

# 지능형 정보처리 모듈 설계

## Design of Intelligent Information Processing Module

김종수, 김성주, 김성현\*, 김용민\*\*, 전홍태\*\*\*  
멀티채널랩스(주), \*동원대학 디지털정보전자과  
\*\*충청대학 인터넷정보학부  
\*\*\*중앙대학교 일반대학원 전자전기공학부  
전화 : 032-621-4011

Jong-Soo Kim, Seong-Joo Kim, Sung-Hyun Kim\*, Yong-Min Kim\*\* and Hong-Tae Jeon\*\*\*  
Multichannel labs. Co.

\*Department of Digital Information Electronics, Tong-Won College

\*\*School of Internet Information, Chung-Cheong University

\*\*\*School of Electrical and Electronic Engineering, Chung-Ang University

E-mail: ksj1212@xclef.com

### 요약문

생물학적 뇌 정보처리 메커니즘을 보다 정확하게 구현할 수 있는 시스템은 입력에 대한 정확한 인지 능력, 상황 판단 능력, 학습 및 추론 능력, 출력의 결정 능력 등의 성능 구현은 물론이며, 감정과 비교될 수 있는 시스템의 상태를 평가하여 판단 및 결정에 적용함으로써 매우 뛰어난 지능형 시스템이 될 수 있다. 공학적인 의미에서 살펴본다면 정보 처리 과정을 입력의 처리, 정보의 전달, 제어 입력의 결정에 대한 의미로 정의할 수 있지만 생물학적으로 입력을 분석하고 정보를 처리 및 전달하며 출력을 제어하는 모델인 두뇌의 정보처리 메커니즘에 비교한다면 현재의 공학적인 정보처리 방식 및 제어기의 성능은 극히 미약한 수준이라고 할 수 있다. 이런 이유에서 최근 많은 공학자들은 생물학적인 뇌의 정보처리 개념에 대한 규명을 시도하고 있으며, 실제 공학적인 모델로 개발하여 설명하고 구현하는 연구를 진행하고 있다. 본 논문에서는 생물학적인 두뇌의 정보처리 메커니즘을 해석하고 공학적인 개념의 정립과 정보처리 흐름을 규명하고 정의함으로써 출력에 반영할 수 있는 모듈을 설계하고자 한다. 본 논문에서 제안된 모듈은 공학적인 분야는 물론 생물학적 뇌 연구에도 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

**Keywords : Intelligence, Brain Information Processing, Artificial Model, Soft Computing**

### 1. 서론

인간의 두뇌는 현재까지 존재하는 정보처리 시스템 중에서 가장 뛰어난 성능을 지니고 있다고 할 수 있으며, 나날이 발전하는 사회에서 시스템은 점점 인간과 친숙해져야 하는 과제를 안고 있다고 할 수 있다. 사회가 복잡해지면서 시스템은 하드웨어와 소프트웨어 측면에서 많은 발전을 거듭하고 있다. 따라서 시스템의 제어기는 많은 양의 정보들을 처리해야 하며 그

결과로써 복잡한 문제에 대한 답을 제시하거나 미래 상황을 예측할 수 있는 기능이 요구되고 있다. 또한 시스템의 하드웨어적인 발전은 시스템을 인간에 의해 움직이거나 인간을 대신하여 동작하는 대상의 개념이 아닌 인간과 함께 생활하며 인간과 함께 상호 작용을 이루는 개념으로 인식하게 되었다. 이에 따라 시스템은 인간처럼 사물을 인식하고 대상을 기억하며 상황을 판단하고 동작을 계획하며 실행하는 능력을 지니게 된다. 이처럼 시스템의 성능이 발달하고

있으며, 요구되는 사항이 증가함에 따라 복잡한 사고 능력을 지닌 시스템이 필요하게 되었다.

생물학적 뇌 정보처리 메커니즘을 보다 정확하게 구현할 수 있는 시스템은 입력에 대한 정확한 인지 능력, 상황 판단 능력, 학습 및 추론 능력, 출력의 결정 능력 등의 성능 구현은 물론이며, 감정과 비교될 수 있는 시스템의 상태를 평가하여 판단 및 결정에 적용함으로써 매우 뛰어난 지능형 시스템이 될 수 있다[3].

