

시니어들의 응급구난 관리를 위한 U-Healthcare시스템에서 안전성 개선을 위한 결합 분석 방법에 관한 연구

김규아[†], 박만곤^{**}

요 약

요즘 고령화가 급속히 진행되고 있고 이에 따라 시니어들의 응급구난 시스템에 대한 관심이 높아지고 있다. 따라서 시니어들의 응급구난을 관리하는 U-Healthcare 시스템의 경우 시니어들의 안전과 직결되는 응급 처치 및 구난을 하는 시스템으로서 안전성이 매우 중요한 안전성 중심 시스템이다. 따라서 본 논문에서는 시니어들의 생명과 밀접한 응급구난 관리를 위한 U-Healthcare 시스템에 대하여 결합분석과 안전성평가를 수행하여 그 효과를 알 수 있었다. 최근에는 안전성 중심 시스템은 인간 오류에 적용하기 힘든 소프트웨어의 특성 때문에 어느 하나의 시스템을 평가하기 위한 방법으로 상호보완적인 역할을 할 수 있는 두 가지 이상의 방법을 결합하는 연구가 진행되고 있다. 따라서 본 논문에서는 결합 트리 분석(FTA)와 전후방 고장 유형, 효과 및 치명도 분석(FMECA)의 통합에 의해서 결합 분석과 안전성평가를 수행하였다. 먼저 시스템의 기능별 결합 목록을 통하여 F-FMECA를 구하여 FTA를 구하였다. 그리고 FTA를 이용하여 B-FMECA에서 정규화 위험 우선순위 값인 NRPV를 구하였다. 정규화 위험 우선순위 값 NRPV에 따라 우선순위를 부여하여 FTA를 추가 수정하여 개선 전과 개선 후의 결과인 개선율을 통해 수치적으로 개선효과를 구할 수 있었다.

A Study on the Methods of Fault Analysis to Improve Safety in U-Healthcare System for Managing Emergency Rescue for Seniors

Gyu-A Kim[†], Man-Gon Park^{**}

ABSTRACT

Recently the U-Healthcare system has been rapidly advanced to manage emergency rescue for seniors. We can access emergency rescue systems with high quality services anytime, anywhere under ubiquitous healthcare systems. The more the various systems develop, the more software security systems become important. Therefore, the safety-critical system has been widely spread to the world by advancement of the information and communication technologies. There are a lot kind of fault analysis methods to evaluate software security systems. However due to characteristics of software that is not applied by human error, it can be prevented the enormous damages and losses from improving the safety of safety-critical system. So this paper proposes an integration method of FTA and Forward and Backward FMECA. This method has each strength of FTA and FMECA which is visual and numeric in normalization. First, by use of FTA, we can redraw FTA with Forward FMECA and Backward FMECA in consideration of occurrence, severity, detection, correctness, robustness, and security. Also according to value of NRVP at each event, we can modify FTA diagrams as shown critical paths given by severity and occurrence. Also, we propose the improved emergency rescue service platform of ubiquitous healthcare systems through identifying priorities of the criticality according to normalized risk priority values (NRPV).

Key words: U-헬스케어 (U-Healthcare), 응급구난(Emergency Rescue), 결합 분석(Fault Analysis), 안전성 평가(Safety Assessment)

※ 교신저자(Corresponding Author) : 박만곤, 주소 : 부산광역시 남구 대연 3동 부경대학교 대연캠퍼스 1호관(웅비관) 1308호실(608-737), 전화 : 051) 629-6240, FAX : 051) 628-6155, E-mail : mpark@pknu.ac.kr
접수일 : 2013년 11월 1일, 수정일 : 2013년 12월 10일

완료일 : 2014년 1월 2일

[†] 준회원, 부경대학교 대학원 정보시스템학과
(E-mail : kgal203kr@naver.com)

^{**} 중신회원, 부경대학교 공과대학 IT융합응용공학과

1. 서 론

급속한 고령화 사회가 진행되면서 핵가족화가 더해져 독거노인이 특히 늘고 있으며, 현재 65세 이상 독거노인은 약 100만 명 이상을 기록했다. 이에 따라 독거노인이 주위에 아무런 도움도 없이 고독사를 당하고 오랜 기간 후에야 발견되는 고독사 방치의 문제가 발생할 위험이 있다. 따라서 독거노인 안전관리 및 응급구난에 대한 관심이 높아지고 있고, 이러한 시스템의 활용 가능성이 갈수록 높아지고 있다.

시니어들의 응급구난 관리를 위한 U-Healthcare 시스템은 노인들이 직면할 수 있는 예기치 못한 응급 상황 및 각종 대량 재해 시 사고 예방과 응급 환자 관리 차원에서 응급 처치 및 구난을 하는 시스템으로서 안전성이 매우 중요한 안전성 중심 시스템이며, 이러한 안전성 중심 시스템들의 결함 분석과 안전성 평가 및 개선 방법에 대한 관심이 증가하고 있다. 응급구난 관리를 위한 U-Healthcare시스템은 환자의 생명과 직결되기 때문에 응급구난 관리를 위한 U-Healthcare시스템의 안전성 확보는 매우 중요하다. 따라서 응급구난 관리를 위한 U-Healthcare 시스템의 안전성을 확보하기 위하여 결함 분석과 안전성 평가를 함으로써 안전성을 높이는 많은 방법들이 제시되었다[1-8].

