

# 소방 활동을 위한 웨어러블 인터페이스 디자인

## Design of Wearable Interface for Fire Fighting

황재인, Jane Hwang, 김정현, G. Jounghyun Kim\*, 김창현, Changhun Kim  
고려대학교 정보통신대학

**요약** 현재 소방관들은 주로 무전기로 다른 소방관이나 중앙 지휘관과 통신을 하고, 필요 정보를 취득 혹은 공유 하면서 소방 활동을 수행 하고 있다. 소방 현장에서는 여러 가지 위험이 존재 하고 이를 극복하기 위해서 많은 정보를 필요로 할 때가 많지만, 이를 미리 모두 숙지 하고 있거나, 동적으로 변화 하는 상황을 무전기를 통하여 취득하고 이해 하기는 쉽지 않다. 이러한 어려운 점을 해소 하기 위하여 웨어러블 컴퓨터를 이용한다면 소방 활동을 도울 수 있을 것이며, 이에 적합한 웨어러블 인터페이스가 디자인 되어야 한다. 이 논문에서는 시나리오에 기반 한 인터랙션 모델링, 화재 현장 및 소방 상황에서의 인간공학적 제한 조건, 사용자 설문조사, 그리고 인터페이스 패턴을 기반으로 소방 활동을 효과적으로 도울 수 있는 인터페이스 디자인 및 개발에 대하여 설명하고자 한다.

**핵심어:** *Wearable Interface, Fire Fighting, Body based Metaphor*

### 1. 서론

소방 현장은 매우 위험하고 상황이 급변 할 수 있고 일부 일초가 급박하다. 더욱이, 사람의 감각/인지 기관만을 가지고 급변 하는 상황에 대처 하기 어려울 수 있다. 따라서, 각종 센서나 외부 판단 지원정보를 활용 할 필요가 있다. 또한 소방 구조 활동은 매우 협력적이어서 다른 소방관이나 구조 대상자의 현황을 잘 파악하고 있어야 한다. 따라서, 짧고 급박한 상황 속에서 많은 그리고 동적인 정보를 교환, 취득, 숙지 하고 있어야 한다. 현재 화재 현장에서 소방관들은 소방 및 구조 활동을 수행 하기 위하여 주로 무전기로 다른 소방관이나 중앙 지휘관과 통신을 하면서 필요한 정보를 취득 혹은 공유 하고 있는데, 무전기는 최소한의 통신수단만 제공 할 뿐 소방관들의 정보 인지능력에 도움을 주고 있지 못하다. 게다가, 우리나라 소방 무전 시스템은 주로 현장 밖의 지휘관이 내리는 명령을 수신 하는 것으로만 쓰이고 있어서, 현장 소방관끼리의 통신을 제대로 지원해 주지 못하고 있다. 그 결과, 많은 소방관들이 소방 현장에서 핸드폰, 심지어 문자통신에 의존 하고 있기도 하다 [1].

따라서, 이러한 어려운 점을 극복하고 소방 활동을 더욱 안전하고 원활하게 할 수 있도록 모바일 혹은 웨어러블 컴퓨터를 활용 할 수 있을 것이다. 특히, 소방 활동에 특화의 필요성과 소방 현장의 열악한

인터랙션 환경을 고려 한다면, 소방 활동 지원 컴퓨팅은 그저 들고 다닐 수 있는 단말기가 아닌 몸이나 소방복에 일부가 되는 웨어러블 컴퓨터 형태가 되어야 할 것이다. 그리고, 각종 소방 활동에 적합하도록 적합한 웨어러블 인터페이스가 디자인 되어야 한다.

이 논문에서는 시나리오에 기반한 인터랙션 모델링, 화재 현장 및 소방 상황에서의 인간공학적 제한 조건, 사용자 Survey, 그리고 인터페이스 패턴을 기반으로 소방 활동을 효과적으로 도울 수 있는 웨어러블 인터페이스 디자인 및 개발에 대하여 설명하고자 한다.