이에, 본 논문에서는 생물학적인 두뇌의 정보처리 메커니즘을 해석하고 공학적인 개념의 정립과 정보처리 흐름을 규명하고 정의함으로써 출력에 반영할 수 있는 모듈을 설계하고자 한다.

## II. 본 론

뇌의 정보처리 메커니즘은 현재까지 밝혀진 바에 의하면 수평, 수직 방향의 신경조직들에 의해 이루어지며 상호간의 연관성이 매우 높고 각기 독립적인 성격도 강하다[1]. 생물학적으로 살펴본 뇌의 구성 요소는 여러 신경조직들로 표현되는 조직들과 조직들이 모여 이루어진 단일한 덩어리 형태의 영역으로 구분할 수 있다. 조직을 이루고 있는 세포들은 다양한 형태를 띠고 있으며 기능도 매우 다양한 것으로 알려져 있다. 또한, 조직의 세포들은 상호 연결되어 신호를 전달하는 데 그 전달 방식은 매우 다양하다. 이렇게 다양한 세포들의 연결과 정보처리를 근간으로 영역을 이루게 되고 영역은 또다시 다른 영역과 복잡한 구조로 연결되어 있으며 많은 정보들을 동시에 처리하는 것이다. 한마디로 표현한다면, 두뇌의 구조는 매우 복잡하게 연결되어 있고 그 안에서 이루어지는 정보 처리는 방식과 범위에 있어서 매우 광범위하다고 할 수 있다.

그렇기 때문에 두뇌에 대한 생물학적 또는 생리학적인 연구의 결과들은 현재까지 많은 부분에서 밝혀지고 있지만 아직도 대부분의 두뇌에 대한 정보는 존재하지 않거나 일종의 추측에 의해서 알려져 있을 뿐이다. 그러므로 본 논문에서는 두뇌의 밝혀진 부분과 추측으로 예상되는 부분들에 국한하여 두뇌의 기능이나 영역을

구분할 것이다.

뇌의 기능과 내부의 정보처리 방식을 이해하기 위해 생물학적인 뇌의 개념과 구조를 보다 세분하여 살펴보고자 한다. 생물학적으로 밝혀진 뇌의 전반적인 구조 및 특징[2]을 모두 살펴보는 것은 그 내용이 너무 방대하기 때문에 본 논문에서 정의하고 공학적으로 해석할 필요가 있는 부분에 대해서 그 내용을 정리하였다.

### 2.1 6층 구조에 의한 정보처리 해석

뇌의 정보처리는 대부분 뇌의 영역 전반에서 상호 협조적이며 유기적인 관계로 연관되어 진행된다. 인간의 경우에는 뇌의 대뇌피질 영역에서 주요 정보처리가 이루어지며 생물학적으로는 6개의 층으로 구분된다.

각 층간의 연결은 뇌의 신경조직에 의해 연결되어 있으며, 각 층은 특별한 기능을 수행하고 있는 것으로 밝혀져 있다[1].

이를 그림으로 설명하면 그림 1과 같이 도식화할 수 있다.

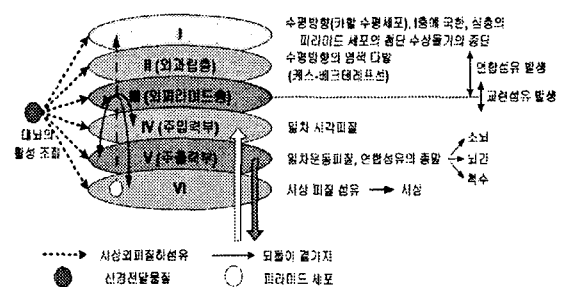


그림 1 대뇌피질 6층 구조의 해석 및 정의

그림 1에서는 대뇌피질의 영역과 정보의 흐름을 수평 방향으로 분류하는 동시에 수직 방향으로 분류하여 설명한 그림이다.

