가장 적합할 것으로 생각되므로 얼굴 부위에 포함되었다. '무전기'의 경우 입 근처에 위치하는 것이 좋다고 생각되어 얼굴 부분에 포함될 수 있으며, 위팔에 탈부착 가능해야 하고, 상부 몸통과 하부 몸통에도 부착될 수 있을 것으로 생각된다.

4.4 스마트 전투복의 프로토타입 디자인

4.4.1 남성용 상의 패턴에 적합한 기기 위치 분석

Gemperl 등이 제시한 동적 착용을 위한 디자인[9]은 디지털 기기를 인체에 장착할 때 적합한 위치라는 것은 확인되었으며, 이를 의복에 적용시키기 위하여 전투복 상의 패턴에 선행연구에서 제시한 위치를 적용하였다(그림 6, 7).

4.4.2 컴퓨팅 기기 및 와이어의 구성

본 연구의 디자인 시안 개발에 사용된 컴퓨팅 기기들은 현재 상용화되어 있는 맥산의 Main Board A300와 그에 적합한 기기들이 선정되었다. 와이어의 경우는 착용성과 사용성을 고려하여 최대한 유연한 것으로 정하였다.

내장되는 컴퓨팅 기기로는 HMD, GPS, 이어마이크, 하프키보드, 트랙볼 마우스, 메인보드, 배터리, USB 허브, HMD 컨버터, 무전기 등이 있으며, 세부사항은 표 3과 같다.

4.4.3 스마트 전투복 내부 기기의 구동 개념도

앞서 구성된 스마트 전투복 내부의 컴퓨팅 기기들의 구동 개념도는 그림 8과 같이 설계되었고, 이를 토대로 물리적 인터페이스를 설계하였다.

'입력부'는 하프키보드, 이어마이크, 마우스, 무전기로 구성되었고, '출력부'는 이어마이크, HMD, 무전기로, 통신 기기는 GPS로 구성되었다.

