

시스템 재설정 및 진화를 위한 지능형 아키텍처 개발

Development of Reconfigurable and Evolvable Architecture for Intelligence Implement

나진희* · 안호석* · 박명수* · 최진영**
Jin Hee Na, Ho Seok Ahn and Jin Young Choi

서울대학교 전기컴퓨터공학부, 자동화시스템 공동연구소(ASRI)
*{jhna,hsahn,mspark}@neuro.snu.ac.kr, **jychoi@snu.ac.kr

요약

대부분의 지능 알고리즘들은 환경이나 사용목적에 따라 항상 최적 성능을 보장하지는 못한다. 그러므로 다양한 알고리즘들을 구현한 후에 환경이나 사용 목적에 따라 최적인 알고리즘 또는 알고리즘의 조합을 선택하여 시스템을 구성할 수 있다면 유용할 것이다. 본 논문에서는 지능형 Macro Core를 기반으로 한 시스템 재설정 및 진화를 위한 지능형 아키텍처를 제안한다. 제안한 아키텍처를 이용하면 새로운 알고리즘들의 추가와 이들을 조합하여 시스템을 구성하는 데에 드는 비용을 절약할 수 있으며, 표준화된 규격을 제시할 수 있다는 장점이 있다. 제안한 Macro Core 기반의 지능형 아키텍처에 맞추어 시스템을 구성해 보고 이를 실제 얼굴 추출 및 인식 시스템 구성에 적용하고자 한다.

Abstract

Many researches on intelligent system have been performed and various intelligent algorithms have been developed, which are effective under an assumed specific environment and purpose. But in an real environment, the performance of these algorithms can be largely degraded. In this paper, we proposed an Evolvable and Reconfigurable(ERI) Architecture based on intelligent Macro Core(IMC) so that various and new algorithms can be easily added incrementally and construct the reconfigured intelligent system easily. We apply the proposed ERI Architecture to face detection and recognition system to show its usefulness.

Key Words : Reconfigurable and Evolvable Architecture, Intelligence Macro Core, Face Detection, Face Recognition

1. 서론

시각, 감정, 제스처, 환경 인식 등을 통한 인간-로봇 상호작용(human-robot interaction)은 최근 활발하게 연구되고 있는 분야 중 하나이다. 그 중에서도 시각은 로봇이 사람의 얼굴을 인식하고, 그에 따르는 행동이나 반응을 취하는데 있어서 가장 기본적으로 필요한 정보이다. 얼굴인식에 대한 연구는 지속적으로 이루어져 왔고, 다양한 알고리즘들이 제안되었다[2]. 그러나 대부분의 알고리즘들은 제한된 조건 하에서만 우수한 성능을 보이는 경우가 많다. 다시 말해 조명이나 해상도, 얼굴의 기울어짐이나 크기, 데이터 베이스의 종류 등에 따라 그 성능이 바뀔 수 있기 때문에 특정 알고리즘이 다른 알고리즘에 비해 우수하다고 말하기는 어려운 실정이다. 그런데, 로봇은 다양한 환경에서 사람을 인식해야 하기 때문에 다양한 인식 알고리즘들 중 가장 적절한 알고리즘을 선택해야 할 필요가 있다. 또한 하나의 알고리즘이 아닌 여러 개의 알고리즘을 이용하여 시스템을 구성해야 할 경우, 알고리즘의 조합도 시스템 성능에 큰 영향을 끼치게 된다.

이러한 사항을 고려하여 본 논문에서는 시스템 재설정 및 진화를 위한 지능형 아키텍처(Evolvable and Reconfigurable Intelligent(ERI) Architecture)를 제안하고 이를 이용하여 얼굴 인식 시스템을 구현하는 것을 목표로 한다. ERI 아키텍처는 새로운 알고리즘을 추가하거나 환경에 따라 시스템을 재구성 해야 할 경우에 대한 비용과 시간을 단축할 수 있다는 장점을 갖는다. 또한 기존의 알고리즘들을 최대한 활용하면서 사용 목적에 알맞게 필요한 알고리즘을 사용자가 비교적 쉽게 선별하여 시스템을 설계할 수 있고 있다. 각각의 인식 알고리즘들은 IMC (Intelligent Macro Core)라고 부르는 모듈 단위로 구현되며, 여러 IMC들이 연결되어 전체 얼굴 인식 시스템을 구성한다.