수평 방향으로는 대뇌피질의 영역은 크게 감각, 연합, 운동피질로 구분되어 있으며 각 피질은 감각호문쿨로스, 운동호문쿨로스에서 분류된 바와 같이 영역이 해당하는 생체 기관과 일치하도록 구분할 수 있다. 또한, 각 영역은 감각의 처리에 필요한 특징을 추출하는 영역이 별도로 존재할 것으로 여겨진다. 예를 들면, 시각에 대한 정보를 처리하는 감각피질은 '눈'과 연결되어 있는 부분일 것이며, 여기에는 색상, 형태, 움직임 등의 특징을 처리하는 영역이 각

기 존재할 것이다. 따라서 수평 방향으로 나누어진 영역의 수직 방향으로의 정보 흐름을 정리하면 그림 2와 같이 확장된 그림으로 표현이 가능하다. 이는 대뇌피질 6층의 각 영역에서 처리하는 정보의 종류 및 연결되는 신경의 종류 등을 종합하여 해석한 것이다.

그림 2는 생물학적인 뇌 정보처리 흐름을 해석하여 각 층의 역할에 따른 흐름을 표현한 것이다. 이는 공학적인 해석을 거쳐 정보를 전달하는 흐름으로 이해될 수 있다.

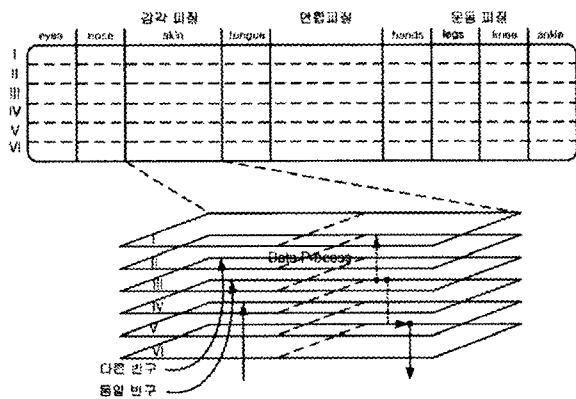


그림 2. 수평-수직 방향 정보 흐름

### 2.3 정보처리 과정의 기능 모듈 설계

6층 구조에 대한 정보처리 흐름 및 특징에 대해서는 앞 절에서 설명하였듯이 생물학적으로 규명된 흐름에 기초할 때, 그 해석이 가능하다. 본 절에서는 해석된 내용을 토대로 공학적인 응용을 위해 6층의 기능을 공학적으로 정의하고자 한다.

대뇌 피질의 I층은 세부 영역에서 처리된 정보를 주변 영역으로 전달하면서 점차 그 정보의 양을 늘려가고 규격화하는 기능으로 정의할 수 있다. 이를 시스템의 측면에서 살펴본다면, 시스템의 여러 입력 모듈로 입력된 정보에 대한 특징들을 하나의 커다란 입력 정보의 형태로 만들어가는 과정이라고 할 수 있다. 실제 응용 시스템에서는 이를 위해 정보간의 프로토콜을 정의하고 이를 토대로 여러 세부 정보를 하나의 정보로 모아내는 과정으로 정의할 수 있다.

II층의 역할은 생물학적으로 특별히 규명된 것이 없어 이에 대한 해석은 아직 불명확한 상태이며 시스템 측면에서 고려한다면 정보에 대

한 오류 검사 및 신호에 섞인 잡음을 제거하는 필터의 역할 정도로 정의할 수 있다.

III층의 역할은 생물학적인 정보 처리 과정에서 규명된 바와 같이 이웃한 영역으로부터 전달되는 정보를 받아들이기도 하고 처리된 정보를 이웃한 영역으로 전달하기도 하는 역할로 정의할 수 있다. 이를 시스템 측면에서 살펴본다면, 모델과 같은 역할로 설명할 수 있다. 전달된 정보를 받아들이는 기능과 처리된 정보를 전송하는 기능을 수행하는 시스템의 정보 전달 기능으로 정의할 수 있다.