시스템의 안전성 분석 방법에는 시스템의 안전성을 평가하기 위한 결함 분석 방법들로는 결함 위험 분석(Fault Hazard Analysis; FHA), 결함 트리 분석(Fault Tree Analysis; FTA), 고장 유형과 영향 분석(Failure Modes and Effect Analysis; FMEA), 고장 유형, 효과 및 치명도 분석(Failure Modes, Effect and Criticality Analysis; FMECA), 위험 및 운영가능성 연구(Hazard and Operability Studies; HAZOP), 소프트웨어 공통 원인 고장 분석(Software Common Cause Failure Analysis; SCCFA)등 여러 가지가 있다[1-8]. Thomas Maier의 연구인 “안전성과 보안성에 핵심을 둔 시스템에 있어서 내장된 소프트웨어의 안전성 설계 지원을 위한 FMEA와 FTA”에서는 FMEA를 통하여 아주 복잡한 제어 소프트웨어 내부의 가능한 모든 오류를 조직적으로 확인하고, 각각의 소프트웨어 요구사항의 모든 가능한 방법의 설정에 의하여 이러한 실패는 치유될 수 있고, 결함 트리의 구축을 통하여 완성될 수 있다. 그러나 이러한 안전

성 분석 방법들이 모든 시스템에서 그대로 적용될 수 있는 것은 아니며 안전성 관련 시스템의 특성과 크기에 따라 가장 적절한 방법으로 시스템의 안정성 평가되어야 할 것이다[9-13].

안전 중심 시스템의 안전성을 확보하기 위하여 본 논문에서는 다양한 안전성 분석 방법 중에서 결함 분석 방법인 결함 트리 분석(FTA)과 고장 유형, 효과 그리고 치명성 분석(FMECA)을 통합하고 이를 통해 시니어들의 응급구난 관리를 위한 U-healthcare 시스템의 안전성을 높이는 방법을 제시하고자 한다.

2. 시니어들의 응급구난 관리 U-Healthcare 시스템

U-healthcare 기술이란 유무선 통신 인프라를 기반으로 일반인, 만성질환자, 노인, 회복중인 환자나 수술 후 환자 등이 가정에서 생활을 유지하면서 불편하거나, 거주장소롭지 않게, 짧은 주거나 혹은 지속적으로 신체의 정보를 측정하고, 신체의 상태를 모니터링하여 건강상태의 변화에 대한 전문가의 서비스를 즉각적으로 받는 기술이다.

U-healthcare의 종류로는 U-Hospital, Personal Health, Wellness/Fitness가 있다. U-Hospital은 디지털 병원, e-병원, e-Hospital, Digital Hospital을 뜻하는 것으로 병원서비스의 이용 편리성과 관리 효율성의 향상시키며 의료기관의 모바일화, 의료기관간 네트워크 확대를 위한 사업이다. 예를 들어 RFID 기반 u-의약품, 온라인/모바일 건강상담 및 전자처방전이 있다. Personal Health는 모바일 헬스, 텔레메디슨, 텔레헬스, 텔레케어, 홈헬스, 홈케어, 홈헬스케어, 원격의료, 홈 모니터링, 리모트 모니터링, 원격 모니터링, 원격환자 모니터링, 홈헬스 모니터링등을 뜻하며 노인 및 만성질환자의 건강을 관리한다. 마지막으로 Wellness/Fitness는 일반인이 건강을 유지하고 향상시키는 것을 뜻한다.

U-healthcare는 일상적인 건강관리 및 만성질환의 효율적인 관리를 통해 인구 고령화에 따른 의료비용의 급격한 증가를 크게 완화시켜줄 것으로 기대되고 있으며, 효율적인 의료서비스 제공으로 전문 의료진 부족 현상을 보완해 줄 것으로 생각된다[14].

의학기술의 발전과 함께 생활수준이 향상됨에 따

라 건강관리에 대한 수요가 급격히 증가하고 있는 추세이다. 이에 따라 부각되고 있는 헬스 케어 서비스는 의료서비스, 제약, 의료기기 분야로 구성되어 있으며, 이중 의료 서비스 분야는 진료행위와 최근 각광받고 있는 웰니스, 건강증진 분야 비즈니스 분야가 포함된다. 다양한 헬스 케어 서비스 가운데, 전통적인 의료서비스에 정보통신 기술을 적용한 의료 ICT 융합 시장이 성장되어 지고 있다. 의료서비스에 있어서 과거 문제시 되었던 소외 지역의 접근성 저하, 병원 중심의 서비스 제공 등의 수동적 서비스에서 발전하여 IT기술을 기반으로 서비스를 확대하는 방법들이 제시되어지고 있는 추세이며 특히 스마트 디바이스에 기반 한 지능화된 서비스 기술력이 급속도로 발전되고 있다.

2.1 U-Healthcare 서비스 모델

응급구난 관리 U-Healthcare 시스템 도입을 통한 응급대응체계 확립을 위하여 신속한 응급대응 정보를 제공하고, 응급처치 요원의 행동지침 표준화를 마련하고 실시간 응급처치 정보를 제공한다. 또한, 응급상황 대처능력 재고 및 신속, 정확한 의료체계 확립을 목표로 한다.