### 2. 관련 연구

현대적 의미의 웨어러블 컴퓨팅은 1980년대에 Steve Mann 에 의하여 제창 되어 [2] 그 이후 많은 연구가 진행 되어 왔다. 그러나 소방 활동을 위한 특수 웨어러블 컴퓨터나 인터페이스의 사례는 외국에서도 그렇게 많지 않다. 미국 캘리포니아 대학에서는 웨어러블 컴퓨터는 아니지만, "Siren" 이라고 하는 긴급 메시징 시스템을 디자인 하였다. 이 시스템에서는 간단한 상황 정보나 센서 정보를 PDA로 서로 교환 할 수 있도록 인터페이스를 제안 하고 있다 [3]. 좀 더 관련 깊은 연구로 유럽 연합에서 진행 하고 있는 WearIT@work라는 프로젝트

본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 IT 신성장 동력 핵심기술개발사업 [2006-S033-01, 재난 구조용 웨어러블 인터페이스 기술개발]의 일환으로 수행하였습니다.

를 들 수 있다 [4]. 이 연구에서는 여러 가지 작업 현장에서의 웨어러블 컴퓨터 인터페이스를 제안하고 있는데 여기에 소방작업을 위한 인터페이스도 포함하고 있다. 이 연구에서는 통신, 센싱, 그리고 네비게이션등 세가지의 가장 대표적인 소방관들의 Subtask를 중심으로 인터페이스를 디자인 하고 있다.

### 3. 소방 활동 지원 시스템 개요 및 제한 조건

소방관을 위한 웨어러블 인터페이스의 설명 전에 우선 이 웨어러블 컴퓨터가 쓰이는 좀 더 광범위한 소방 활동 지원 시스템에 대해서 먼저 설명을 하도록 한다 (그림 1).

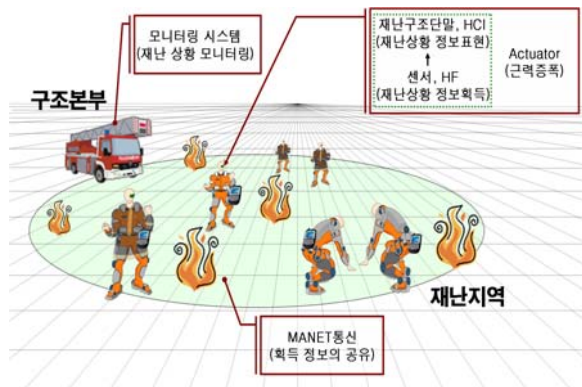


그림 1: 소방 활동 지원 시스템.

그림 1을 보면 소방관들은 현장에서 웨어러블 컴퓨터를 장착하고 각종 구조 활동을 하게 된다. 유럽 연합에서의 연구와 마찬가지로, 그리고 사용자 설문 조사 결과 소방작업에서의 주 Subtask들은 통신 (구조 요청, 위치 확인등), 센서 정보 확인 (온도, 유해가스, 장애물등), 그리고 네비게이션을 위한 지도나 주변 환경 인식등 (퇴각로 안내등) 이다. 이렇나 정보들은 현장에서 웨어러블 장비에 장착된 센서를 통하여 혹은 구조 본부나 현장 소방 대원끼리의 통신을 통하여 취득/공유 될 수 있다. 이러한 통신은 화재 현장에서는 Self Contain 된 형태 (즉 주위 환경의 Infrastructure에 기반 하지 않는) 인 Mobile Adhoc Network (MANET) 를 사용하고 있다.

또한 소방 방재청 소속의 전문가들과의 토의 결과 여러 가지 소방 현장에서의 제한 조건들을 찾아 낼 수 있었는데 예를 들면, 연기에 의한 시야 확보 문제, 이미 무거운 소방복에 대한 추가 장비의 최소화 문제, 정보 전달의 Redundancy 필요성, 위치추적 및 상황 인지 방법 제공의 필요성등이다.