IV층의 역할은 대뇌 피질 중에서 특히 감각 피질에 발달되었을 것으로 생각되며, 공학적으로 해석한다면 입력을 분석하고 처리하여 특징을 추출하고 이를 정보의 형태로 만드는 기능을 지니고 있는 것으로 정의할 수 있다. 시스템 측면에서 본다면, 이는 센서들을 통하여 받아들인 입력을 처리하는 부분이라고 할 수 있다. 센서 종류에 따른 정보를 받아들이고 이를 통해 입력을 분석할 수 있는 처리를 하는 곳으로 정의할 수 있다. 예를 들면, 시각 입력의 경우에 시스템으로 구현한다면 카메라를 통해 영상을 입력받는다. 이를 시각 정보로서의 의미를 부여하기 위해서는 일정한 처리를 해 주어야 한다. 시각에 대한 처리는 크게 색상-형태 및 움직임 정보를 추출하는 과정으로 진행된다[1]. 이를 시스템으로 구현한다면 입력된 영상 정보는 RGB 정보 추출 모듈을 통해 색상에 대한 정보를 추출하게 되고[4][5][6] 이미지 형태 인식 알고리즘[4][5]을 이용하여 형태 정보를 추출하게 된다. 동시에 이미지 정보의 변화 유무를 감지하는 알고리즘[7][8][9]을 이용하여 대상 이미지의 움직임 정보가 분석되는 것이다. 이와 같은 처리를 통하여 영상 정보는 의미를 부여할 수 있는 특징 정보의 형태로 변형되는 것이다.

V층의 역할은 각 영역에서 처리된 정보를 출력하는 층으로써 감각 피질의 세부 특징을 처리하는 영역에서는 처리된 특징을 출력하여 감각 정보에 의한 감정 상태 등을 평가할 수 있는 변연체로 보낸다든지 처리된 특징을 모아 통합 감각 정보를 다중 감각 연합 영역으로 보내는 역할을 담당한다. 또한, 운동에 대한 명령을 전달하는 곳이기도 하다. 시스템 측면에서

본다면 세부 모듈의 출력부라고 정의할 수 있다. 사전에 정의된 명령 프로토콜에 의해 동작을 수행할 수 있는 세부 명령을 출력하는 곳이다. 제어기의 출력에 해당하는 신호를 보내는 곳으로 정의할 수 있다.

VI층은 시상과 긴밀한 연관이 있다는 생물학적인 해석에 기초하여 시스템 전반에 걸친 입력 신호들의 통로로 생각할 수 있겠다. 각종 센서부에서 입력받은 신호들을 전송하게 되는 데이터 버스로 정의할 수 있다.

정의한 바와 같이 대뇌 피질의 6층 구조는 각기 정의된 기능이 있으며 이는 공학적으로 해석 및 정의가 가능하다. 따라서 주요한 기능을 정의하여 모듈화된 시스템을 설계한다면, 각종 센서 모듈 및 융합 모듈, 색상 및 형체 인식 모듈, 음성 인식 모듈, 시스템 제어 모듈, 자료 관리 모듈 등이 포함될 수 있다. 이에 따라 기존의 정보를 통한 추론 및 학습에 대한 생물학적인 흐름은 명확하게 정리되지는 않았지만 이를 시스템에 적용한다면 인간의 지능에 보다 가까운 시스템을 설계할 수 있을 것이다.

예를 들어 연합 영역의 기능을 구현하면 다음과 같다.

기억 정보 검색 및 비교를 통한 감각-감정에 따른 운동 결정의 기능을 시스템 측면에서 정의하면 데이터 베이스 검색 및 데이터 갱신을 통한 유사도 결정 알고리즘으로 정의할 수 있다. 엄격하게 말하면 기억 정보는 대뇌 피질의 영역이 아닌 해마에서 관장하는 것으로 알려져 있지만[1], 본 논문에서는 편의상 연합 영역에서 해마의 기억 내용을 검색하고 관리하는 기능을 수행하는 것으로 정의하고자 한다. 감각에 대한 처리와 감각에 따른 감정 상태의 평가가 끝나면 기억 공간에서 입력된 감각과 감각에 의한 감정 상태에서 행할 수 있는 운동을 검색하여 결정하게 된다. 기억 공간에는 '감각-감정-행동'의 내용을 표현하는 일종의 코드가 존재할 것으로 여겨지기 때문에 코드간의 유사성을 비교하여 검색을 실시하고 적합한 행동을 선택하는 것으로 정의할 수 있다. 시스템 측면에서 이를 구현하기 위해서는 데이터 비교 및 검색 알고리즘이 필요한데 본 논문에서는 ART(Adaptive Resonance Theory) 구조와 내부의 유사도 검

