

## 자율이동로봇의 행동진화를 위한 진화하드웨어 설계

# Design of Evolvable Hardware for Behavior Evolution of Autonomous Mobile Robots

°이 동 욱, 반 창 봉, 전 호 병, 심 귀 보

중앙대학교 전자전기공학부(Tel: 02-820-5319; Fax: 02-817-0553; E-mail: kbsim@cau.ac.kr)

**Abstract :** This paper presents a genetic programming based evolutionary strategy for on-line adaptive learnable evolvable hardware. Genetic programming can be useful control method for evolvable hardware for its unique tree structured chromosome. However it is difficult to represent tree structured chromosome on hardware, and it is difficult to use crossover operator on hardware. Therefore, genetic programming is not so popular as genetic algorithms in evolvable hardware community in spite of its possible strength. We propose a chromosome representation methods and a hardware implementation method that can be helpful to this situation. Our method uses context switchable identical block structure to implement genetic tree on evolvable hardware. We composed an evolutionary strategy for evolvable hardware by combining proposed method with other's striking research results. Proposed method is applied to the autonomous mobile robots cooperation problem to verify its usefulness

**Keywords :** Autonomous Mobile Robot, Evolvable Hardware, Genetic Programming

## 1. 서론

최근에 해석적으로 풀 수 없는 문제, 파라미터를 모두 알 수 없는 경우의 최적화 문제, 인공지능 문제 등 많은 문제들에 있어서 진화의 힘을 모방한 진화 알고리즘(Evolutionary Algorithms)이 유용하게 적용되고 있다. 대표적으로 염색체로 비트 스트링을 이용한 유전자 알고리즘(GA)과 실수값을 이용한 진화 전략(ES), 트리 구조의 유전자 프로그래밍(GP) 등이 있다.

본 연구에서는 로봇의 프로그램을 유전자 프로그래밍을 이용해 구현하는 방법을 이용하였다. 유전자 프로그래밍을 사용하는 이유는 개체의 행동을 트리 구조의 프로그램으로 표현할 수 있으며 프로그램의 크기에 제한성이 없어서 표현력에 있어서 융통성이 많으므로 창발적인 행동의 발현에 좋은 결과를 기대할 수 있기 때문이다[1,2]. 그러나 유전자 프로그래밍의 단점으로 먼저 함수 및 종단 기호들의 설정이 성능에 영향을 미친다는 것을 들 수 있고, 또한 진화 세대도 오래 걸린다.

본 연구에서는 이러한 점을 개선하고 유전자 프로그래밍의 실현을 고속화하기 위하여 유전자 프로그래밍의 하드웨어 구현을 시도하였다. 이것은 최근 반도체 분야에서 매우 각광받고 있는 FPGA(Field Programmable Gate Array)를 이용한 것으로서 진화 하드웨어라는 명칭으로도 불린다. 진화하드웨어는 내부적으로 회로의 구조를 자유롭게 변경시킬 수 있는 동적 재구성 가능한 반도체 소자로서 회로 구성 비트 스트링을 조작함으로써 내부 구조를 자유자재로 바꿀 수 있다. 이것은 최근 반도체 설계와 진화 하드웨어 뿐만 아니라 결합 허용 시스템에도 적용되고 있다.

제2절과 3절에서는 각각 진화 하드웨어와 유전자 프로그래밍에 대한 설명을 하고 4절에서는 자율이동로봇의 행동 진화를 위한 유전자 프로그래밍의 하드웨어 구현 방법, 실험방법 및 결과를 설명한다. 마지막으로 5절에서 결론을 맺는다.

## 2. 진화 하드웨어

재구성 가능한 하드웨어(reconfigurable hardware)[3]는 사용자가 소프트웨어적으로 구조를 변경할 수 있는 반도체 집적회로로서 반도체 제조공정을 거치지 않고 다양한 구조의 반도체를 구현할 수 있기 때문에 많은 분야에서 응용되고 있다. 또한 이것은 환경의 변화에 적응하고 결합에도 견고한 하드웨어 시스템을 구축할 수 있는 길을 열어주고 있다. 재구성 가능한 하드웨어의 대표적인 예는 FPGA(field programmable gate array)로서 이는 하드웨어 내부의 구성을 결정하는 비트스트링을 다운로드 받음으로서 임의의 하드웨어 기능을 구현할 수 있다(그림 1). 최근 이러한 하드웨어의 구조를 적응적으로 변경하고자하는 연구가 새롭게 주목을 받고 있다.

하드웨어의 재구성을 적응적으로 수행하기 위해서 현재 가장 많은 사람들의 주목을 받고 있는 기술 중의 한 가지는 진화 알고리즘(evolutionary algorithms)을 이용하는 것이다. 진화 알고리즘에 의해 그 구조가 자동적으로 변하는 하드웨어를 진화 하드웨어(evolvable hardware)라고 한다. 하드웨어의 구조를 나타내는 비트스트링을 진화 알고리즘의 염색체로 표현하여 적응도(적합도) 기반으로 하드웨어의 구조를 진화하고자 하는 것이다. 즉, FPGA에서는 하드웨어 구조를 결정하는 비트스트링이 있고, 이것을 바꾸어 쏘므로 해서 여러 가지의 논리회로를 실현할 수 있는데 이것은 유전자 알고리즘에서 해의 후보를 이진 비트스트링으로서 나타내고, 이것을 탐색하여 최적의 해를 발견하는 방식을 적용할 수 있게 한다. 적응적 설계 방법은 FPGA의 비트스트링을 유전자 알고리즘에 있어서 염색체로 생각하고 환경에 가장 적합한 비트스트링을 찾는 방법이다.

진화 방식에 의한 하드웨어의 설계는 기존의 회로 설계방법으로는 설계하기 힘들거나 설계 할 수 없는 시스템을 설계할 수 있는 가능성을 제시하고 있다. 진화 방식에 의한 하드웨어 설계가 기존의 회로 설계를 대체하는 수단으로 사용되었을 때, 사람에 의한 기존의 설계 방식에 비해 다음과 같은 많은 장점을 지닌다.

(1) 진화적 설계는 사람이 설계할 때 보다 더욱 많은 가능성을 고