### 4. 소방 활동 지원 웨어러블 인터페이스 디자인

#### 4.1 작업 분석

이러한 제한 조건 속에서 웨어러블 인터페이스 디자인을 몇가지 시나리오를 살펴보면 시작하게 된다. 그림 2에는 이러한 전형적인 소방 시나리오가 나와 있다. 이 시나리오에서도 전문가들의 의견과 마찬가지로 통신, 센서 정보 확인 그리고 네비게이션을 위한 정보취득이 매우 중요함을 다시 알 수 있다.

- 화재 현장 도착 (20:13)
- 구조 대원 배치 (20:14)
  - 지휘관 - Command: 화점 탐색, Data: 건물 지도
  - 지휘관 - Command: 생존자 탐색
- 화점1 발견 (20:16)
  - 구조대원1 - Event: 화점 발견, Data: 센서 정보를 통한 불의 크기 전달
  - 구조대원1 - Event: 도중 요청
  - 지휘관 - Command: 가까운 구조대원 검색 및 지원 명령
- 부상자1 발견 (20:21)
  - 구조대원2 - Event: 부상자 발견
  - 지휘관 - Command: 근력보조 착용자 호출 및 이동
  - 근력보조착용자 - Event: 부상자 발견 위치로 이동
  - 지휘관 - Command: 구급차 대기, 빠른 위치 전달
  - 근력보조착용자 - Event: 부상자 수송완료
  - 구조대원3 - Event: 구급차 요청
- 화점1 진화 완료 (20:25)
  - 구조대원1 - Event: 진화 완료
  - 지휘관 - Command: 구조 대원 재배치
  - 지휘관 - Command: 화점 탐색 및 생존자 탐색
- 진화 및 구조 작업 완료 (20:30)
  - 지휘관 - Command: 마지막 점검
  - 지휘관 - Command: 철수

그림 2: 소방 활동 시나리오의 예.

이러한 시나리오들을 검토하고 분석한 결과 그림 3 과 같은 전체적인 작업 구조 및 기능적 Requirement 들이 도출 되었다.

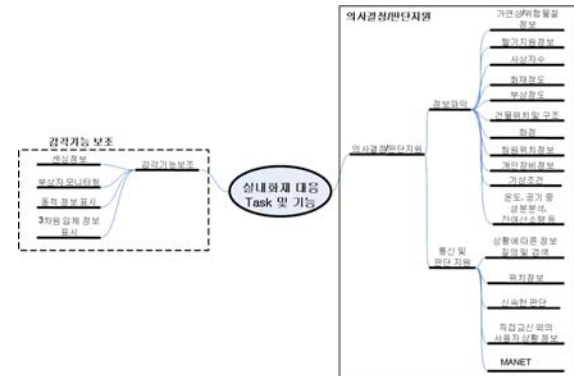


그림 3: 전체적인 작업 구조 및 기능적 요구들.

#### 4.2 제안 멀티모달 인터페이스

그림 4는 소방 활동을 위한 웨어러블 인터페이스의 프로토타입을 보여주고 있다. 우선 시각 정보는 머리에 착용 되는 Head Mounted Display를 이용하며, 그 밖에 헤드폰이나 몸 주위에 설치 된 진동기반의 촉각 장치를 이용하여 추가적인 디스플레이를 통하여 다중양식의 피드백을 제공하여 복잡하고 위험한 화재 상황 속에서 중요 정보가 잘 전달 될 수 있도록 디자인 하였다. 또한, 보통 인간이 감지 할 수 없는 환경 정보를 취득 할 수 있도록 각종 센서를 사용 하게 된다. 인터페이스는 크게 센서, 버튼, 디스플레이로 나뉘는데 센서는 헬멧에 부착된 적외

선 카메라 (S-1)과 초음파/온습도/유해가스 센서 (S-2)가 있다.