그림 1에서는 경찰청 중앙교통정보센터와 각 지역 교통정보센터를 중심으로 구축된 정보시스템이 각 도시의 도로의 CCTV, 검지기, 통신망을 통하여 응급구난이 발생하였을 경우 U-Application Data를 CDMA방식을 통하여 응급수송체계와 U-Healthcare센터로 각 보내어 진다. 이때 전송되는 데이터에는 대상자를 바탕으로 최근 병력, 보호자 연락처, 감

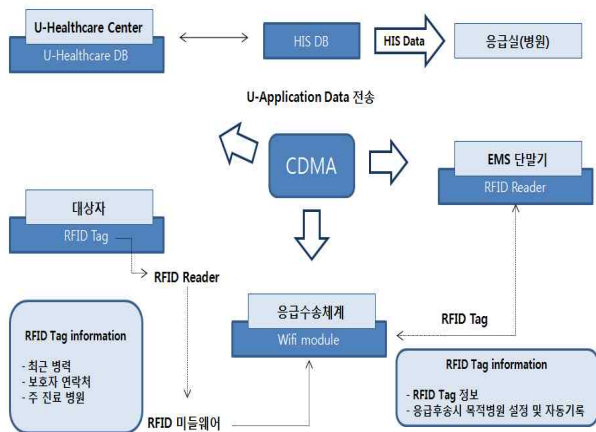


그림 1. 응급구난 관리 U-Healthcare 서비스 구성도

영정보, 주진료 병원의 데이터와 응급 후송 시 목적 병원 설정이 자동으로 기록되며 해당 병력에 맞게 진행처리 된다. 시니어가 교통사고를 당하거나 산사태, 태풍으로 인한 응급재난 피해가 발생하였을 경우 주된 치료와 과거의 병력정보도 함께 전송되고 응급시 발생할 수 있는 문제점을 보완하여 신속한 처리를 하는데 도움을 준다[15]. 시니어들의 응급구난 관리를 위한 U-Healthcare 시스템은 시니어들을 위한 응급구난 시스템, 이벤트 모니터링 시스템, 재택형 유비쿼터스 웰빙 케어 시스템으로 구성된다.

2.2 시니어들을 위한 응급구난 시스템

그림 2와 같이 환자 생체 정보에 문제가 발생하거나 감지되면 응급구난 시스템에 정보가 입력되어 정보 이벤트 처리 및 데이터 검사가 시행되어 실시간 환자 생체 정보 시스템의 작동되어 환자 생체정보를 전달하여 다시 정보 이벤트 처리 및 데이터 검사가 이루어져 병원 의료 정보시스템이 작동된다. 이에 환자의 임상 정보가 응급구난 시스템에 전달되어 구급차 응급구난 시스템이 작동된다. 이에 환자에게 적절한 조치를 이루어진다.

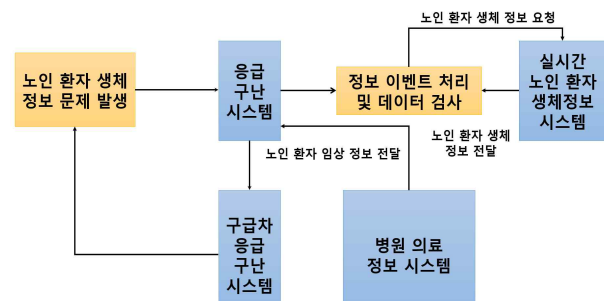


그림 2. 응급구난 시스템 절차도

2.3 시니어들을 위한 이벤트 모니터링 시스템

응급구난이 발생하여 처리되는 내용을 실시간으로 모니터 하고자하는 의료정보를 파악 전달함으로써 실시간 응대가 가능한 이벤트 모니터링 시스템이 있다. 이는 실시간 정보 Tacking을 통해 병원 운영에 필요한 정보를 균형 있게 파악이 가능하다. 이벤트 전달을 통해 사안별 조기 대응이 가능하여 환자 Safety 확보와 병원의 업무상 다양한 문제점을 조기에 파악함으로써 업무 효율성을 극대화 해준다. BAM(Business Activity Monitoring)을 도입한 이

벤트 모니터링 시스템은 기업의 정보생성 원천으로부터 정보를 수집하여 이벤트화하고 의사결정을 수행하는 프로세스를 실시간 개념에서 자동화하는 전략을 갖추고 있다. 응급 구난 후 해당 병원에서는 해당 환자의 상태를 실시간으로 처리하고 다른 병명이 발생하였을 경우 병을 처리할 수 있는 각 해당 병원에게로 정보를 전달한다. 해당정보는 진료처리를 목적으로 병원시스템으로 전달되고 담당 주치의는 기다림 없이 환자의 이력을 미리 전달 받고 환자가 병원으로 이송 시 바로 치료를 하게 한다.

2.4 시니어들을 위한 유비쿼터스 재택형 웰빙 케어시스템

웰빙케어 시스템은 일상생활 중에 혈압, 맥박, 활동량 등의 생체신호를 수집하고 이를 이용하여 서비스 이용자의 건강상태를 평가하여 알려주는 표 1과 같은 서비스를 지원하는 시스템이다. 이와 함께 유비쿼터스 재택형 웰빙케어 시스템은 시니어들의 보다 건강한 삶을 위하여 자신의 상태에 대한 자기평가 및 식단 추천 등의 서비스가 제공되며, 생체신호는 병원방문 시 의사에게 제공되어 의료서비스에 이용된다.

