

# 모듈기반 퍼스널 로봇을 위한 Fault Tolerant 구조

## Fault tolerant architecture for Module-based personal robot

백범현, 지동준, 박찬정, 한기성, 이선영, 김경태, 홍성원, 박홍성

Bumhyun Baek, Dongjun, Jee, Chanjung, Park, Kisung, Han, Sunyoung Lee, Kyeongtae Kim, Sungwon Hong, Hongseong Park.

**Abstract** - Many distributed applications is developed in various environment such as operating system, software platform. So, they exhibit different types of system behavior, status, during the course of their operation. Each such behavior may have different functional and non-functional requirements. Therefore, many distributed application need to fault-tolerance solution. Personal robot provide various service or application. Because personal robot has many application or service, it need to fault-tolerance architecture. A flexible architecture is required to provide dependability. In this paper, it is suggested a fault-tolerant architecture for module-based personal robot with module fault-tolerance, service fault-tolerance.

**Key Words** : fault-tolerance, personal robot, module, service

### 1. 서론

인터넷의 보급으로 다양한 소프트웨어 시스템들이 등장하고 이들의 안전성을 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히 중앙에 집중된 메인프레임 컴퓨팅 파워를 업무의 특성에 따라 다중의 호스트로 분리하고자 하는 다운사이징 기법(sizing), 기존에 구축된 독립적인 기기종의 시스템을 하나의 네트워크로 연결하고자 하는 SI(System integration : 시스템 통합) 기법이 등장하면서 기존의 중앙 집중식 컴퓨팅은 급격히 분산 컴퓨팅으로 변화되었다. 이러한 분산 컴퓨팅 환경을 구축하기 위해서는 서로 다른 운영체제와 서버 프로그램과의 호환성뿐만 아니라 기기종 통신 프로토콜을 사용하는 네트워크 간의 접속, 네트워크 자원에 대한 접근, 그리고 시스템을 연결해 단일한 사용자 환경으로 만들어주는 것이 필수적이다. 미들웨어는 이와 같은 요구들을 충족시키기 위해 개발된 소프트웨어 시스템이다.

이러한 미들웨어 시스템은 다양한 분야에서 사용되고 있다. 산업용 미들웨어, 홈 네트워크용 미들웨어, 로봇용 미들웨어 등 각 환경과 용도에 따라 기능적인 측면을 고려하여 제작되고 있다. 특히 홈 네트워크상에서 인간과 유사한 특징을 지닌 퍼스널 로봇을 위한 미들웨어에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 또한 시스템의 안정성을 부여하기 위해 결함 허용(fault tolerance)에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다.

하지만 로봇용 결함 허용을 지원하는 구조와 알고리즘에 대한 연구는 부족하다.

본 논문에서 제안하는 모듈 기반 퍼스널 로봇 미들웨어는 유비쿼터스 환경에 맞추어 연체, 어디서나 통신 및 컴퓨팅이 가능하게 제작되었다. 또한 다양한 통신 인터페이스를 지원함으로써 데이터 처리의 실시간성을 보장하고 데이터 전송을 융통성 있게 하고 연결 관리(Connection Management) 기능을 제공한다. TCP의 경우 keep-alive기능을 사용하고, USB나 IEEE1394의 경우 PnP(Plug-and-play)의 이벤트를 사용하여 연결관리를 하고 있다.

본 논문에서 제안될 구조는 기존의 모듈 기반 퍼스널 로봇 미들웨어에 하나의 컴포넌트로서 다양한 결함허용을 제공한다. 각 모듈에 대한 결함, 서비스 결함, 네트워크 상의 결함등을 처리한다.

본 논문은 다음과 같이 구성되었다. 2절에서는 모듈기반 퍼스널 로봇의 구조에 대해 설명하고 3절에서는 결함 허용 구조를 제안하고 4절에서는 결론을 맺는다.