2. 재설정 및 진화를 위한 지능형 아키텍처

2.1 지능형 아키텍처의 구조

본 논문에서는 아래의 그림 1과 같은 IMC를 기반으로 하는 ERI 구조를 제안한다. 여기서, IMC는 특정한 기능을 수행하는 객체를 의미하며, 여러 IMC들이 결합하

여 새로운 IMC를 형성할 수도 있다. Module은 같은 기능을 하는 IMC의 집합을 의미하는데, 각 Module은 상위 IMC와 하위 IMC들로 이루어진다. 같은 모듈 안에 있는 하위 IMC들은 같은 기능을 수행하는 객체이다. 상위 IMC는 하위 IMC 중에서 사용자가 선택한 IMC의 객체를 생성하여 Connection Manager에서 지정한 다른 모듈의 상위 IMC와 데이터를 전송한다. 즉, 사용자는 Connection Manager를 이용하여 최적의 하위 IMC들을 선택하기만 하면 각 모듈의 상위 IMC에서 선택된 하위 IMC들의 객체가 생성되어 다른 모듈과 자동으로 연결된다.

ERI 구조는 IMC들의 조합을 통해 사용자가 필요로 하는 지능이 상황과 목적에 맞게 구현되도록 하기 위한 계층화된 모듈 구조의 소프트웨어 설계 방법이다. ERI 설계 방법을 통해 사용자는 새로운 IMC를 쉽게 추가, 관리할 수 있으며, IMC 사이의 연결 관계를 비교적 쉽게 수정하여 상황이나 목적에 적절한 최적의 성능을 보장 받을 수 있다. 또한 상위 IMC를 통해 다른 모듈들과 통신하기 때문에 IMC가 많을 경우에도 연결관계가 기하급수적으로 복잡해지지 않는 장점을 갖는다.

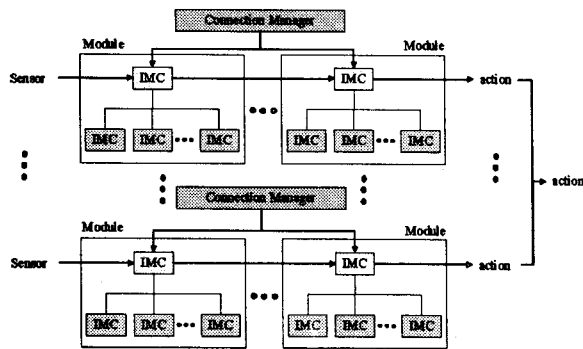


그림 1 IMC 기반의 ERI Architecture

2.2.IMCspecification

로봇이 다양한 환경에서 환경 변화에 강인하게 원하는 성능을 발휘하려면, 환경에 따라 적절한 알고리즘들을 선택할 필요가 있다. 또한, 주어진 환경에서 높은 성능을 내는 알고리즘이라 할지라도 계산량이 많아서 실시간으로 동작하기 어렵다면, 특정 상황에서는 그 알고리즘을 로봇에 적용하기 어려울 수도 있다. 그러므로 다양한 종류의 알고리즘들을 구현하고 환경이나 목적에 맞도록 이를 선택해서 사용할 필요가 있는데, 이 경우 같은 기능을 수행하기 위한 알고리즘들을 같은 규격으로 설계하고, 알고리즘에 대한 장,단점 등을 미리 명시해 준다면 알고리즘들을 추가하거나 시스템을 재설정할 경우에 유용할 것이다. ERI Architecture에서는 각각의 알고리즘들이 IMC의 형태로 구현되는데, 설계 시 고려해야 할 규격을 다음과 같이 설정하였다.

- Macro Core Name
- Version
- Developer
- Role Description
- I/O Description

- Algorithm Description
- Advantages/Disadvantages

3.ERI에기반한얼굴추출및인식시스템구현

위에서 제시한 IMC 기반의 ERI 구조를 실제 얼굴 추출 및 인식 시스템에 적용하기 위해서는 다음과 같은 설계가 가능하다. 얼굴 추출 및 인식 시스템은 얼굴 추출을 위한 Detection Module과 얼굴 인식을 위한 Feature Extraction Module, Classifier Module로 구성된다. 현재 시스템에 사용자가 새로운 기능을 추가하여 테스트하기 위해서는 해당하는 모듈에 하위 IMC를 추가하고, Connection Manager에서 원하는 IMC들의 객체들이 형성되고 서로 연결되도록 하면 된다. 아래의 그림 2는 ERI 구조를 기반으로 하는 얼굴 추출 및 인식 시스템의 소프트웨어 구조를 보여준다. CConnectionManager 클래스가 Detection IMC, Feature Extraction IMC, Classifier IMC들을 서로 연결하여 전체 얼굴 추출 및 인식 시스템이 구성되도록 한다. CManager 클래스는 얼굴 추출 및 인식 시스템 이외의 시스템이 추가될 경우 시스템 확장의 편의를 위해 설계한 클래스이다.