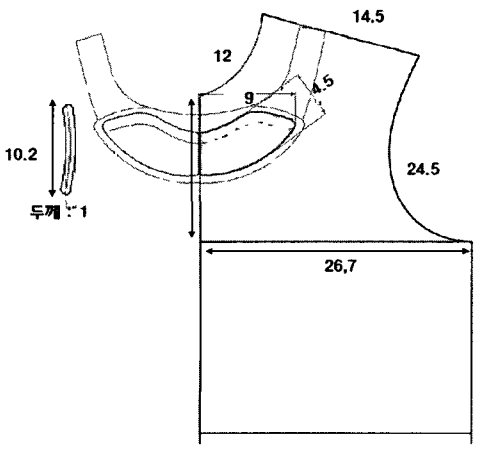

그림 6. 전투복 패턴 상에서 Gemperle 등이 제시한 기기의 부착 범위의 예

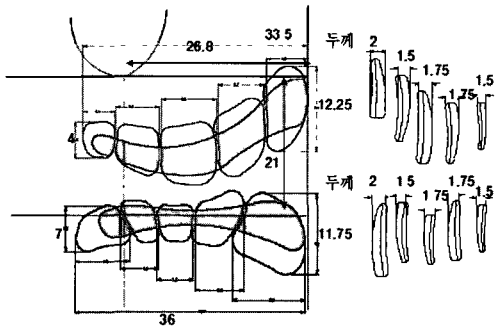

그림 7. 전투복 패턴 상에서 Gemperle 등이 제시한 기기의 부착 범위의 예

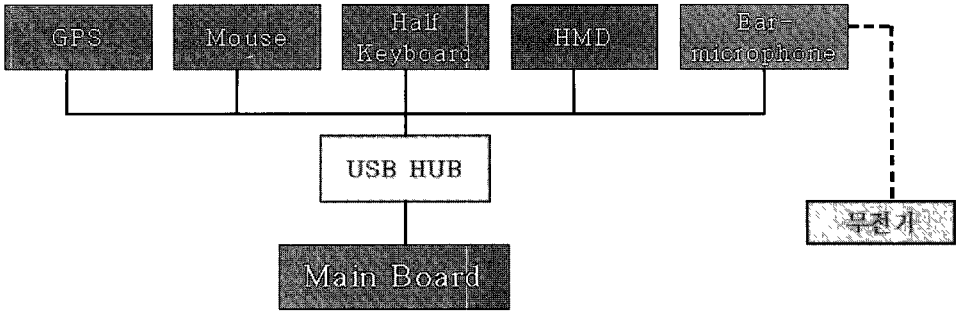

그림 8. 스마트 전투복 내부 컴퓨팅 기기의 구동 개념도

4.4.4 스마트 전투복 설계 및 제작

■ 스마트 전투복의 외관 설계

스마트 전투복의 외관은 현재 사용되고 있는 전투복과 같은 디자인으로, 착용자의 필요에 따라 디지털 기기의 휴대 및 착용이 가능하도록 설계되었다(그림 9). 왼쪽 위팔에 무전기를 수납할 수 있는 주머니를 부착하고, 아래팔 부위에 키보드를 배치하였고 덮개를 부착하였다.

■ 스마트 전투복의 내부 설계

컴퓨팅 기기 위치는 미래 전장 환경에서 요구되는 디지털 기기의 종류와 요구 성능을 바탕으로 하여 남성용 상의 패턴에 디지털 기기를 배치하여 선정하였다(그림 10).

다른 기기들에 비하여 크기가 크고, 무게가 무거운 HMD 컨버터는 상부 몸통(Upper Torso)의 가슴 부위에 장착하였고, 목 부분에 이어-마이크로폰을 위치시켰다. GPS는 동작에 방해되지 않고 메인 보드와 연결선이 짧도록 해야 하므로 상부몸통의 등 부위에 배치했으며, 메인보드는 가장 부피가 크므로 동작에 영향 받지 않는 등 아랫부분에 배치하고, 양 옆에는 USB 허브와 배터리를 배치하여 와이어 길이를 단축하였다.

컴퓨팅 기기는 포켓형식으로 내피에 수납되도록 부착되었고, 기기의 탈 · 부착이 용이하도록 벨크로를 이용하여 고정하였다. 와이어 경로는 덮개방식으로 설계하여 탈 · 부착이 쉽도록 하였다.

■ 상하 조절 구조 설계

범체형용 전투복 재킷을 구성하기 위해 앞서 개인별 인체치수 차이가 큰 부위를 밝혀 낸 결과 길이와 높이 항목에서 큰 차이를 나타냈으므로 상하 조절 가능한 구조로 설계하였다. 컴퓨팅 기기의 성능과 크기, 위치, 무게 등에 영향을 받지 않는 뒤판을 조절 가능한 구조로 설계하였다. 뒤판의 양 겨드랑이 밑 부분끼리 아치형으로 트임을 주고 그 사이에 펼 수 있는 여분의 안감을 두고 지퍼로 조절할 수 있도록 구성하였다(그림 11).

■ 스마트 전투복의 소재

외피에 사용된 소재는 현 전투복과 같은 소재로 면(35%)과 화섬(65%) 혼방으로 된 얼룩무늬로 발수 및 발유처리 되어 있다. 내피의 소재는 면(cotton), 투습 · 방수 소재인 고어텍스(Gore-tex)와 메쉬(mesh)소재로 구성하였다.

4.5 사용성 평가 및 디자인 수정

4.5.1 사용성 평가 결과

■ 기기 사용의 편리성

재킷을 착용하였을 때 큰 거부 반응 없이 자연스럽게 착용하였으나, 재킷 안에 있는 각종 기기의 기능이나 사용법에 대해서는 생소해 하거나 어려움을 느꼈다. 특히 HMD는 사용 방법이 생소할 뿐만 아니라 너무 작아서 보기 힘들기 때문에 스크린 방식

