

무인자율항체를 위한 지능제어 아키텍처에 관한 연구

A Study on the Intelligent Control Architecture for Unmanned Autonomous Vehicles

김 창 민* 김 용 기**
Chang-Min Kim Young-Gi Kim

ABSTRACT

무인자율항체는 자동차, 선박, 잠수함과 같이 인간에 의해 직접 조종되는 유인항체에 인간의 역할을 대신할 수 있는 지능시스템을 배치하여 전체적 혹은 부분적으로 무인화한 이동체를 말한다. 무인자율항체에서 사용되는 소프트웨어는 인식, 사고, 행위와 같은 인간의 지적능력을 내포한 인공지능시스템이어야 한다. 자율무인잠수정, 자율운항선박과 같은 저속무인자율항체는 무인항공기나 무인차량과 같이 빠른 판단과 제어가 요구되는 지능제어시스템과는 다른 특성을 가진다. 저속무인자율항체에서 가장 주목되는 특성은 주위 환경 변화속도와 운항속도에 따른 긴박감의 차이이다. 고속자율항체에서는 제어시스템의 처리속도에, 저속자율항체에서는 제어시스템의 신뢰성에 비중을 둔다. 본 연구에서는 이와 같은 저속무인자율항체의 특성과 기능별 독립성 보장, 반응형 및 인식형 인공지능 기법의 융화 극대화에 초점을 맞춘 RVC(Reactive Layer - Virtual World - Considerative Layer) 지능시스템 모델을 소개한다.

주요기술용어 : intelligent control architecture(지능제어아키텍처), intelligent navigation(지능항해), autonomous navigation system(자율운항시스템), RVC(reaction-virtual world-Cognition) Model, navigation system(항해시스템), collision avoidance system(충돌회피시스템)

1. 서 론

인간의 지적 능력인 인식, 사고, 행위와 같은 기능을 보유한 지능기계를 만들고자함은 인간의 오래된 염원 중의 하나이다. 20세기 후반, 과학 기술의 발달로 과학자들은 인간과 닮은 지능시스템의 완성을 기

대하였으나 인간의 포괄적 지적능력을 내포하는 시스템 개발은 불가능하다는 것을 인지하게 되었다. 결국, '인간을 닮은 지능기계 연구'라는 포괄적인 학분 분야는 인간에게 내재된 다양한 부분을 구별하여 연구하는 세부 연구 분야로 분화되었다.

이와 같은 연구분야 중 대표적인 것이 무인자율항

* 경상대학교 컴퓨터과학과 박사과정

** 경상대학교 컴퓨터과학과 교수

본 연구는 국방과학연구소 과제(ADD-00-6-2) 지원으로 수행되었습니다.

체에 관한 연구이다. 무인자율항체는 자동차, 선박, 잠수함과 같이 인간에 의해 직접 조종되는 유인항체에 인간의 역할을 대신할 수 있는 지능시스템을 배치하여 전체적 혹은 부분적으로 무인화한 이동체를 말한다.

최근 들어, 각종 하드웨어의 발달과 이들의 상용화로 인해 무인자율항체에 관한 연구는 새로운 국면으로 치닫고 있다. 다양하고 정교한 센서(sensor)의 출현으로 무인자율항체의 내적 외적 환경정보는 보다 신뢰성 있게 적용 가능하게 되었으며, 효율적이고 체계적인 작동기(actuator)의 등장으로 정교한 이동체의 운동제어가 가능하게 되었다. 따라서 이와 같은 하드웨어의 발달은 무인자율항체의 지능 소프트웨어 연구에 큰 활력소를 불어넣고 있다.

무인자율항체에서 사용되는 소프트웨어는 인식, 사고, 행위와 같은 인간의 지적능력을 내포해야 하는 인공지능시스템이어야 한다. 자율무인잠수정, 자율운항선박과 같은 저속무인자율항체는 무인항공기나 무인차량과 같이 빠른 판단과 제어가 요구되는 지능제어시스템과는 다른 특성을 가진다. 저속무인자율항체에서 가장 주목되는 특성은 주위 환경 변화속도와 운항속도에 따른 긴박감의 차이이다. 고속자율항체에서는 제어시스템의 처리속도에, 저속자율항체에서는 제어시스템의 신뢰성에 비중을 둔다. 본 연구에서는 이와 같은 저속무인자율항체의 특성과 기능별 독립성 보장, 반응형 및 인식형 인공지능 기법의 융화 극대화에 초점을 맞춘 RVC(Reactive Layer-Virtual World-Cognitive Layer) 지능시스템 모델을 소개한다.