표 1. 웰빙케어 시스템 주요서비스

의료서비스	생활서비스	상담서비스
- 생체신호 측정 및 조회	- 맞춤형식단 추천	- 자가 문진
- 건강평가지표 제공	- 맞춤형운동 추천	- 자가 질병 평가
- 병원연계 서비스	- 식단 및 운동 평가	- 병원 및 약국 검색
		- 상담원연결

3. 안전성 중심 시스템의 결함분석 방법

3.1 안전성 평가를 위한 결함 트리 분석(Fault Tree Analysis; FTA)

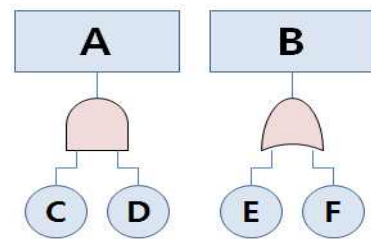
결함 트리 분석(FTA)은 위험들을 평가하고 제어하기 위한 표준화된 방식을 제공하며 해당 프로세스는 넓고 다양한 문제들을 해결하는데 사용된다. FTA는 안전 운영을 위한 가장 까다로운 한 시스템에서 각 영역들의 위험을 식별하기 위해서 정성적이고 정량적인 방법에 사용된다. 이에 의해 FTA는 보다 효

과적인 방법을 제시하며 표 2의 기호들을 사용하여 고장과 위험을 나타내는 논리적 도식 표현의 결함 트리 다이어그램으로 나타낼 수 있다.

그림 3은 FTA의 AND와 OR 게이트의 사용 예이다. 먼저 AND 게이트는 기본 사건 c와 d 모두가 발생하면 최상위 사건 A가 결과로 나타난다는 것을 뜻한다. OR 게이트는 기본 사건 e와 f가 둘 중에 하나라도 발생하면 최상위 사건 B가 결과로 나타나는 것을 말한다. FTA는 부울 논리 대수를 사용하여 논리적으로 표현이 가능하다.

표 2. FTA에 사용되는 기호들

기호	이름	내용
	사상(Event)	결함으로 생겨난 사건을 나타내는 기호
	기본 사상 (Basic Event)	더 이상 발달을 요구하지 않는 기본적인 오류 사건을 나타내는 기호
	전개 안 된 사상 (Undeveloped Event)	정보 부족에 의해 분석되지 않거나 또는 분석 필요가 없는 생략 현상을 나타내는 기호
	AND 게이트	하위의 사건을 모두 만족하는 경우에 사용하는 논리 게이트
	OR 게이트	하위의 사건 중 하나라도 만족하면 사용하는 논리 게이트



(가) AND 게이트 (나) OR 게이트

그림 3. FTA의 AND게이트와 OR게이트의 사용 예

3.2 고장 유형, 영향 및 치명도 분석(Failure Modes, Effects and Criticality Analysis; FMECA)

전체적인 안전성 문제점을 정량적으로 관리하기 위한 방법이며, 복잡화되는 안전성 문제발생 형태를 개발 초기에서 사전 제거하기 위한 목적으로 활용되는 특히 고장 영향의 치명도에 대한 정도를 중요시할 때에는 FMECA를 사용한다. 이 분석 방법은 완성

된 부품이나 시스템의 안전성을 검토하기 위한 것이 아니라, 앞으로 개발하려고 하는 부품이나 시스템의 설계를 개선하여 시스템의 안전성을 높이는 데에 활용하는 것이다. 하지만 오늘날 FMEA가 FMECA로 종종 동일하게 사용되며 FMEA와 FMECA 사이의 구분이 모호해지고 있다[16]. 본 논문에서는 모든 값을 정규화 하여 나타내었으며 다음 표 3은 정규화된 값으로 FMECA의 수행 내용을 나타내었다.

3.3 FTA와 FMECA의 통합

본 논문에서는 FTA와 FMECA의 통합 방법으로 시니어들의 응급구난 관리를 위한 U-Healthcare 시스템의 안전성을 개선해 볼 것이다. 전방에서 FMECA를 이용한 F-FMECA (Forward-Failure Modes, Effects and Criticality Analysis)와 후방에서 FMECA를 이용한 B-FMECA (Backward-Failure Modes, Effects and Criticality Analysis) 그리고 FTA를 통합한 방법을 제시하며 이는 그림 4와 같이 정의한다.

먼저 FTA는 F-FMECA의 결과로부터 고장 영향의 치명도에 따라 형성되고 고장 영향을 더욱 확실하게 확인하기 위해서 높은 치명도의 영향은 최상위 사건으로 사용된다. 또한 고장 모드는 F-FMECA로 표현하기 어려운 고장 모드의 원인을 확인하기 위하여 FTA의 중간 사건으로 사용되어진다. F-FMECA의 원인은 FTA의 기본사건으로 사용된다. F-FMECA를 통한 분석을 마친 후 FTA의 최상위 사건을 선택

하여 F-FMECA의 고장모드, 원인 및 영향에 의하여 중간사건과 기본사건을 정의하고 FTA를 완성한다. 도형으로 이루어진 FTA를 통해 쉽게 시스템의 흐름을 알 수 있다. 다음으로 FTA를 정의한 후 질적인 분석을 통하여 B-FMECA를 위한 정규화된 발생도, 치명도, 검출도, 정확성, 견고성 및 보안성을 정의하고 이들의 곱으로 이루어진 정규화된 위험 우선순위 값인 NRPV를 계산한다. 새로운 영향이 있으면 FTA를 수정하여 위의 과정을 반복한다. 만약 새로운 영향이 없으면 개선 지시를 통하여 B-FMECA를 결과 값을 찾고 개선율을 구한다[11]. 개선율은 (개선 전의 NRPV - 개선 후의 NRPV) / 개선 후의 NRPV로 계산된다.

4. 시니어들의 응급구난 관리를 위한 U-Healthcare 시스템의 안전성 평가를 위한 결합 분석 방법

4.1 F-FMECA

시니어들의 응급구난 관리를 위한 U-Healthcare 시스템의 안전성을 분석하기 위하여 본 논문에서는 FTA와 FMECA를 통합하여 분석 방법을 제시한다. 특히 통합 방법에 있어서 FTA를 기준으로 FMECA를 전방과 후방 방법으로 구분하여 F-FMECA, B-FMECA로 명명하고 안전성 분석 방법을 제시한다. 표 4는 시니어들의 응급구난 관리를 위한 U-Healthcare 시스템의 F-FMECA로써 FTA를 위한 전 단계이다[17].