### 2. 모듈 기반 퍼스널 로봇

모듈은 로봇의 특정 기능을 수행하는 하드웨어 및 소프트웨어의 집합체이며 네트워크로 연결되어 있는 다른 모듈과 통신이 가능하다. 하나의 모듈은 특정 기능을 위해 독립적으로 동작하지만 다른 모듈과 데이터를 교환함으로써 모듈이 속한 전체 시스템의 기능을 수행하기도 한다. 모듈들로 구성된 퍼스널 로봇은 모듈간 네트워크 디바이스를 통하여 상호 연결되어 동작하는 일종의 분산 시스템으로 볼 수 있다. 그림 1은 현재 개발 중인 로봇의 세부 기능을 담당하는 모듈의 구조를 보여준다.

#### 저자 소개

- \* 백범현 : 江原大學 電子通信工學科 碩士課程
- \*\* 지동준 박찬정 한기성 이선영 김경태 홍성원  
江原大學 電子通信工學科 學士課程
- \*\*\* 박홍성: 江原大學 電子通信工學科 助教授 · 工博

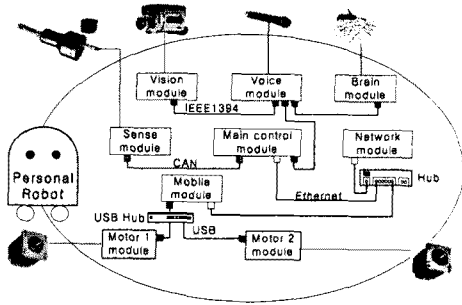


그림 1. 퍼스널 로봇의 모듈 기반 구조

Fig 1. The module based structure of Personal Robot

현재 퍼스널 로봇에 적용된 네트워크 구조는 단순한 연결의 의미 이상으로 각 모듈이 담당하는 세부 기능에 적합한 네트워크 시스템을 선택해서 사용할 수 있고, 이런 각각 다른 모든 네트워크 시스템들은 상호 연동되어 전체 로봇 시스템이 운용되도록 되어 있다. 이를 가능하게 하는 것이 퍼스널 로봇용 실시간 미들웨어이다.

모듈 기반 퍼스널 로봇은 시스템의 안정성을 보장한다. 로봇 미들웨어는 연결 관리 기능과 결함 허용을 지원함으로써 로봇 내부에서 동작하고 있는 중요한 소프트웨어들이 로봇 내부적인 문제가 발생하더라도 안전하게 동작을 중지할 수 있게 한다. 또한 로봇의 어느 한 부분이 파손될 경우 파손의 여파가 전체 시스템으로 번지지 않게 하기 위해 부품의 역할을 다른 모듈이나 부속품이 대신할 수 있게 한다.

퍼스널 로봇은 실시간 서비스 지원, 모듈 이름을 이용한 네트워크 독립적인 라우팅 기능, 프로토콜 독립적인 데이터 전송 기능, 연결 상태 감시 및 관리 기능을 가지고 실제 적용이 되어 기능 및 성능을 검증받은 상태이다.

### 3. 결함 허용(Fault Tolerance) 구조

현재 개발되고 있는 로봇 어플리케이션들은 다양한 플랫폼에서 동작한다. 또한 많은 소프트웨어와 어플리케이션이 개발됨에 따라 다양한 서비스를 제공할 수 있다. 이러한 서비스 이용을 요청하는 클라이언트나 분산 노드들은 원활한 서비스 전송을 위해 다양한 QoS를 요구한다. 분산 환경에서 QoS는 리소스 요청 및 사용, 네트워크 대역폭 할당등이 있다.

모듈 기반 퍼스널 로봇 미들웨어는 각 모듈마다의 서비스를 제공하고 네트워크 유지 및 관리를 한다. 따라서 각 모듈은 서비스와 네트워크에 대한 결함을 처리하는 컴포넌트를 포함해야 한다. 이 컴포넌트는 제한된 미들웨어가 모듈 기반으로 개발되었기 때문에 모듈결함 허용은 서비스 결함 허용과 네트워크 결함 허용이 포함된다.