색 알고리즘을 사용하여 비교 및 검색 기능을 수행하도록 정의하고자 한다.

이와 같은 정의를 통해 대뇌 피질의 연합 영역에서 이루어지는 기능을 시스템에서 구현할 수 있도록 한다.

그림 3은 대뇌 피질 영역의 공학적인 정의를 통해 기억 공간의 정보를 비교 및 검색하는 기능을 ART를 통해 정의한 것이다.

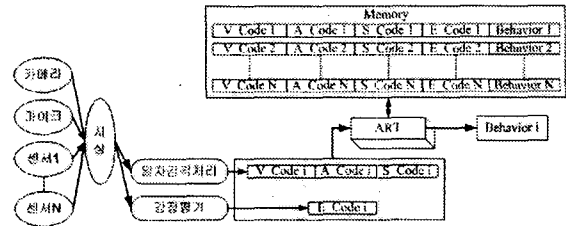


그림 3. ART를 이용한 정보 검색 모델

그림 3에서 일차감각처리가 끝난 후에 감각 정보는 특징에 의해 시스템에서 정의된 코드로 구성될 수 있고, 동시에 감각에 따른 감정이 평가되어 코드로 구성될 것이다. 구성된 감각 코드 및 감정 코드는 ART의 입력으로 인가되고 ART는 인가된 코드를 기억 공간에 존재하는 코드들과의 유사성을 비교하게 된다. 이를 통해 유사한 코드가 결정되면 기억 공간의 코드에 의해 행동을 결정하게 된다.

이와 같이 연합 영역은 시스템 측면에서 카메라, 마이크, 센서 등을 이용하여 입력된 정보에 대해 특징을 추출하고 코드 형태로 구성하는 과정과 감각에 의한 감정 평가를 통해 코드를 생성하게 된다. 생성된 코드들은 ART를 통해 데이터 베이스의 정보를 검색 및 비교하게 되고 가장 유사한 패턴을 찾게 된다. 패턴에 포함된 행동을 결정하게 되는 일련의 과정을 수행하는 영역으로 정의할 수 있다.

실제 연합 영역의 기능을 공학적으로 구현하기 위해서는 센서 융합 기술, context & semantic 기술, 데이터 마이닝(data mining) 기술, 신경망 학습, 행동 계획(motion planning) 등의 기술이 요구된다.

운동 영역은 연합 영역에서 결정된 행동을 수행하는 과정을 담당한다. 여기서 행동과 동작이라는 개념을 정의해야 한다. 행동은 통합적인

동작의 묶음을 의미하는 것이며 동작은 운동 기관 각각의 실행을 의미한다. 즉, 운동 영역의 기능은 행동으로 표현된 명령에 대한 해석을 진행하고 행동을 구현하기에 적합한 동작 명령을 결정하는 것으로 정의할 수 있다.

생물학적으로 동작은 정해진 프로그램에 의해 진행된다는 해석을 기반으로 본 논문에서는 행동으로 표현된 명령을 세부 명령으로 분석하고 분할하는 과정을 거쳐 각 운동 기관에 대한 제어 입력을 결정하고 전달하는 역할로 정의하고자 한다. 시스템 측면에서 살펴본다면 행동은 최초 전달되는 명령이며, 명령은 세부 출력 시스템의 동작을 포함하고 있다. 세부 출력 시스템은 행동 명령 내부에 존재하는 동작 명령을 전달받아 동작을 수행하게 되며, 동작을 진행하는 과정은 일련의 배치 명령(batch command)으로 전달되어 연속적인 동작 구현이 가능하다. 또한, 각 운동 기관의 독립적인 실행이 보장되어야 한다.

$$Behavior = \{Motion_1, Motion_2, \dots, Motion_N\} \quad (1)$$

식(1)과 같이 행동(Behavior)은 동작(Motion)의 집합으로 생각할 수 있다.