특정 작업을 수행 하거나 이를 통하여 특정 정보를 취득하기 위해서는 입력/선택 방법 또한 필요 하게 되는데, 소방 활동을 하면서 웨어러블 컴퓨터에 대한 입력을 기존의 터치패드나 혹은 음성으로 수행 하는 것은 매우 어려운 일로 이는 또한 특히 사용자 Survey를 통하여 알아낼 수 있었다. 따라서, 주요 기능을 Hot Button을 통하여 구동 할 수 있게 하고, 이 Hot Button들을 “Body based Metaphor” 를 이용하여 몸 여러 군데 배치 하게 된다 [5]. Body based Metaphor는 우리 몸의 여러 기관이 가지고 있는 기능을 비유적으로 사용하는 것으로서, 예를 들면 소방에 필요한 통신 작업의 경우, 이를 구동하기 위한 메뉴 선택 버튼을 (B-2) “귀” 에 설치 하는 것이다. 혹은 메뉴를 검색하기 위한 위/아래 버튼을 가슴/배를 배치 하는 것이다. 예를 들어 헬멧에 장착되어 있는 버튼은 센서 버튼(B-1)은 센서의 위에 장착이 되어 있어 센서를 작동시키고 싶을 때 센서에 위치한 센서 버튼을 누르면 된다. 또한 긴급한 상황이 닥치게 되면 가슴에 있는 긴급 버튼(B-3)을 누르면 구조 신호가 가게 된다. 또한 오른팔 하단에는 누르면 지도를 HMD를 통해서 볼 수 있게 된다. 왼팔상단과 하단의 버튼은 각기 메뉴를 한칸 위 그리고 한칸 밑으로 하는 버튼이다. 헬멧에는 한쪽 눈으로 보이는 see through HMD가 장착되어 있어서 지도와 센서 정보, 통신 정보를 볼 수가 있다.

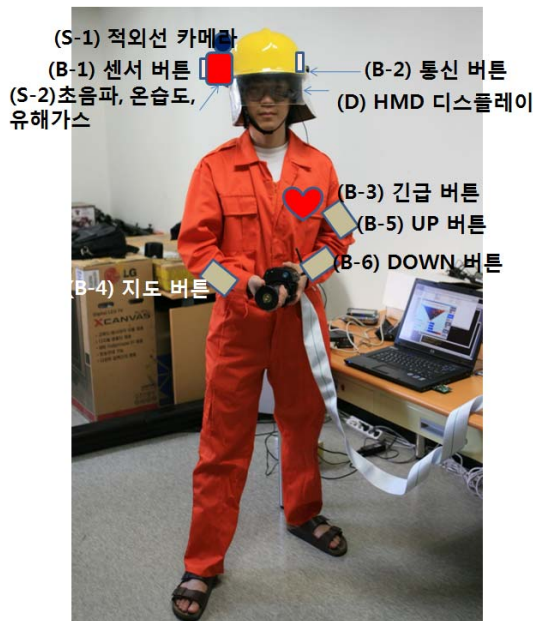


그림 4: 소방 활동을 위한 웨어러블 인터페이스 전체 프로토타입.

#### 4.2.1 센서 모듈

재난 상황에 필요한 센서 정보는 여러 가지가 있으나 수많은 정보 중에서 실제로 가장 많이 필요하리

라 생각되는 정보를 선택하여 통합센서를 설계하고 구현하였다. 구조대원은 일반적으로 두꺼운 옷과 방호장비를 착용하고 있기 때문에 주위의 기본적인 정보인 온도, 습도 등을 잘 감지할 수가 없다. 그래서 온도와 습도 센서를 사용하였다. 또한 유해가스의 경우에는 인간의 감각으로 느낄 수 없는 경우가 많아서 위험 수치에 도달하였는데도 그 위험을 느끼지 못하는 경우가 많다. 그래서 유해 가스를 감지할 수 있는 센서를 부착하였다. 재난 상황일 때 밤이거나 혹은 화재로 인한 연기 등으로 인해 시야가 확보 되지 않을 때가 있다. 이런 상황에서 시야 확보를 위해 적외선 카메라를 사용하였고 또한 초음파 센서를 사용하여 보이지 않는 상황에서라도 앞에 장애물을 파악하도록 하였다.