4.2 F-FMECA에 의한 FTA

시니어들의 응급구난 관리를 위한 U-Healthcare 시스템의 F-FMECA에 의하여 그림 5와 같이 FTA를 구할 수 있다. 표 4의 영향은 그림 5의 최상위사건에 해당한다. 표 4의 고장모드는 그림 5의 FTA 부분에 해당하는 중간사건과 같고, 표 4의 원인은 그림 5의 FTA 부분에 해당하는 기본사건과 같다[18].

그림 5에서는 FTA 분석에 의하여 시니어들의 응급구난 관리를 위한 U-Healthcare 시스템이 고장이나는 원인에 대하여 알 수 있다. 앞서 설명한 결합 트리의 기호 중 원 모양에 해당하는 기본 사상은 더 이상 발달을 요구하지 않는 기본적인 오류 사건을

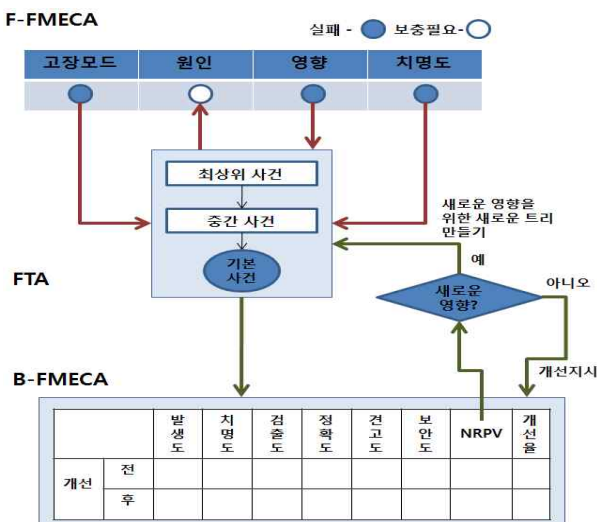


그림 4. FTA와 전후방 FMECA의 통합 방법

표 3. 정규화 된 값으로 수행된 FMECA 내용

단계	수행 내용
1	기능을 식별하기 위해 안전 필수시스템 준비 및 기능 확인
2	잠재적인 고장 유형을 식별
3	다른 시스템 또는 사람에 의한 어떤 잠재적 고장 효과 식별
4	정규화된 고장 효과의 치명도(Criticality; CR) 제시 $0 \leq CR < 0.1$: 아무런 위험 없음, $0.1 \leq CR < 0.3$: 심각하지 않음, $0.3 \leq CR < 0.6$: 중함, $0.6 \leq CR < 0.9$: 심각함, $0.9 \leq CR < 1.0$: 치명적임, $CR = 1.0$: 재앙적임
5	정규화된 고장 원인의 발생도 (Occurrence; OC) 점수 제시 $0 \leq OC < 0.1$: 발생 가능성 없음, $0.1 \leq OC < 0.3$: 발생 가능성 거의 없음, $0.3 \leq OC < 0.6$: 발생 가능성 이따금씩 있음, $0.6 \leq OC < 0.9$: 발생 가능성 높음, $0.9 \leq OC < 1.0$: 발생 가능성 아주 높음, $OC = 1.0$: 발생 가능성이 매번 있음
6	정규화된 설계 제어 리스트들에 의한 고장을 검출할 수 있는 능력 검출도(Detection; DE) 점수 설정 $0 \leq DE < 0.1$: 고장검출능력 확실함, $0.1 \leq DE < 0.3$: 고장검출능력 거의 확실함, $0.3 \leq DE < 0.6$: 고장검출능력 빈번함, $0.6 \leq DE < 0.9$: 고장검출능력 조금 있음, $0.9 \leq DE < 1.0$: 고장검출능력 거의 불확실함, $DE = 1.0$: 고장검출능력이 없음
7	정규화된 사양에 따라 수행 할 수 있는 시스템의 능력인 정확도(Correctness; CO) 점수 계산 $0 \leq CO < 0.1$: 확실히 정확함, $0.1 \leq CO < 0.3$: 거의 정확함, $0.3 \leq CO < 0.6$: 일부만 정확함, $0.6 \leq CO < 0.9$: 조금 정확함, $0.9 \leq CO < 1.0$: 거의 정확하지 않음, $CO = 1.0$: 정확하지 않음
8	정규화된 잘못된 사용의 경우에 손상을 방지 할 수 있는 시스템의 능력인 견고도(Robustness; RO) 점수 계산 $0 \leq RO < 0.1$: 견고함 $0.1 \leq RO < 0.3$: 거의 견고함, $0.3 \leq RO < 0.6$: 일부만 견고함, $0.6 \leq RO < 0.9$: 조금 견고함, $0.9 \leq RO < 1.0$: 거의 견고하지 않음, $RO = 1.0$: 견고하지 않음
9	정규화된 사양 이외의 적대적 사용의 경우 손상을 방지 할 수 있는 시스템의 기능인 보안도(Security; SE) 점수 계산 $0 \leq SE < 0.1$: 보안도 높음, $0.1 \leq SE < 0.3$: 보안도 안전함, $0.3 \leq SE < 0.6$: 보안도 적정함, $0.6 \leq SE < 0.9$: 보안도 낮음, $0.9 \leq SE < 1.0$: 보안도 위험, $SE = 1.0$: 보안되지 않음
10	각각의 부품이나 단계의 위험 정규화된 우선순위 값(Normalized Risk Priority Value; NRPV)를 계산 $NRPV = \text{치명도} \times \text{발생도} \times \text{검출도} \times \text{정확도} \times \text{견고도} \times \text{보안도}$
11	고장효과의 치명도, 발생도, 검출도, 정확도, 견고도, 보안도의 값을 줄일 수 있는 추가적인 행동들을 설계
12	개선사항 구현을 위한 의무사항과 목표 완료 일자를 지정
13	수행된 개선 행동들과 NRPV로 그 효과를 모니터링