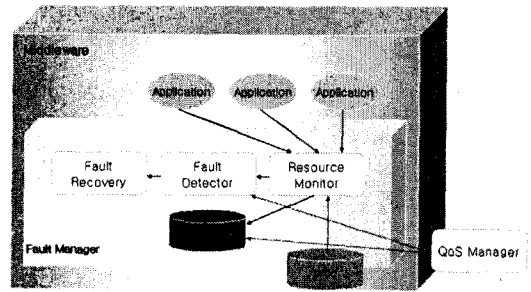


그림 2. 결함 허용 컴포넌트

Fig 2. The component of fault tolerant

### 1.1 네트워크 결함 발견(detection) 및 회복(recovery)

퍼스널 로봇 모듈들은 인간과 비슷하게 Brain, Arm, Sensor, Vision, Actuator 모듈 등으로 구성된다. Brain 모듈은 각 모듈을 제어하는 역할을 수행하고, Main Control 모듈은 다른 모듈과 직접적으로 연결되어 인터페이스 역할을 하는 모듈이다. Arm 모듈은 인간의 팔과 같은 동작을 수행하고, Vision 모듈은 로봇의 이동과 위치인식 기능을 담당하며, Actuator 모듈은 로봇의 실질적인 이동을 담당한다. 각 모듈들은 결함 발생 시 비정상적인 동작을 수행한다. 특히 다른 모듈과의 인터페이스를 제공하는 Main Control 모듈은 다른 모듈의 기능에도 영향을 미치기 때문에 더욱 결함 처리가 요구된다. 때문에 각 모듈의 결함을 발견하고 처리할 수 있는 메카니즘이 필요하다.

결함 발견을 위하여 각 모듈은 2개 이상의 네트워크 인터페이스로 구성하고, 각 네트워크 인터페이스는 QoS 매니저로부터 데이터 전송률에 맞는 대역폭을 할당받는다. 모듈이 할당된 대역폭 보다 적은 대역폭을 사용하게 되면 fault manager는 네트워크 트래픽을 점검하고 트래픽이 없으면 네트워크 연결이 끊기는 경우와 같은 결함을 예상하고 백그라운드로 실행되고 있던 다른 네트워크 인터페이스를 준비시킨다. 또한 특정 임계값보다 낮은 전송률로 데이터가 전송되면 결함으로 간주한다. 데이터 전송 중 갑작스럽게 연결이 끊긴 경우 3번의 재접속을 실행한 후 응답이 없을 경우 결함이 발생한 것으로 간주한다. 2개의 네트워크 인터페이스를 사용함으로써 가중되는 오버헤드는 하나의 네트워크 인터페이스가 primary로 동작되고 하나가 secondary로 동작함으로써 오버헤드의 증가를 방지할 수 있다. 또한, 라우팅 프로토콜을 적절히 사용함으로써 상황에 맞게 경로 재설정을 수행할 수 있다.

### 1.2 서비스 결함 발견 및 회복

퍼스널 로봇의 각 모듈들은 특정한 서비스를 수행한다. 모듈들이 다양하게 서로 연관되어 동작되기 때문에 하나의 모듈내에서 수행되는 서비스는 많지 않다.

서비스에서의 결함 발견은 운영체제로부터 획득할 수 있는 리소스 정보를 리소스 모니터를 사용함으로써 가능하다. 이것은 프로세스나 어플리케이션 서비스들이 사용 중인 리소스 사용율, 남아있는 리소스의 양등을 측정하여 시스템 특성에 적합한 결함 허용 수준을 지원하는 한다. 대부분의 시스템에

서 소프트웨어적인 결함은 리소스 고갈로 인해 발생되고 결함이 발생하기 전에 비정상적인 동작을 보이는 것을 모니터링 하여 결함을 발견하고 fault detector에게 알린다. 이에 따라 fault recovery는 적절한 우선순위 조정과 리소스 할당으로 결함을 회복한다. 또한 시스템에 부하를 줄이기 위해 primary 서비스가 실행되는 동안 secondary 서비스 프로세스는 primary 프로세스의 정보와 상태를 저장하는 파일을 바탕으로 primary에 결함이 발생하였을 경우 최근 실행하던 상태로 전환하여 primary가 회복될 때까지 역할을 대행한다.