그림 5: 소방 활동을 위한 웨어러블 인터페이스 전체 프로토타입.

그림 5는 필요한 센서들을 통합한 센서 모듈이다. 위에서 나열된 필요한 센서들인 초음파, 유해가스, 온습도 센서가 내부에 장착되어 있으며 유선으로 연결할 수도 있고 Zigbee 방식을 사용해서 무선으로도 연결할 수가 있다. 헬멧에 장착된 적외선 카메라는 주변에 빛이 충분하지 않은 상황이 되면 자동으로 적외선 LED가 작동하게 되어 어두운 상황에서도 주위를 촬영하게 된다. 이렇게 촬영한 영상은 HMD를 통해서 구조대원에게 보여지게 된다. 그래서 화재의 발화지점과 위급상황에 처한 부상자를 신속히 발견할 수 있도록 도와주게 된다.

#### 4.2.1 정보 디스플레이

센서 등을 통해서 주위의 정보를 보다 효과적으로 수집하는 것도 중요하지만 취합한 정보를 구조대원이 인지하기 쉽게 나타내 주는 것도 중요한 이슈이다. 정보의 디스플레이는 시각, 청각, 촉각을 통해서 이루어지게 되는데 본 연구에서는 특히 시각과 청각을 사용하여 정보를 표시하였다. 시각정보는 헬멧에 장착된 HMD를 통하여 디스플레이가 되며 청각 정보 역시 헬멧에 장착된 헤드폰을 통해서 들려지게 된다.

그림 6은 사용자가 보는 화면의 인터페이스이다. 온도와 습도, 유해가스가 나타나게 되며 현재 적외선 카메라로 보이는 영상이 상단부분에 나타나게 된다.

위와 같은 배치는 Tidwell의 UI패턴을 [6] 활용하여 Three Panel Selector 방식으로 화면이 세부분으로 나뉘어 각자 주어진 기능을 수행하게 된다. 또한 가장 중요한 정보를 가운데에 두는 Center Stage방식이 사용되었다.



그림 3. 센서 정보 디스플레이

그림 6: 센서 정보 디스플레이 디자인.

대원이나 본부사이에 서로 전달된 통신 메시지는 그림 7과 같이 보여 지게 된다. 또한 전달된 메시지는 음성으로 변환되어 헬멧의 헤드폰을 통해서 들려지게 된다. 메시지가 도착하면 화면이 깜빡거리는데 이는 Status Indicator방식이라고 할 수 있다. 그림 6과 7를 보면 기본적으로 화면이 같은 구성으로 되어 있는데 이는 Visual Framework을 동일하게 유지하기 위해서 그렇게 만든 것이다. 그리고 오른쪽의 메뉴인 메시지, 센서+적외선, 지도 메뉴는 항상 보임으로 Global Navigation이 가능하게 되었다.

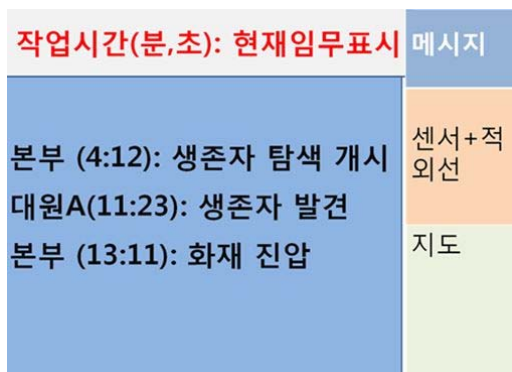


그림 7: 통신 기능 인터페이스 디자인.