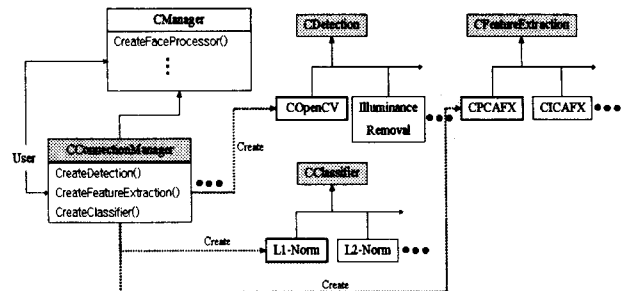


그림 2 얼굴 추출 및 인식 시스템의 소프트웨어 구조

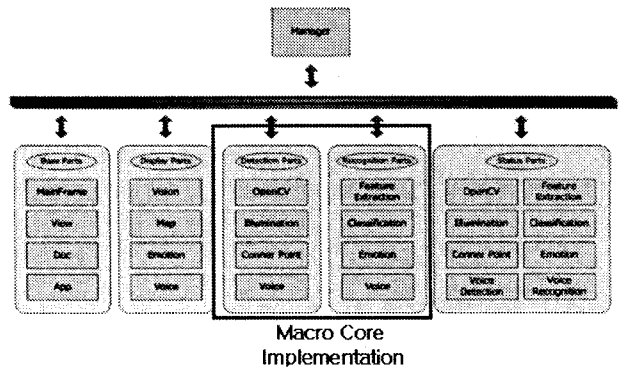


그림 3 개발한 시뮬레이터의 구조

위의 그림 3은 개발한 IMC들을 이용하여 지능시스템을 구축하기 위해 설계된 시뮬레이터의 구조이다. 현재는 얼굴 추출 및 인식을 위한 IMC들만 구현되어 있는 상태이다. 개발된 IMC들은 Detection Part와 Recognition Part에 구현되는데, 새로운 IMC들의 추가

와 시스템의 재설정을 수월하게 하는데 중점을 두었다. Status Part는 IMC들을 이용하여 테스트한 결과를 보여주기 위한 부분이다.

아래의 그림 4는 개발한 얼굴 추출 및 인식 시스템 환경에서 connection manager를 이용하여 IMC들을 선택하는 화면인데, 얼굴 추출용 알고리즘으로는 haar-like feature를 이용한 cascaded booster 알고리즘을 선택하고[3], 얼굴 인식을 위한 특징 추출, 분류를 위해서는 각각 PCA-FX[4]와 L1 norm을 선택한 결과를 보여준다.

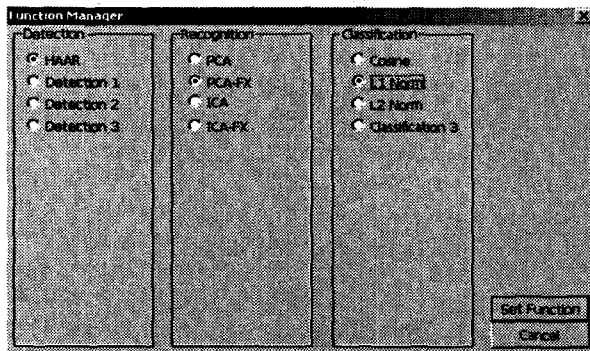


그림 4 Connection Manager를 이용한 IMC 선택

얼굴 인식을 위한 IMC들을 선택할 경우, 주의해야 할 점은 특징 추출을 위한 알고리즘과 분류를 위한 알고리즘 사이에는 밀접한 관계가 있다는 점이다. 즉, 같은 특징 추출 알고리즘을 사용하더라도 분류 알고리즘의 종류에 따라 얼굴 인식이 다르게 나타난다. 예를 들어 특징 추출을 위해 PCA를 선택하였을 경우에는 L2 norm보다 L1 norm이, ICA를 선택하였을 경우에는 L1 norm보다 L2 norm을 이용하는 것이 더 유리하다고 알려져 있다[5]. 아래의 표는 알고리즘의 조합에 따른 최소 얼굴 인식 오차율을 보여준다. 본 실험에서는 [4],[6]에서와 같이 Yale Face Database(cropped set)를 21×30 차원으로 다운샘플링하여 사용하였다.