또한, 각각의 동작은 내부에 출력 시스템의 제어 입력을 포함하고 있으며 식(2) 또는 식(3)과 같이 표현된다.

$$Motion_i = \{\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k\} \quad (2)$$

$$Motion_j = \{(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_b, y_b)\} \quad (3)$$

식(2)의 경우에는 출력 시스템이 모터인 경우를 가정하여 표현한 것이다. 하나의 동작은 모터의 설정 각의 집합으로 이루어져 있다고 정의할 수 있다. 마찬가지로 경우로 식(3)은 출력 시스템을 매니플레이터로 가정하고 이동해야 할 좌표의 집합으로 이루어져 있다고 정의할 수 있다.

운동 영역의 기능은 제어기의 출력을 생성하는 과정으로 정의할 수 있으며, 출력 시스템의 제어 입력은 집합 형태로 전달되어 출력 시스템의 동작을 연속적이며 다른 출력 시스템과는 독립적으로 제어하는 것으로 정의한다.

실제 운동 영역의 기능을 공학적으로 구현하

기 위해서는 행동 명령 생성 기술, 명령 분석 기술, 동작 명령 생성 기술, 동작 제어 기술 등의 기술이 필요하다.

이와 같이 뇌 정보처리의 각 영역에서 수행되는 기능은 공학적인 정의를 통해 모듈로 구성될 수 있으며 공학적인 세부 응용 기술을 통해 구현할 수 있음을 알 수 있다.

## 2.4 공학적 구현을 위한 정보처리 모듈

앞서 예를 들어 설명한 정보처리 모듈은 아래와 같이 정리된다. 이를 통해 뇌 정보처리 메커니즘을 공학적으로 구현할 수 있다.

- 물리적인 처리 모듈 - 감각 정보에 대한 일차적인 처리 모듈이며 주로 신호에 대한 처리를 통해 특징을 추출하는 기능을 담당한다. 시스템의 수신부와 일차처리가 이 모듈에 속한다.

- Context 변환 모듈 - 감각별 특징을 모아 의미를 지니는 최소 단위의 정보로 변환하는 모듈이며 특징을 조합하여 감각별로 의미를 지니는 정보를 생성하는 기능을 담당한다. 시스템에서 일차 처리된 정보들을 모아 특정한 의미를 지니는 정보로 표현하는 모듈로써, 원시 입력에 대한 일차적인 인식이 이루어진다. 이 모듈에서 만들어지는 정보는 언어적인 개념 이전의 물리적인 특성에 의한 특징 정보이다.

- Semantic 생성 모듈 - 여러 감각을 통합적으로 표현하여 의미를 부여할 수 있는 모든 정보들을 생성하여 정보화하는 모듈이며 감각의 특정한 특징을 조합하기도 하며 단순히 감각별 특징을 통합하여 정보로 표현하는 기능을 담당한다. 이 모듈에서는 융합된 정보의 표현과 각 정보에 따른 가능한 행동을 출력한다. 제어 시스템에서 입력에 따른 가능한 모든 출력을 제시하여 주는 기능이다. 시스템의 상태에 따라 선택할 수 있는 행동의 후보들을 추천하는 영역이라고 할 수 있다.

- 상태 평가 모듈 - 감각에 따른 감정 상태를 고려하고자 하는 생물학적인 정보처리 흐름을 구현하는 모듈로써, 시스템의 상태를 평가하는 모듈이다. 이 모듈에서는 시스템의 각종 상태 정보를 평가하기도 하고 입력에 따른 시스템의 상태 변화를 표현한다. 시스템의 센서들

통해 입력된 제어 입력을 이용한 시스템의 상태 평가이거나 상태 정보를 획득하기 위해 마련된 시스템 상태 정보 수집 센서의 출력을 활용한 상태 평가이다.

