

로봇의 고장특성에 기반한 로봇 고장감내 접근법

심민구*, 백범호*, 김규래*, 김동선*, 박수용*
*서강대학교 컴퓨터공학과

e-mail : {bgshim, darkzest, charmian82, darkrsw, sympark}@mail.sogang.ac.kr

A Robot Fault-tolerance Approach Based on Fault Type

Bingu Shim*, Beomho Baek*, Kyurai Kim*, Dongsun Kim*, Sooyong Park*
*Department of Computer Science and Engineering
Sogang University

요 약

로봇 서비스 분야가 점점 확대됨에 따라, 신뢰할 수 있는 로봇개발을 위한 방안연구가 시급하다. 고장감내에 대한 연구는 신뢰도를 높이기 위한 연구분야 중에서 가장 주목받는 분야중 하나이다. 오랜 기간 로봇에 고장감내 특성을 적용하기 위한 다양한 연구들이 진행되었지만, 대부분의 연구들이 제한된 환경을 대상으로 하는 단일 기법에 초점을 맞추고 있다. 하지만, 이러한 기법들을 기반으로 신뢰도 높은 로봇을 개발할 수 있기 위해서는, 환경에 따라 적합한 고장감내기법들에 대한 복합적인 연구가 필요하다. 본 연구에서는 로봇이 대상으로 하는 환경과 분야에 적합한 고장감내기법들을 보다 효과적이고 정확하게 선정할 수 있는 시스템적 접근방법을 제안한다.

1. 연구배경 및 목표

지난 수십년간 로봇은, 청소같은 집안에서 필요한 작은 일부터, 극한 환경에서의 생산작업까지 인간의 작업을 보완하거나 도와주는 역할을 수행해왔다. 향후, 이러한 로봇의 적용분야를 더욱 다양한 분야로 확대하기 위해서는 특정수준 이상의 신뢰도가 필수적으로 요구된다[2]. 로봇은 그 특성상 사람과 물리적으로 접촉하는 일이 빈번할 수 있으므로, 이러한 환경에 로봇을 적용할 수 있기 위해서 필요로 하는 신뢰도수준은 다른 분야보다 상대적으로 높은 편이기 때문이다. 즉, 로봇의 신뢰도수준은 인간생활의 안전성수준에 직결된다고 할 수 있다. 따라서, 로봇의 신뢰도수준을 높이기 위한 많은 수의 연구들이 진행되어 왔다.

고장감내에 대한 연구는 신뢰도를 높이기 위한 연구분야 중에서 가장 주목받는 분야중 하나이다. 고장감내는 고장감지 와 고장복구 기법에 의해서 구현된다[1]. Honghai 와 George 는 특정 로봇에 대하여 정상 동작을 기술하는 모델을 몇 개의 주요변수를 이용하여 정의하고, 로봇의 실행환경하에서의 상태가 이 모델을 벗어나는지를 체크하여 로봇의 고장을 감지한다[6]. 하지만, Honghai 가 제시한 기법은 시간과 관련된 고장은 감지해 내지 못한다. 이와 비슷하게 [5, 7, 3, 4] 연구에서는 액추에이터의 정상상태를 모델로 정의하고, 주기적으로 액추에이터가 정상상태 내에서 동작하는지를 체크함으로써 로봇에 고장이 발생하였는지를 감지해 낸다.

하지만, 대부분의 연구들이 제한된 환경에서 로봇의 신뢰도수준을 높이는 단위 기법들의 연구에 초점을 맞추고 있다. 향후, 로봇을 일상생활에 적용할 수

있는 수준의 신뢰도를 충족시키기 위해서는, 이러한 기법들이 적합한 상황에 따라 적용될 필요가 있다. 이에 더하여, 각각의 기법들간의 관계에 대한 충분한 이해가 필요하다. 이러한 이해를 기반으로, 특정상황에 적합한 서로 상호보완 관계를 갖는 고장감내기법들의 조합을 선정하는 것이 가능해 진다.