### 5. 전문가 평가

이렇게 디자인 된 인터페이스 디자인의 1차 프로토타입이 완성 되었으며, 이를 Formal 한 평가 이전에 전문가 (방재청) [1] 로부터 긍정적인 1차적 결과가 얻어졌다. 아래에 전문가들로 부터의 의견이 나와 있다.

1. 장비의 크기와 사이즈
  - 현재 크기와 무게 정도 (1 kg 내외)의 UMPC와 센서는 구조대원에게 그리 큰 부담은 아님. 소형화 이슈는 크게 없음
  - 장비나 센서가 옷 속으로 들어가고 간단히 차는 형태라면 그리 무리가 없음.
2. 인터페이스
  - 버튼들이 몸에 부착되는 것은 긍정적으로 평가.
  - 관장의 버튼을 눌러서 통신하는 방법 긍정적. 음성에 비해서 신뢰성 높음.
  - 생각 외로 방열복을 입어도 몸의 자유도가 높아서 양 팔 상하, 몸통에 붙은 버튼들을 다 누를 수가 있음. BodyMetaphor에 긍정적.
  - 장갑을 끼도 감각의 둔화가 심하지는 않아서 전화기 버튼, 키보드 버튼 정도는 충분히 누를 수 있다고 함. 버튼 사이즈를 굳이 크게 할 필요는 없을 듯.
3. 디스플레이, 센싱, 지도
  - 적외선 카메라 사용 매우 도움.
  - 적외선 카메라로 봤을 때 화점이나 생존자가 보이면 표시를 해주면 좋을 것이라고 함.
  - 메시지가 왔거나 위험요소가 감지되었을 경우 (유해가스, 화점 등) 화면에 깜빡임과 소리와 진동 세 가지를 다 사용하는 것이 좋을 것이라고 조언.
  - 유해가스 센싱의 중요성 강조.
  - 지도는 소방시설도면이라는 것이 있는데 이것을 보이도록 하면 좋을 것임.
4. 통신
  - 음성통신은 기존 시스템에서 지원을 하고 정확도가 떨어지므로 오히려 텍스트를 통한 메시지 전달에 치중하는 것이 바람직하게 보임.
  - 개인통신, 그룹통신 등은 있는 것이 좋을 것으로 보임.

### 6. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 재난 구조 상황에서 보다 효과적으로 구조자의 생명을 보호하며 위급상황에 처한 생존자를 구조할 수 있는 인터페이스를 설계하였다. 본 인터페이스 설계를 하는 과정에서 방재청의 피드백을 통해서 계속 고쳐나가고 있다. 향후에는 본 시스템을 실제 필드에 적용하는 것을 목표로 하고 있다. 이렇게 실용적이며 특화된 영역에서의 웨어러블 인터페이스 디자인, 구현 및 평가 프로세스는 앞으로 다른 영역에서의 웨어러블 컴퓨팅의 확산과 도입을 위하여 좋은 Case Study가 될 수 있을 것이다.

### 참고문헌

[1] 소방 방재청 미팅 회의록, 2007 (Personal

Communication).

- [2] S. Mann, "An historical account of the 'WearComp' and 'WearCam' inventions developed for applications in 'Personal Imaging,'" in *The First International Symposium on Wearable Computers*, 1997.
- [3] J. Xiaodong, Y. Nicholas, J. Chen, I. Hong, K. Wang, L. Takayama, J. Landay, "Siren: Context aware Computing for Fire Fighting," *Proc. of Pervasive Computing*, 2004.
- [4] P. Lukowicz, A. Timm-Giel, M. Lawo, and O. Herzog, "WearIT@work: Toward Real-World Industrial Wearable Computing," *Pervasive Computing Magazine*, 2007.
- [5] Changseok Cho, Huicheol yang, Gerard J. Kim and Sungho Han, "Body based Interfaces", *Proc. of IEEE Int. Conference on Multimodal Interface*, pp. 466-472, 2002.
- [6] J. Tidwell, "Designing Interfaces: Patterns for Effective Interaction Design," O'Reilly Associates, 2005.