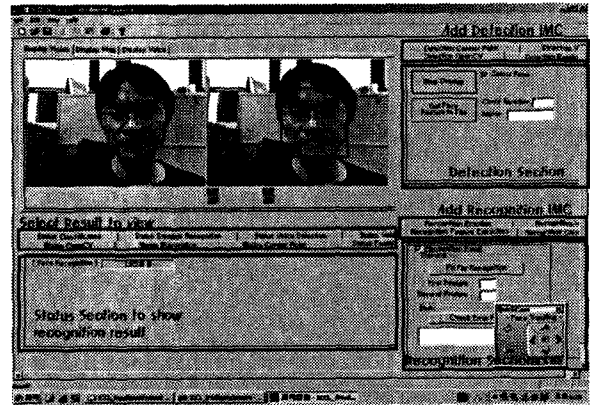
	최소 오차율	분류기
PCA	27.27%	L1-norm
LDA	12.73%	L1-norm
ICA-FX	6.06%	L2-norm
PCA-FX	6.06%	L1-norm

표 2 최소 얼굴 인식 오차율

또한 시스템이 동작하는 환경 등의 외부조건에 따라 가장 높은 인식률을 갖는 알고리즘이 바뀔 수 있으므로 시스템이 동작하는 환경에 따라 시스템을 재설정해야 하거나 새로운 알고리즘을 추가해야 할 경우가 발생할 수 있다. 이러한 경우 IMC 기반의 ERI 구조를 이용하면, 시스템 재설정이나 새로운 알고리즘의 추가를 위한 시간이나 노력을 줄일 수 있는 장점이 있다.

아래의 그림 5는 ERI 아키텍처를 기반으로 개발한 환경에서 실제 얼굴 추출 및 인식 성능을 테스트 해 본

결과이다. 얼굴 인식을 위한 학습과정은 off-line 상에서 이루어지는데, 이 과정을 통해 PCA, ICA, PCA-FX, ICA-FX를 위한 최적 특징 벡터 수가 결정되고 가중치 행렬이 저장된다. 그리고 실제 테스트 데이터가 들어왔을 때 저장된 가중치 행렬을 이용하여 실시간으로 얼굴 인식이 가능하도록 하였다.



4. 결론

본 논문에서는 시스템 재설정 및 진화를 위한 IMC 기반의 ERI 아키텍처를 제안하였다. 또한 제안한 아키텍처를 이용하여 실제 얼굴 추출 및 인식 시스템을 구현하였다. 얼굴 추출 및 인식을 위한 모든 알고리즘들은 특정한 기능을 수행하는 객체인 IMC들로 구현하였으며, IMC들의 연결을 통해 확장된 기능을 보다 쉽게 구현하기 위해 필요한 IMC 규격들을 제시하였다. 제안한 아키텍처를 이용하면 새로운 알고리즘들의 추가와 이들을 조합하여 시스템을 구성하는 데에 드는 비용이 절약할 수 있으며, 표준화된 규격을 제시할 수 있다는 장점이 있다.

현재까지 개발된 시스템에서는 시스템 사용자가 직접 IMC들의 연결을 직접 재설정하여야 하는 단점이 있다. 이를 보완하기 위해 향후 과제에서는 구현한 얼굴 추출 및 인식 시스템을 실제 이동 로봇에 적용하여 로봇이 자신이 처한 환경을 인식하고, 환경에 알맞도록 스스로 시스템 설정을 변경해 주도록 하는 작업을 수행할 계획이다. 이를 위해서는 환경 변화에 따른 여러 인식 알고리즘들의 장단점을 미리 파악하여 환경에 대한 최적의 알고리즘 조합을 찾은 후, 로봇이 환경을 인식하여 스스로 시스템을 재설정 할 수 있도록 해야 할 것이다.

감사의 글 : 본 연구는 산업자원부 차세대 신기술개발사업(수퍼지능칩 및 응용기술개발과제)의 지원을 받아 수행되었습니다.

5. 참고문헌

[1] Erich Gamma, Richard Helm, Ralph Johnson and John Vlissides, "Design Patterns", Addison Wesley, 1994.
 [2] W. Y. Zhao, R. Chellappa, A. Rosenfeld, and P. J. Phillips. Face recognition: A literature survey. ACM Computing Surveys, Vol. 35, No. 4, pp. 399 - 458,

December 2003.

[3] Intel Corporation, "OpenCV: Open Source Computer Vision Library"

<http://www.intel.com/technology/computing/opencv/index.htm>

[4] Myoung Soo Park, Jin Hee Na, Jin Young Choi, "PCA-based Feature Extraction using Class information", IEEE International Conference on System, Man and Cybernetics, 2005.

[5] PCA vs. ICA: A Comparison on the FERET Data Set, Kyungim Baek, Bruce A. Draper, J. Ross Beveridge and Kai She, International Conference on Computer Vision, Pattern Recognition and Image Processing in conjunction with the 6th JCIS, Durham, North Carolina, March 8-14, 2002.

[6] P.N. Belhumeur, J.P. Hespanha, and D.J. Kriegman, "Eigenfaces vs. fisherfaces: recognition using class specific linear projection," IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 19, no. 7, pp.711-720, July, 1997.

[7] Nojun Kwak, Chon-Ho Choi, and Narendra Ahuja, "Face recognition using feature extraction based on independent component analysis," ICIP2002, Rochester, Sep. 2002.