표 4. 시니어들의 응급구난 관리를 위한 U-Healthcare 시스템의 F-FMECA

기능	고장모드	원인	영향	치명도
응급구난 시스템	환자 상태 정보 인식 실패	연결 오류	시니어들의 응급구난 관리를 위한 스템 고장	0.96
	정보 수집 및 전달 실패	DB 오류		0.84
		전송 오류		0.86
		연결 오류		0.85
		GPS 오류		0.84
	환자 위치 확인 실패	연결 오류		0.83
실시간 환자 정보 시스템	정보 전달 실패	전송 오류	시니어들의 응급구난 관리를 위한 시스템 고장	0.72
	환자 생체 정보 검색 실패	연결 오류		0.76
		DB 오류		0.85
	정보 변경 실패	업데이트오류		0.81
	실시간 정보 처리 실패	DB 오류		0.80
		real-time 오류		0.87
병원 의료 정보 시스템	정보 전달 실패	전송 오류	시니어들의 응급구난 관리를 위한 시스템 고장	0.71
	정보 검색 실패	연결 오류		0.76
		검색 오류		0.73
	부적절한 의약품 및 의학 기구 선택	선택 오류		0.86
구급차 응급구난 시스템	정보 전달 실패	DB 오류	시니어들의 응급구난 관리를 위한 시스템 고장	0.81
		전송 오류		0.94
	위치 검색 실패	연결 오류		0.96
		GPS 오류		0.95
	최단거리 계산 실패	연결 오류		0.91
		계산 오류		0.72
	부적절 구급대원 배정	GPS 오류		0.75
		배정 오류		0.62
	우선순위 결정 실패	DB 오류		0.60
		계산 오류		0.77
내장 의약품 및 의학 기구 관리 결함	관리 오류	0.56		
	DB 오류	0.57		
이벤트 모니터링 시스템	노인 환자 상태 정보 인식실패	연결오류	시니어들의 응급구난 관리를 위한 시스템 고장	0.95
	실시간 정보 처리 실패	DB 오류		0.87
		real-time 오류		0.90
	적절한 조치 및 대응 실패	선택 오류		0.84
		DB 오류		0.75
	정보 수집 및 전달 실패	연결 오류		0.72
		전송 오류		0.66
DB 오류		0.68		
재택형유비쿼터스 웰빙케어 시스템	노인 환자 상태 정보 인식실패	연결오류	시니어들의 응급구난 관리를 위한 시스템 고장	0.96
	노인 환자 생체 정보 검색실패	DB 오류		0.94
		검색 오류		0.88
	적절한 서비스 제공 실패	선택 오류		0.74
	정보 전달 실패	연결 오류		0.78
		전송 오류	0.76	

나타내는 기호이다. 따라서 이에 해당하는 값들을 보면 데이터베이스 오류, 연결 오류, 전송 오류, 업데이트 오류, 검색 오류, real-time오류, GPS오류가 있다. 따라서 시니어들의 응급구난 관리를 위한 U-Healthcare 시스템의 고장의 원인을 나타내는 값들

을 쉽게 알 수 있으며 사전에 예방을 할 수 있다.

4.3 FTA에 의한 B-FMECA

앞의 고장에 대한 정규화된 위험 우선순위 값 (Normalized Risk Priority Value; NRPV)를 계산하

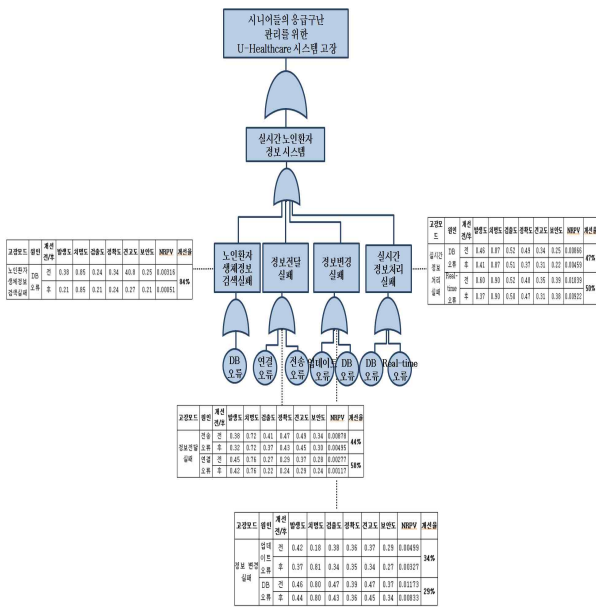


그림 5. 시니어들의 응급구난 관리를 위한 U-Healthcare 시스템의 F-FMECA에 의한 FTA

여 NRPV이 높은 고장부터 개선 지시(Corrective Action)를 수행한다. 그리고 결함에 대한 개선 지시(Corrective Action)에 의해서 결함은 줄어들며, 개선 지시 후, NRPV을 다시 계산하여 안전성의 개선 사항을 확인한다. NRPV은 정규화된 치명도, 발생도, 검출도, 정확도, 견고도, 보안도의 곱으로 계산되어 지고, 개선율은 (개선 전 NRPV - 개선 후 NRPV)÷(개선 전 NRPV)을 이용하여 구할 수 있다.