2. 인공지능과 로봇공학

20세기 후반에 들어 하드웨어 기술의 급격한 발달

로 인해 로봇공학(Robotics)이 크게 부각된다. 초기 연구자들은 로봇의 지능제어를 위해서 기호기반인공지능 기법들을 적용하게 되었으나 로봇이 동작하는 실세계와 기호기반인공지능 기법의 실세계 표현 방법 간 발생한 심각한 괴리현상에 의하여 실패를 거듭할 수밖에 없었다. 이는 로봇이 동작하는 실세계는 잘 정의되기 힘들고(ill-defined) 제약이 거의 없는데 반해, 기호기반인공지능 기법은 잘 정의되고(well-defined) 표현하기 쉬운 문제에 보다 적합하기 때문이다. 따라서 연구자들은 비친화적이고 불확실한 특성을 갖는 실세계 문제 해결에 적합한 인공지능기법을 연구하였다. 이와 같은 동기에 의해 시작된 연구가 행위기반인공지능(Behavior-based AI)이다[9].

기호기반인공지능은 인간의 인식적 사고체계와 매우 유사하다. 기호기반 인공지능은 지식베이스와 추론에 의해 문제를 해결하며 결론에 이르기까지 처리를 반복하는 속고형 시스템이므로 고수준 문제 해결에 적합하다. 그러나 기호기반인공지능은 불확실한 문제의 표현과 해결이 어려우므로 실세계와 괴리되기 쉽고, 시간적 요소를 고려하기 힘들다는 단점을 가지고 있다. 대표적인 기호기반인공지능기법에는 지식베이스 시스템 등이 있다.

행위기반인공지능은 인간의 직관적 이해 방식과 유사한 특성을 가진다. 행위기반인공지능은 상황이 주어질 때 행위생산모듈에 의해 즉각적으로 결과를 산출해내는 반응형 시스템이므로 저수준 문제해결에 적합하다. 그러나 행위기반인공지능은 인식단계의 고수준 제어 구현이 어렵고, 인간의 개입이 제한된다는 단점을 내포하고 있다. 대표적인 행위기반인공지능기법에는 신경망, 퍼지제어 등이 있다. 표 1은 기호기반인공지능과 행위기반인공지능의 특성을 비교한다.

[표 1] 기호기반과 행위기반의 비교[8][9][10]

	기호기반인공지능	행위기반인공지능
특 성	인식적 체계	직관적 체계
처리단계	고수준 지적능력	저수준 지적능력
처리형태	숙고형	반응형
접근방법	top-down 접근	bottom-up 접근
주 체	지식 + 추론	행위생산모듈
불확실성	제한적 가능	가능
병렬처리	제한적 가능	가능
시 간	시간요소 적용 난해	가능
단 점	<ul style="list-style-type: none"> • 정의된 것만 이용 가능 • 불확실성 해결이 어려움 • 실세계와 괴리 • 시간적 요소 해결이 어려움 	<ul style="list-style-type: none"> • 고수준 제어 구현이 난해 • 인간의 개입 제한

3. 무인자율항체를 위한 지능제어아키텍처

연구자들의 수많은 연구를 의해, 자율항체를 위한 지능제어체계는 기호기반 또는 행위기반 어느 하나만으로는 만족할 만한 결과에 도달할 수 없다고 결론 내리게 되었다[8]. 따라서 최근의 연구 동향은 기호기반인공지능과 행위기반인공지능을 적절히 융화하여 자율항체의 지능제어체계를 수립하는 방향으로 진행되고 있다[8][9][10]. 그러나 두 인공지능은 매우 다른 특성을 가지고 있으므로 효과적인 상호 융화가 쉽지 않다. 따라서 이 분야에서 가장 두드러지는 연구 주제 또한 '기호기반인공지능과 행위기반인공지능의 조화에 의한 지능제어 시스템에 관한 연구'이다.