본 논문의 목표는 현재까지 연구된 고장감내기법들과 로봇고장들을 분석하여, 고장감내기법들간의 상호보완 관계 및 이들 기법들이 대상으로 하는 로봇에서의 고장상황의 명확한 관계체계 수립을 목적으로 한다. 이러한 목적을 달성하기 위해, 본 논문에서는 로봇의 고장을, 발생할 수 있는 상황을 기반으로 하여 몇 가지의 분류체계로 분류한다. 또한, 현재 연구된 고장감내기법들을 분석하여 기법들간의 의존관계구조를 개발한다. 다음으로, 각각의 고장과 고장감내기법간의 연관관계를 식별하였다. 이렇게 수립된 구조모델은 개발자들이 자신이 개발하려는 로봇에 적절한 고장감내기법을 선정하는데 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다.

2. 고장특성에 기반한 로봇고장감내 접근방법

지금까지 다양한 상황에서 다양한 부분에 적용 가능한 고장감지 및 복구기법들이 연구되었다. 그러나 이러한 기법들을 실제로 적용하기 위해서는 다음과 같은 어려움이 따른다.

- 현재의 상황과 위치에 적합한 고장감지 및 복구기법을 찾아내기가 어렵다.
- 보통 문제점들은 여러 가지 원인들의 복합적인 결과물이므로 한가지 기법만으로는 해결하기는

어렵다.

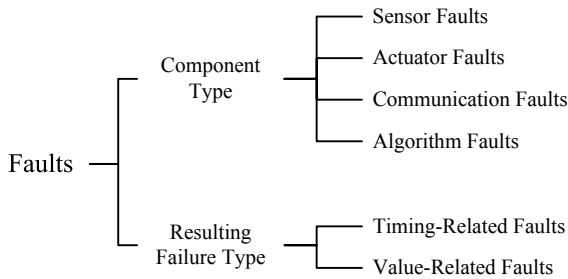
이러한 어려움을 극복하기 위해서는 먼저, 각각의 고장 감지 및 복구 기법들에 대해서 대상으로 하고 있는 상황과 위치가 명시적으로 파악되어야 한다. 뿐만 아니라, 각 고장 감지 및 복구 기법들의 특성을 파악하고 이를 기반으로 기법들간의 의존관계 및 상호보완 관계를 파악할 필요가 있다. 이를 위해 본 연구에서는 다음과 같은 접근 방식을 취했다.

첫째. 로봇에서 발생 가능한 고장을 상황과 위치를 고려한 특성에 따라 분류한다.

둘째. 로봇에서 발생한 고장들을 해결하기 위한 고장감지 및 복구 기법들을 체계화 한다.

셋째. 각각의 고장에 대응하는 기법들의 집합을 도출한다.

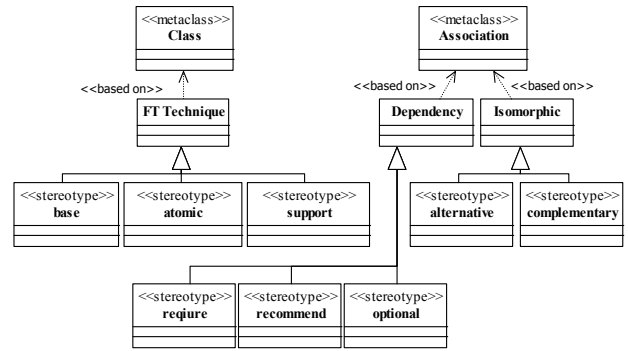
로봇에서 발생하는 고장 별로 적용 가능한 고장 감지 및 복구기법을 파악하기 위해 고장을 그 특성에 따라 분류할 필요가 있다. 이를 위해 78 개의 논문으로부터 41 가지의 고장 예제를 추출하였다. 추출된 고장은 감지관점과 복구관점에 따라 각각 두가지와 네가지로 분류되었다. 먼저 감지 관점에서는 고장을 시간에 연관된 고장과 값에 연관된 고장으로 분류하였으며, 복구 관점에서는 컴포넌트의 종류에 따라 각각 센서, 액츄에이터, 통신, 알고리즘에 의한 고장으로 분류하였다. [그림 1]은 분류에 사용된 로봇고장 분류체계를 나타낸다.