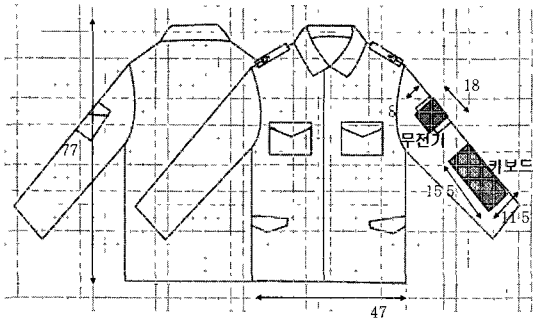

그림 9. 스마트 전투복의 외관 설계

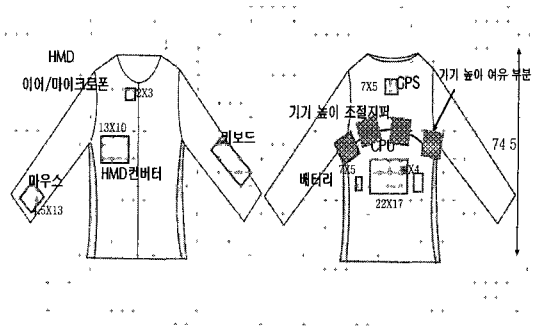

그림 10. 스마트 전투복의 내부 설계

디스플레이를 팔이나 허벅지에 장착하는 방안이 제안되었다.

▫ 효용성

Network이 가능한 전장 환경에서는 스마트 재킷의 착용으로 아군끼리의 의사소통뿐 아니라 적군 판별에도 도움이 될 것이라고 답변하였고, 빠르고 쉬운 정보 습득과 전달의 편리함으로 효율적인 전투를 치룰 수 있을 것이라며 높은 평가를 하였다.

▫ 모바일 편리성

재킷을 입고 동시에 다른 일을 병행할 수 있는지를 묻자 대부분의 조사 대상자는 HMD 기기만 제외하면 다른 기기 사용이나 업무 수행을 하는 데 큰 문제가 되지 않는다고 하였다.

▫ 동작 용이성

조사 대상자 모두 재킷을 착용한 상태에서 팔을 자유롭게 움직이는 데 아무런 문제가 없다고 응답하였으나, 기기의 무게로 인해 동작에 방해받는 정도는 상대적으로 개인차가 크게 나타났다 특히 등에 수납된 메인 보드와 가슴에 내장된 HMD 컨버터는 몸을 구부리거나 사격 동작을 취할 때 방해가 된다고 하였고, 무엇보다 엎드리거나 눕는 경우가 많은 전장 상황에서 이러한 기기들은 큰 방해가 될 뿐만이 아니라 부서지게 되면 인체에 해가 될 것이라 지적되었다.

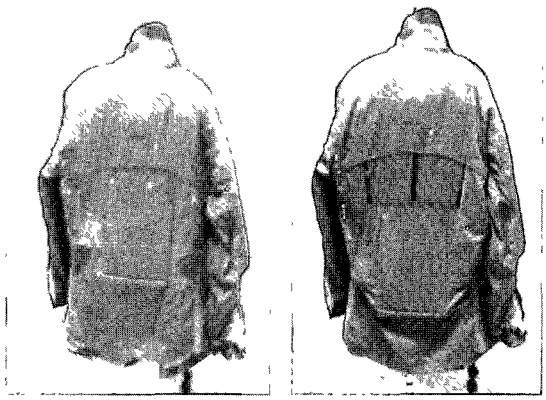

그림 11. 스마트 전투복 모형의 상하 조절 구조

▫ 착용 방식

대부분의 응답자들이 재킷을 입고 벗는 과정에 어려움이 없다고 응답하였으나 체형이 큰 경우 소매 부분에서 전선이 걸려서 착용하기 힘들다는 지적이 있었다. 동작을 취할 때 기기들이 몸이 붙어 있지 않아 부딪힌다고 지적되었고, 키보드는 팔에 완전히 붙이는 방안이 제안되었다.

▫ 심리적 만족성

컴퓨팅 기기가 내장된 스마트 재킷이 원래 군복을 착용했을 때보다 기기의 고장이나 무게 등으로 인하여 조심해야 하는 부분이 있지만 대부분의 응답자들은 기기의 기능으로 인한 전투력 향상에 대한 기대감으로 심리적 만족감이 높았다.

표 4. 스마트 전투복 모형의 수정 사항

디지털 장치의 종류		수정 전	수정 후
입/출력 기기	HMD	HMD	LCD
	이어마이크	통합형	기기 내장형
	마우스	있음	있음
	키보드	있음	있음
CPU		Main Board 형	PDA 형
전원부	배터리	별도	없음
주변기기	USB허브	있음	없음
	GPS	있음	있음
	HMD 컨버터	있음	없음
	무전기	있음	있음

4.5.2 스마트 전투복 설계의 수정

사용성 및 착용성 평가의 분석 결과를 토대로 본 연구에서 제작한 디자인 시안의 세부 디자인의 수정 전과 미래 전장 환경에 적합한 스마트 의류형 전투복 재킷 프로토타입을 개발하기 위한 수정 후의 디지털 장치의 종류는 표 4와 같다.