이는 크게 두 갈래 방향으로 진행되고 있는데, 첫째는 두 기법을 동시에 수용할 수 있는 단일 모

형을 만들고 각 기법을 내포하는 일반형 아키텍처 (General Architecture)이고, 둘째는 반응적 특성이 두드러진 하위계층에는 행위기반 인공지능을 이용하고 인간의 숙고적 특성이 드러나는 상위계층에는 기호기반 인공지능을 적용하여 구성하는 계층형 아키텍처(Layered Architecture)가 있다. 일반형 아키텍처에 포함되는 대표적인 연구는 SOAR[7]나 Generic Behaviors[9] 등이 있다. 계층적 아키텍처를 기초한 대표적인 연구로는 InteRRaP[5], Atlantis[6], Raps[4] 등이 있다.

두 계통의 아키텍처는 각각 다른 특성을 가지며 어느 하나가 우수하다고 말하기보다는 해당 적용분야를 검토하여 그에 적합한 계통을 선택함이 바람직하다고 하겠다. 표 2에서는 각 아키텍처 별 특성별을 분석한다.

[표 2] 아키텍처 간 특성 분석[10]

○: Yes, △: Limited

Property	Architecture			
	Symbolic Level	Behavior Level	General	Layered
Planning	○	△	○	△
Plan Recognition	△	○	○	○
Multiple Goals	△	○	△	△
Explanation	○	△	○	○
Adapt to opponent	○	△	○	○
Human Control	△	○	○	○
Uncertain Information	△	○	△	○

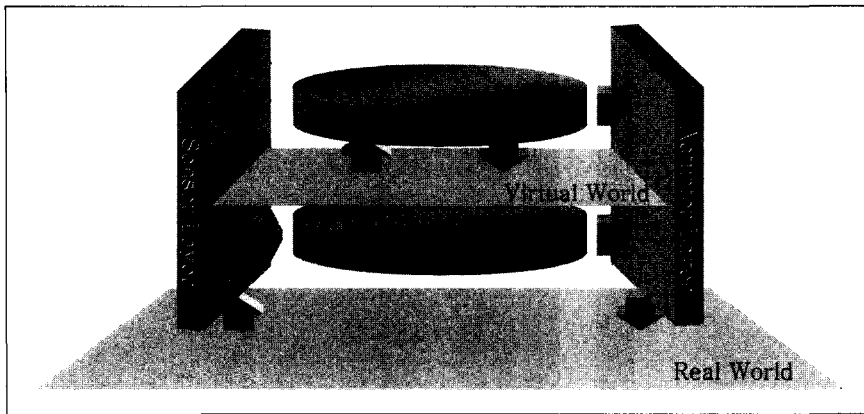
4. RVC 지능시스템 모델

자율무인잠수정, 자율운항선박과 같은 저속무인자율항체는 무인항공기나 무인차량과 같이 빠른 판단과 제어가 요구되는 지능제어시스템과는 다른 특성을 가진다. 저속무인자율항체에서 가장 주목되는 특성은 주위 환경 변화속도와 운항속도에 따른 긴박감의 차이이다. 고속자율항체에서는 제어시스템의 처리속도에, 저속자율항체에서는 제어시스템의 신뢰성에 비중을 둔다. 본 연구에서는 이와 같은 저속무인자율항체의 특성과 기능별 독립성 보장, 반응형 및 인식형 인공지능 기법의 융화 극대화에 초점을 맞춘 RVC(Reactive Layer-Virtual World-Considerative Layer) 지능시스템 모델을 제안한다.

4.1 시스템 모델

본 연구에서는 시스템의 구성요소의 구조적 및 기능적 독립성 보장, 반응형 및 속고형 기법의 상호 융

화 극대화에 초점을 맞춘 RVC(Reactive Layer - Virtual World - Considerative Layer) 지능시스템 모델을 제안한다. 이 모델은 속고형 기법들이 주로 기호기반의 환경에 적절하다는 점에 착안하여, 반응형 기법들이 존재하는 반응층은 불확실한 실세계 문제를 해결하여 기호화된 형태의 정보를 제공하고, 속고적 기법이 존재하는 속고층은 반응형 기법들이 처리한 정보를 이용하여 문제를 해결한다. 이때 양 계층의 정보교환을 위하여 공유정보저장영역을 이용하는데, 이는 반응층에서 생산된 정보를 실시간으로 표현하고, 속고층은 필요시 표현된 정보를 소비한다. 이때 이 공유정보저장영역은 '정보의 장터' 역할을 담당한다. 이 공유정보저장영역은 무수히 존재하는 실세계 정보 중 반응층 의해 추출된 정보만을 표현하므로 항상 실세계 정보의 부분집합만을 내포하게 된다. 따라서, 속고층에서 볼 때, 이 공유정보저장영역은 실세계를 비추는 축소된 세계를 의미하므로 본 제안서에서는 이를 '가상세계'라 칭한다.