본 논문에서는 효율적인 값의 제공을 위하여 모든 값들을 정규화(Normalization) 시켜 제공할 것이며 정규화 위험 우선순위 값(NRPV ; Normalized Risk Priority Value)을 나타내어 안전성을 개선시킬 것이다[19]. 그림 6과 그림 7은 F-FMECA에 의한 FTA에서 질적인 분석을 통하여 완성된 B-FMECA의 응급구난 시스템과 구급차 응급구난 시스템이다.

5. 결 론

오늘날 급속히 고령화가 진행되면서 많은 의료 기관들이 노인을 위한 응급구난 시스템에 관심을 가지고 있으며, 특히 응급구난 관리를 위하여 U-Healthcare 시스템을 이용하면서 언제 어디서나 체계적인 관리나 치료가 가능하여 보다 효율적으로 헬스케어 서비스를 제공할 수 있다. 하지만 응급구난 관리를 위한 U-Healthcare 시스템의 안전성은 노인

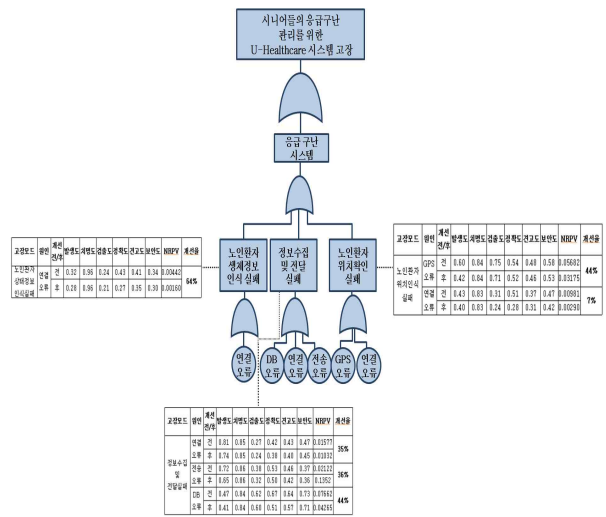


그림 6. U-Healthcare 시스템의 응급 구난 시스템 부분의 FTA에 의한 B-FMECA

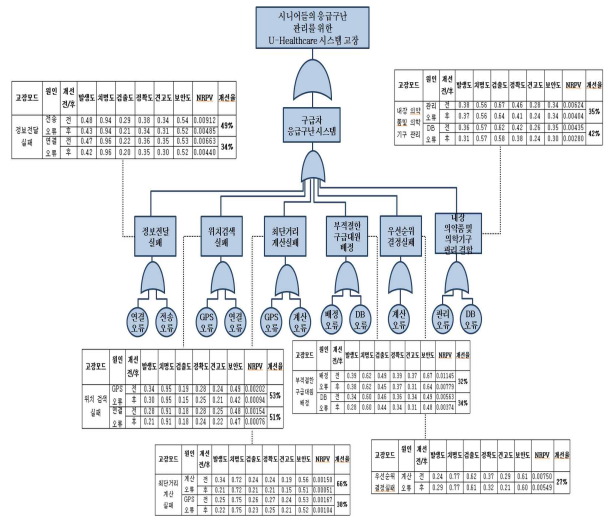


그림 7. U-Healthcare 시스템의 구급차 응급구난 시스템 부분의 FTA에 의한 B-FMECA

의 안전과 직결되기 때문에 그에 대한 안전성의 문제가 이슈가 되고 있다. 현재 시스템의 안전성을 분석할 수 있는 방법은 여러 가지가 있지만, 본 논문에서는 FTA와 FMECA의 두 가지 방법을 선택하여 각각의 방법들의 장점을 최대화하고 단점을 최소화하여 안전성 중심 시스템의 안전성 분석 방법을 제시한다 [20].

본 논문에서 제시한 시니어들의 응급구난 관리를 위한 U-Healthcare 시스템에는 시니어들을 위한 응급구난 시스템, 시니어들을 위한 재택형 유비쿼터스 웰빙케어 시스템 그리고 시니어들을 위한 이벤트 모니터링 시스템이 있으며 이 시스템들은 노인이 겪을

수 있는 각종 대량 재해 시 사고 예방 및 응급 환자 관리 차원에서 응급 처치 및 구난을 하는 시스템으로서 안전성이 매우 중요한 안전성 중심 시스템이다. 따라서 본 논문에서는 FTA와 전후방 FMECA 통합 방법을 적용하여 그 효과를 알 수 있었다. 하나의 안전성 분석 방법이 아닌 시각적 효과와 수치적 효과를 극대화한 두 가지 방법을 통합하여 더욱 효율적인 안전성 분석 방법을 제시하였다. 앞으로도 이러한 방법들의 통합을 통하여 안전성 중심 시스템의 안전성을 확보할 수 있는 연구가 지속되어야 한다. 또한, 시스템적으로 분석한 보완을 통하여 개선 효과를 구할 수 있지만, 실제적으로 노인 환자 스스로가 자신의 식습관에 관심을 가질 수 있도록 해야 한다.