■ CPU

CPU가 메인보드일 경우 엎드릴 때 매우 불편하였을 뿐만 아니라 무게도 동작이나 심리적으로 방해가 된다는 부정적인 응답이 많았으므로 형태와 위치 모두에 있어 수정될 필요가 있었다. 따라서 CPU는 PDA형으로 수정되었고, 위치는 현재 키보드가 장착된 왼쪽 아래팔로 이동되었다.

■ 입출력 장치

HMD는 사용방법이 어렵고 불편한 점 이외에도 전장이라는 특수 상황에서 장시간 착용하기에는 부적절하였으므로 LCD형의 디스플레이를 사용하도록 수정되었다. 위치는 현 디자인 시안에서 키보드가 위치하고 있는 아래팔로 이동하였다. 이어마이크는 헬멧을 착용하는 군인들에게 부적절하고, 통합형 헤드셋은 활동에 방해된다는 의견을 수렴하여 무선 이어폰과 무선 마이크로 수정되었고 위치는 원래의 얼굴 부분이 적절하다고 판단되었다. CPU가 메인보드에서 PDA형으로 디자인이 변경됨에 따라 키보드 역시 하프키보드에서 PDA형 키보드로 수정되었다.

■ 전원부

배터리는 현재 위치나 무게에 있어 크게 방해가 되거나 부적절하다는 응답은 없었으나, CPU가 PDA형으로 수정됨에 따라 분리된 배터리는 없어졌다.

■ 주변기기

USB허브와 HMD 컨버터 등의 주변 기기는 CPU가 PDA형으로 수정됨에 따라 HMD 컨버터의 위치로 인한 동작의 방해 문제 역시 해결되었다. GPS는 위치파악이 중요해지는 전장 상황에서 필수적인 장치이므로 수정 후에도 계속 현 위치에 장착하였고, 무전기 역시 계속 부착하되, 현재 무전기가 수납되는 위치에는 마이크와 분류된 이어폰이 수납되므로, 왼쪽 팔 위팔 부위에서 앞가슴 주머니로 위치가 변경되었다.

4.5.3 스마트 전투복의 최종 디자인 프로토타입 설계

디자인 수정 후 최종 디자인 프로토타입이 도출되었다. 이는 현재 구현 가능한 기술적 상황에서 디자인 된 것으로 가상의 미래 기술에 대한 수요는 반영하지 않았다(그림 12).

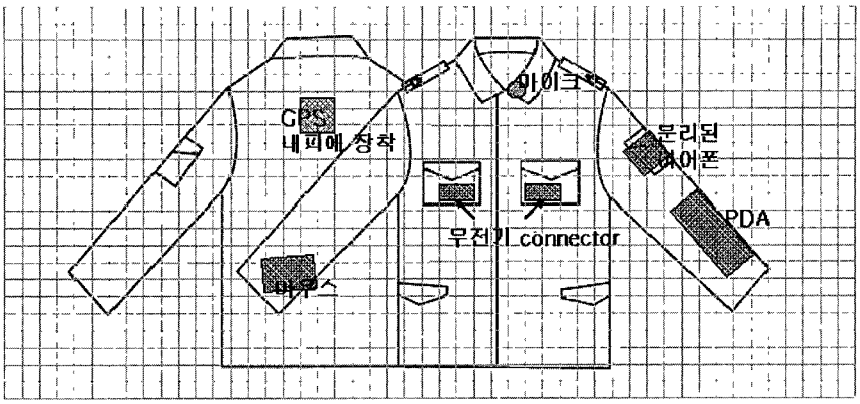

그림 12. 최종 도출된 스마트 전투복의 프로토타입 디자인

■ 외관 디자인

기계적인 요소는 드러나지 않도록 한 기존의 외관 개념을 그대로 적용하여 현재 사용되고 있는 전투복 재킷의 외관을 그대로 사용하였다.