[그림 1]
RVC 지능시스템 모델

RVC모델은 하위수준의 행위기반 시스템과 상위수준의 인식시스템이 공유저장공간을 이용하여 상호 결합되는 형태이다. RVC모델은 반응층, 가상세계, 인식층으로 구성된다. 반응층은 실세계 정보를 가공하여 새로운 정보를 가상세계에 주입하는 과정으로서 행위기반인공지능이 주를 이룬다. 인식층은 가상세계에 표현된 고수준 정보의 소비자이며 인식수준의 지식을 이용하여 문제를 해결하는 제어의 주체가 된다. 인식층은 기호기반 인공지능 기법들이 주를 이루게 된다. 그림 1은 RVC 지능시스템 모델의 모형도이다.

4.2 반응층과 인식층

RVC 지능시스템 모델은 반응형인공지능기법과 속고형인공지능기법의 융합과 모듈간 독립성 보장에 초점을 맞춘 지능시스템 모형이다. RVC 모델은 시스템에 적용된 다양한 인공지능기법을 반응층과 인식층으로 구분하여 적용하고 가상공간을 이용하여 상호 융화한다. 이때 유의할 점은 특정 인공지능 기술이 반응층에 배치되어야 할지 혹은 인식층에 배치되어야 할지 결정해야할 명확한 근거가 존재하여야 한다는 것이다. 본 연구에서 제안하는 RVC 지능시스템 모델에서는 표 3에서와 같이 특성, 처리방식, 반응시간, 시간

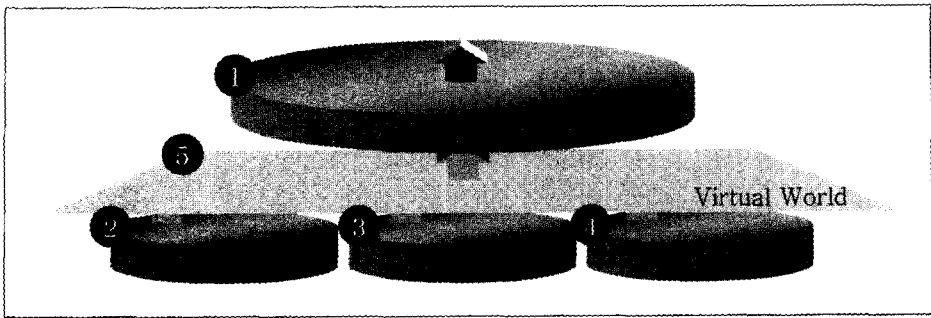
[표 3] 인식층과 반응층의 구분인자

	Cognitive Layer	Reactive Layer
property	cognitive	perceptive
processing	considered	reactive
response time	loose	tight
time domain	seconds	tenths of seconds

영역(time domain[9])의 4가지 요소를 고려하여 인식층에 배치되어야 하는지 반응층에 배치되어야 하는지 결정한다. 인식층에 적절한 기법은 인식수준의 문제해결에 적합하고, 속고하여 처리하고, 반응시간에 민감하지 않으며 초단위 시간영역 특성을 가진다. 반응층에 적절한 기법은 직관적인 특성을 가지며, 입력에 대하여 반응적으로 처리하고, 반응시간의 변동이 적고, 미세초 단위 시간영역 특성을 가져야 한다.

4.3 가상세계

RVC 지능시스템 모형은 가상세계라는 일종의 공유 메모리를 이용하여 각 모듈 간 정보를 교환한다. 이 방법은 함수 직접호출에 비해 빠른 응답속도는 보장



[그림 2]
RVC 모델에 기초한
충돌회피모형

하지 못하지만 모듈간 독립성은 최대한 보장한다. 본 모형에서는 모듈간 정보교환을 위한 자료구조체만 미리 선언된다면 정보생산모듈과 정보소비모듈은 모듈간 독립성을 보장받는다.