참 고 문 헌

- [1] Mojrmir F. Mazur, "Software FMECA: Failure Mode, Effect and Criticality Analysis," U.S. Patent and Trademark Office Pilot Project, 1994.
- [2] Nancy G. Leveson and Peter R. Harvey, "Analyzing Software Safety," *IEEE Transactions on Software Engineering*, Vol. SE-9, No. 5, pp.569-579, 1983.
- [3] NASA-GB-8719.13, *NASA Software Safety Guidebook*, NASA Technical Standard, pp. 315-323, 2004.
- [4] Yang Hong, Wang Hou-xiang, Han Ruo-fei, and Li Juan, "Application of Fault Tree in Software Safety Analysis," *Proc. International Forum on Computer Science-Technology and Applications*, *IEEE Computer Society*, pp. 207-208, 2009.
- [5] Jianming Yong, "Security Modelling for e-Learning," *First IEEE International Symposium on Information Technologies and Applications in Education*, pp. 1-5, 2007.
- [6] Lian-yu Zheng, Kwai-sang Chin, and Li Wei, "Knowledge-Enriched Process FMEA Model for Process Planning," *The Asian Journal on Quality*, Vol. 3, No. 1, pp. 12-27, 2002.
- [7] M. Ben-Daya and Abdul Raouf, "A Revised Failure Mode and Effects Analysis Model," *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 13, No. 1, pp. 43-47, 1996.
- [8] N. Snooke and C. Price, "Model-Driven Automated Software FMEA," *Proc. Reliability and Maintainability Symposium*, pp. 1-6, 2011.
- [9] Harold W. Lawson, "An Assessment Methodology for Safety Critical Computer Based Systems," *Proc. CSR 12th Annual Workshop on Safety and Reliability of Software Based Systems*, pp. 183-200, 1995.
- [10] T. Maier, "FMEA and FTA to Support Safety Design of Embedded Software in Safety-Critical Systems," *Proc. CSR 12th Annual Workshop on Safety and Reliability of Software Based Systems*, pp. 351-367, 1997.
- [11] Peter L. Goddard, "A Combines Analysis Approach To Assessing Requirements for Safety Critical Real-Time Control Systems," *Proc. Annual Reliability & Maintainability Symposium*, pp. 227-230, 1993.
- [12] M. Ben Swarup, and P. Seetha Ramaiah, "A Software Safety Model for Safety Critical Applications," *International Journal of Software Engineering and Its Applications*, Vol. 3, No. 4, pp. 21-32, 2009.
- [13] Myonghee Kim and Man-Gon Park, "A Study on the Software Fault Modes and Effect Analysis for Software Safety Evaluation," *Journal of th Korean Multimedia Society*, Vol. 15, No. 1, pp. 113-130, 2012.
- [14] Wildan Toyib, Eun-Sook Lee, and Man-Gon Park, "An Integrative Method on the Remote Monitoring of Walking Activity using Ubiquitous Healthcare System," *International Journal on Electrical Engineering and Informatics*, Vol. 3, No. 4, pp. 453-463, 2011.
- [15] Erik Stalhandske, Joseph DeRosier, Ryan Wilson, and Joe Murphy, "Healthcare FMEA in the Veterans Health Administration," *Patient Safety & Quality Healthcare*, Vol. 6,

No. 5, pp. 30-33, 2009.

- [16] Rajiv Kumar Sharma and Pooja Sharma, "System Failure Behavior and Maintenance Decision Making using, RCA, FMEA and FM," *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 16, No. 1, pp. 64-88, 2010.
- [17] Joseph DeRosier, Erik Stalhandske, James P. Bagian, and Tina Nudell, "Using Health Care Failure Mode and Effect Analysis: The VA National Center for Patient Safety's Prospective Risk Analysis System," *The Joint Commission Journal on Quality Improvement*, Vol. 27, No. 5, pp. 248-267, 2002.
- [18] Rodrigo de Queiroz Souza and Alberto José Álvares, "FMEA and FTA Analysis for Application of the Reliability Centered Maintenance Methodology: Case Study on Hydraulic Turbines," *ABCM Symposium Series in Mechatronic*, Vol. 3, pp. 803-812, 2008.
- [19] VA National Center for Patient Safety, *The Basics of Healthcare Failure Mode and Effect Analysis*, 2001.
- [20] VA National Center for Patient Safety, *Patient Safety Assessment Tool (PSAT)*, 2009.



김 규 아

2007년 2월 경성대학교 (스포츠 의학전공) 이학석사
 2014년 2월 부경대학교 대학원 IT융합응용공학과 정보 시스템전공(공학박사 학위취득 예정)

2011년~현재 부경대학교 IT융합응용공학과 강사
 2002년~현재 한국마사회 헬스케어 강사
 관심분야: U-헬스케어, 디지털 스포츠 기술, 디지털 생체측정기술, 의료시스템 안전성평가



박 만 곤

경북대학교 수학교육(이학사)
 경북대학교 전산통계학(이학박사)
 Philippine Women's University (국제행정학석사)
 University of Rizal System, Philippines(명예 기술학박사)

Dept. of Electrical and Computer Engineering, University of Kansas (Post Doc.)
 1981년~현재 부경대학교 IT융합응용공학과 교수
 2008년~현재 한국멀티미디어학회(KMMS) 회장 및 명예회장
 2002년~2007년 정부간 국제기구 CPSC (콜롬보플랜기 술교육대학) 총재 (Director General and CEO)
 2004년~2007년 Asia Pacific Accreditation and Certification Commission (아태 인증 및 검증 위원회) 위원장
 2005년~2007년 유네스코 (UNESCO-UNEVOC) 자문 위원, 아시아개발은행 자문관
 관심분야: 소프트웨어 신뢰성공학, 비즈니스 프로세스 재공학(BPR), 소프트웨어 공학 및 재공학, 멀티미디어정보처리기술, 정보시스템 성능평가 기법 및 도구, ICT-based HRD System