무전기가 수납되었던 왼쪽 위팔의 주머니에 분리된 이어폰이 수납되므로 크기가 보다 작아졌으며, 무전기는 앞가슴 주머니로 위치가 변경되었다. 키보드 위치에 PDA형 CPU가 장착됨에 따라 PDA 크기에 맞는 덮개가 부착되었고, 기기가 인체에 밀착되어야 사용하기 편하다는 평가 결과를 반영하여 버클로 밀착도를 조절할 수 있도록 하였다.

소재는 현재 전투복과 같은 재질을 사용하였고, PDA 수납용 포켓에는 비닐(vinyl)을 사용하여 외피와 내피를 연결시켰다. 또한, 방수봉합(seam-sealing)의 봉제법을 택하여 외부 기후로부터 인체를 보호하며, 기들의 안전을 배려하였다. 또한 PDA가 장착되는 왼쪽 소매 아래팔 부위를 PDA의 부피만큼 크게 디자인하여 움직일 때 편안할 수 있도록 고려하였다.

■ 내부 디자인

CPU가 PDA형으로 수정됨에 따라 기존 디자인의 안감에 장착되었던 메인보드, 배터리, USB허브, HMD 컨버터, 하프키보드의 기능은 PDA 하나로 통합되어 왼쪽 소매 아래팔 부위에 장착되었으며, 탈·부착이 가능하도록 설계되었다. GPS는 기존과 같이 뒷목 아래 부분에 두도록 하였고, 마우스도 오른쪽 소매 아래팔 부위에 그대로 장착하였다.

CPU가 PDA 형으로 바뀌고, 이어마이크에서 분리형 무선 이어폰과 마이크로 변화하면서 내부 와이어 배치에 의한 동작의 불편함이 해결되었다. 전선은 현재 개발 단계인 전도성 섬유를 활용하여 세탁성과 착용성을 향상시켰다.

기기를 감싸는 소재는 투습·방수처리 될 뿐 아니라 기기에서 발생하는 열을 차단시킬 수 있는 흡열 소재를 사용하도록 하였다.

5. 결론 및 제언

본 연구의 목적은 미래 전장 환경에 적합한 디지털 장치가 내장된 새로운 개념의 스마트 전투복의 디자인 프로토타입을 개발하는 것이었다.

본 연구는 소수의 계측 대상자를 상대로 인체계측을 실시하였고, 2004년 사이즈코리아에서 도출된 정확한 치수를 사용할 수 없어 미래 병사의 체형을 예측하는 데 오차가 있을 수 있다는 한계점을 지니지만, 미래 병사의 체형을 예측하고, 디지털 장치가 부착된 미래형 전투복의 개념을 확립하였으며, 동작에 따른 인체 치수의 변화에 적용할 수 있는 설계안의 기본안을 도출하였다는 데 의의가 있다.

참고문헌

[1] 김인우 (2002). 디지털시대의 육군 전투실험 발전 개념 및 방책-미래병사체계, 한국전략문제연구소.

[2] 산업자원부 (2004). 산업기술로드맵.

[3] 양은실 (2003). 사용성 및 착용성 평가에 기초한 웨어러블 컴퓨터의 디자인 프로토타입 개발, 연세대학교 대학원 의류환경학과 석사학위논문

[4] 육형민 (2004). 스마트 재킷 디자인을 위한 사용성 평가척도 개발, 연세대학교 대학원 인지과학협동과정 석사학위논문.

[5] 이영숙 (1998) 한국인 신체치수의 연도별 비교 및 제품설계에의 응용, 1998년 한국생활환경학회 학술발표회 논문집, 71-230.

[6] 전명훈 (2004). Usability factors and evaluation for ubiquitous computing, 연세대학교 대학원 인지과학협동과정 석사학위논문.

[7] 한국기술표준원 (1997). 국민표준체위조사결과, 한국기술표준원.

[8] 한순자 (2001). 서양복식문화사, 예학사, 서울.

[9] Gemperle, F., Kasabach, C., Stivoric, J., Bauer, M., Martin, R. (1998) Design for Wearability, Digest of papers 2nd International Symposium of Wearable Computer, IEEE Computer Society.

[10] http.//www.darpa org

[11] http.//www microopticalcorp.com

[12] http'//www.xybernaut.com

원고접수 · 2005. 7. 22
수정접수 2005. 8. 11
게재확정 2005. 8. 12