4.4 RVC 모델에 의한 충돌회피시스템

충돌회피시스템은 주어진 상황에서의 충돌위험성 산출, 충돌위험에 따른 최적후보지역 산출, 그리고 주변 상황의 주시와 같은 반응형 기능과 논리적으로 주변 상황을 종합하여 논리적으로 최적해를 추출하는 숙고형 기능으로 구현된다. 이때, 반응형 시스템은 주변상황을 주기적으로 판단하여 그 결과를 기호적 형태로 가상세계에 표현하게 되고 숙고형 시스템은 가상세계에 표현된 실세계 요소와 반응형 시스템에 의해 표현된 정보를 종합하여 최적 운항 결과를 산출한다. 그림 2는 RVC 모델에 기초한 충돌회피 모형이다.

5. 결 론

본 연구에서는 지능자율항체의 지능제어에 관한 기존 연구 결과와 현재의 연구추세를 종합하여 저속지능자율항체에 적합한 지능제어모형에 관하여 고찰해보았다. 과거, 단일 인공지능기법으로 포괄적 지능제

어체계를 구성하려던 추세는 특성이 다른 여러 기법을 융합하여 통합된 지능제어체계를 완성하려는 방향으로 흐르고 있다.

본 연구에서는 인식수준의 문제해결에 적절한 기법들과 반응단계의 문제해결에 적합한 기법들을 가상세계를 이용하여 융합한 RVC 지능제어모형을 제안한다. RVC 지능제어모형은 빠른 반응속도를 보장하지 못하지만 모듈간의 독립성을 최대한 보장하여 시스템 설계 및 개발에 있어 많은 잇점을 가진다. 따라서, RVC 지능제어모형은 저속무인자율항체에 보다 적합하다.

RVC 지능제어모형에서, 반응층은 자료융합과 저수준 제어체계가 포함되며 신경망, 퍼지제어 등과 같은 반응형 기법이 적합하다. 인식층은 인간의 지식을 표현하고 추론하는 지식기반시스템 등과 같은 기법이 적합하다. RVC 지능제어모형에서 인식층과 가상세계만을 주목한다면, 이를 일종의 블랙보드시스템으로 간주할 수 있다.

참 고 문 헌

1. Agre, P. E. and Chapman, D., Pengi: An Implementation of a theory of activity. In

- Proceedings of the Sixth National Conference on Artificial Intelligence, 1987
2. Brooks, R. A., A robust layered control system for a mobile robot, IEEE Journal of Robotics and Automation, 1986
 3. Cliff, D., Computational neuroethology: A provisional manifesto. In Meyer, Proceedings of the First International Conference on Simulation of Adaptive Behavior, The MIT Press, 1991
 4. Firby, J., Task networks for controlling continuous processes, In Proceedings of the Second International Conference on AI Planning Systems, 1994
 5. Fischer, K., Müller, J., and Pischel, M., Unifying control in a layered agent architecture, Technical Report, German Research Center for Artificial Intelligence, 1994
 6. Gat, E., Integrating planning and reacting in a heterogeneous asynchronous architecture for controlling real-world mobile robots, In Proceedings of the tenth national conference on artificial intelligence(AAAI-87), 1987
 7. Newell, A., Unified Theories of Cognition. Harvard Univ. Press, 1990
 8. Ronald C. Arkin, "Towards the Unification of Navigational Planning and Reactive Control," the AAAI Spring Symposium on Robot Navigation, Mar. 1989
 9. Roy M. Turner, D.Richard Blidberg, Steven G. Chappell, and James C. Jalbert, "Generic behaviors: An approach to modularity in intelligent systems control," Proceedings of the 8th International Symposium on Unmanned Untethered Submersible Technology, 1993
 10. Scerri, P. and Reed N. "Requirements for a General Agent Architecture for Agent-Based Simulation Environments". Agents '99 Workshop on Autonomy Control Software. May, 1999
 11. Wilson, S. W., A Mechanism for context-sensitive reasoning. Technical Report 90-68, Department of Computer Science, Univ. of New Hampshire, 1990