(그림 1) 로봇고장 분류체계

이렇게 분류된 특정 고장을 해결하기 위한 최적의 고장 감지 및 복구기법을 찾아내기 위해서는 각 기법들의 특성과 의존관계를 파악할 필요가 있다. 기법간의 의존관계르 파악하기 위해 본 논문에서는 [그림 2]와 같이 고장 감지 및 복구 기법들의 특성과 관계에 대해 기술할 수 있는 UML Profile 을 정의하였다. UML Profiled 은 고장기법자체의 특성을 나타내기 위한 세가지의 Class 와, 관계를 기술하기 위한 다섯가지의 Association 으로 기술된다.

고장감내기법 UML Profile 을 이용하여 본 논문에서는 9 개의 고장감지 기법과 7 가지 고장복구기법간의 의존관계를 식별하였다. 본 논문에서는 최종적으로 [그림 1]에서 분류한 로봇 고장의 분류체계에 대해 적절한 고장감지 기법과 복구기법들의 관계를 도출함으로써, 로봇의 특성에 따른 고장감지 및 복구기법의 선택 가이드라인을 제시하려 한다



(그림 2) 고장감내기법 UML Profile

3. 결론

본 논문은 로봇 도메인을 위한 체계적인 고장감지 및 복구 접근 방안을 제시한다. 접근방안을 수립하기 위해 본 논문에서는 로봇에서 발생 가능한 고장을 감지 관점과 복구 관점에 따라 각각 두가지와 네가지로 분류하였다. 고장감지 및 복구 기법들 사이의 의존관계를 파악하기 위해 우리는 기존에 쓰여왔던 고장감지 및 복구 기법들을 세가지의 특성과 다섯가지의 관계로 표현하였다. 이를 통해 각각의 고장과 기법들간의 연관관계에 대해 이해할 수 있었다.

우리는 이 접근방식을 이용하여 로봇 플랫폼의 고장감지 및 복구 아키텍처의 수립에 활용하였다. 이 접근방식은 신뢰성을 높이기 위해 개발자가 가장 최적의 기법을 선택하는 것을 돕는다. 또한 로봇 고장의 분류에 대한 이후의 연구는 해당 고장을 위한 보다 최적화된 접근방식을 찾는 데에 기여할 것이다.

참고문헌

- [1] A. Avizienis, J.-C. Laprie, B. Randell, and C. Landwehr. "Basic Concepts and Taxonomy of Dependable and Secure Computing" *IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing*, 1(1):11-33, 2004.
- [2] J. Carlson, R. R. Murphy, and A. Nelson. Follow-up Analysis of Mobile Robot Failures. *international Conference on Robotics Automation*, pages 4987-4994, 2004.
- [3] M. Hashimoto, H. Kawashima, T. Nakagami, and F. Oba. "Sensor Fault detection and Identification in Dead-Reckoning System of Mobile Robot: Interaction Multiple Model Approach". *Intelligent Robots and Systems*, pages 1321-1326, Aug 2001.
- [4] M. Hashimoto, H. Kawashima, and F. Oba. "A Multi-Model Based Fault Detection and Diagnosis of Internal Sensor for Mobile Robot." *Intelligent Robots and Systems*, pages 3787-3792, Oct 2003.
- [5] K. Kawabata, T. Akamatsu, and H. Asama. "A Study of Self-diagnosis System of an Autonomous Mobile Robot: Expansion of State Sensory System." *Intelligent Robots and Systems*, 2:1802- 1807, 2002.
- [6] H. Liu and G. M. Coghill. "A Model-Based Approach to Robot Fault Diagnosis." *Knowledge Based Systems*, 18(4-5):225-233, Aug 2005.
- [7] A. D. Luca and R. Mattone. "An Identification Scheme for Robot Actuator Faults." *Intelligent Robots and Systems*, pages 1127- 1131, Aug 2005.