#### 4. 결론

하나의 시스템은 여러 가지의 결함을 가질 수 있고 발생할 수 있다. 따라서 결함 허용 메카니즘에 대한 연구는 체계적으로 진행되어야 한다.

본 논문에서는 퍼스널 로봇을 위한 결함 허용 컴포넌트에 대해 제안했다. 이는 로봇용 미들웨어에서 결함을 처리하는 메카니즘이다. 이 메카니즘은 로봇 미들웨어의 결함을 발견하고, 결함을 진단하여 회복하는 하나의 모델이다. 시스템 리소스 정보를 사용하여 서비스 결함을 처리하고, 미들웨어 컴포넌트인 QoS 매니저를 통해 네트워크 상의 결함을 처리하고자 했다. 또한 구조를 컴포넌트화 하였기 때문에 재사용과 확장을 용이하게 하였고 프로세싱 부하를 줄였다.

퍼스널 로봇은 홈 네트워크 뿐만 아니라 다양한 환경에서 동작할 수 있고, 많은 서비스를 제공할 수 있다. 때문에 퍼스널 로봇 미들웨어는 서비스 제공 및 네트워크 데이터 전송 등에 있어서 안정성을 보장해야만 한다. 따라서 위의 구조를 바탕으로 모듈 기반 퍼스널 로봇 미들웨어의 안정성을 극대화 하기 위해 결함 허용 및 처리에 대한 연구는 계속 진행되고 있다.

#### 참 고 문 헌

[1] Seongho Choo, Hongseong Park, et al., "Design for Supporting Interoperation between Heterogeneous Networks in Personal Robot System", *Proc. of 2004 Int'l Conf. on Control, Automation and Systems*, ICCAS 2004, 26 Aug. 2004

[2] 윤건, 김형욱, 박홍성, "모듈 기반 퍼스널 로봇용 미들웨어 구조", *제어·자동화·시스템공학논문지* 제10권 제5호, pp. 464 ~ 474, 2004년 5월

[3] 박홍성, 추성호, 김홍석, 이호길, "퍼스널 로봇용 미들웨어 구조", *한국로봇공학회지*, Vol. 1 No. 1., pp. 69 ~ 81, 2004년 10월 30일

[4] 박홍성, 김형욱, "다중 홈 네트워크를 위한 미들웨어", *제어·자동화·시스템공학논문지*, 제9권 제6호, pp. 24 ~ 31, 2003년 11월

[5] 추성호, 박홍성, "퍼스널 로봇을 위한 객체지향 미들웨어 구조에 대한 연구", 2004년 정보 및 제어 심포지엄 논문집, pp. 83 ~ 85, 2004년 5월

[6] 추성호, Vitaly Li, 이정배, 박태규, 장익규, 정기덕,

최동희, 박홍성, "퍼스널 로봇을 위한 이기종 네트워크 운용 방안", 2004 정보 및 제어 심포지엄 논문집, pp. 86 ~ 88, 2004년 5월

[7] 이주성, 박홍성, "퍼스널 로봇 이종 네트워크 환경에서 실시간 통신에 관한 연구", 2003년 정보 및 제어 학술회의 논문집, pp. 151 ~ 154, 2003년 11월

[8] 이주성, 박홍성, "모듈 기반 퍼스널 로봇에서 실시간 서비스 지원을 위한 구조에 관한 연구", *대한전자공학회 하계종합학술대회 논문집*, 제26권 제1호, pp. 278 ~ 281, 2003년 7월

[9] 이정배, 윤건, 김형욱, 박홍성, "이종 인터페이스 홈 네트워크를 위한 미들웨어 기술", 2003 정보 및 제어 학술회의 논문집, pp. 159 ~ 162, 2003년 11월

[10] K. H. (Kane) Kim, "ROAFTS: A Middleware Architecture for Real-time Object-oriented Adaptive Fault Tolerance Support", *IEEE CS 1998 High-Assurance Systems Engineering(HASE) Symp.*, Washington, D.C., Nov. 1998, pp. 50 ~ 57