■ 행동 결정 모듈 - 감각 정보 융합 결과와 감정 상태를 고려한 결과를 통해 행동을 결정하는 모듈로써, 제어 시스템의 최종 출력이라고 할 수 있고 이는 출력 시스템의 입력이 된다.

■ 실행 모듈 - 결정된 행동을 적절히 수행시키는 기능의 모듈로써, 출력 시스템의 동작을 제어하는 기능을 담당하는 모듈이다. 다양한 동작을 구현하는 과정에 필요한 요소들을 점검하고 제어하여 올바른 동작 수행을 가능하게 한다.

■ 학습 모듈 - 행동 수행이 완료되었을 경우에 감각-감정 정보에 의해 결정된 행동의 수행 결과를 이용하여 학습하는 생물학적인 흐름을 구현한 모듈로써, 출력 시스템의 결과를 통해 제어 시스템의 내용을 학습하는 모듈의 기능으로 정의된다.

보다 구체적인 예시를 제시하면 그림 4와 같다.

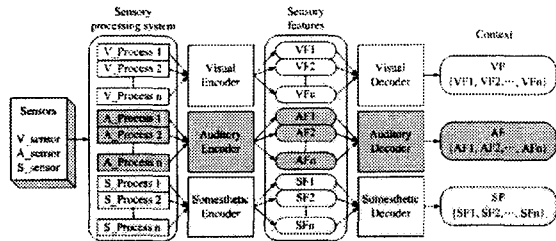


그림 4. 감각정보의 처리 과정

### III. 결론

본 논문에서는 뇌 정보처리 전체의 흐름을 정의하고 기능 및 영역에서 구현되는 기능을 중심으로 지능형 정보처리 모듈을 설계할 수 있는 기본 요소인 모듈을 설계하였으며, 각 모듈을 활용한 정보처리 과정을 지능형 기법을 통해 예를 들어 설명하였다.

제시된 모듈을 통해 정보처리 과정은 인간의 두뇌에서 이루어지는 과정을 모방하고 보다 유사한 지능형 정보처리 과정을 구현할 수 있는 도구를 제시함으로써 향후 다양한 지능형 모델 설계에 응용될 것으로 기대된다.

감사의 글 : 본 연구는 과학기술부의 뇌신경정보학연구사업에 의해 지원받았습니다.

### IV. 참고문헌

- [1] 이원택, 박경아, 의학신경해부학, 고려의학, 1996.
- [2] <http://pegasus.cc.ucf.edu/~Brainmdl>
- [3] 김성주, 김용택, 서재용, 전홍태, "신경회로망을 이용한 파페츠회로 구현", 한국퍼지 및 지능시스템 학회 2002년 추계학술대회, pp.175-178, 2002.
- [4] S. McKenna, S. Gong and Y. Raja, Modelling facial colour and identity with gaussian mixtures, *Pattern Recognition*, Vol. 31, No. 12, pp. 1883-1892, 1998.
- [5] Y. Raja, S. McKenna and S. Gong, *Colour model selection and adaptation in dynamic scenes*, European Conference on Computer Vision, Freiburg, Germany, 1998.
- [6] Y. Raja, S. McKenna and S. Gong, *Segmentation and tracking using colour mixture models*, Asian Conference on Computer Vision, Hong Kong, 1998.
- [7] R. C. Nelson, "Qualitative detection of Motion by a Moving Observer," *International Journal of Computer Vision*, Vol. 7, No. 1, pp. 33-46, 1991.
- [8] R. C. Nelson, "Vision as Intelligent Behavior: Research in Machine Vision at the University of Rochester," *International Journal of Computer Vision*, Vol. 7, No. 1, pp. 5-9, 1991.
- [9] R. C. Nelson and R. Polana, "Qualitative Recognition of Motion Using Temporal Texture," *CVGIP Image Understanding*, Vol. 56, No. 1, pp. 78-89, 1992.