

블랙보드 구조를 갖는 도로 영상이해시스템⁽¹⁾

권영빈

중앙대학교 컴퓨터공학과

본 논문에서는 일반적인 도로 영상을 이해할 수 있는 시스템을 블랙보드 모델을 이용하여 구현하였다. 블랙보드에는 계층적인 구조를 갖는 여러가지의 정보를 저장하도록 하였으며 이들은 제어모듈의 통제에 따라 여러 개의 지식원들과 유기적으로 결합하여 가정을 세우고 검증하므로써 도로 영상을 이해하도록 하였다. 실제의 영상을 대상으로 실험한 결과는 90% 정도의 물체를 인식하는 것을 확인하였다. 이 결과를 토대로 무인운항에 필요한 도로 정보의 추출이 가능하다는 것을 확인하였다.

(1) 본 연구는 한국과학재단의 연구비지원(과제명:지능형 영상이해 시스템의 연구, 과제번호:911-1105-001-2)에 의해 이루어졌습니다.

1. 서 론

컴퓨터 비전 분야는 카메라 등의 입력장치를 통하여 들어온 외부의 장면에 대한 이해를 하고, 이를 토대로 하여 필요한 행동(action)을 취하도록 하는 분야이다. 이 분야의 기술은 시각검색시스템이나 자동화 등에 널리 이용되고 있으며 초기의 간단한 물체 인식에서 출발하여 점차 복잡한 장면으로 이해 대상을 확장시켜 나가고 있다. 일반적으로 영상이해 시스템은 범위 및 물체가 다양하기 때문에 구성하기가 매우 어려우므로 현재까지 대부분의 시스템들은 응용이 가능한 분야를 선정한 후, 그 분야의 지식을 이용하는 지식기반형시스템(Knowledge-Based System)의 형태를 갖고 있다 [1,2].

영상이해 시스템의 일반적인 처리 형태를 분류해보면 저급처리단계와 고급처리단계로 나뉘어 구현되고 있다. 저급처리 단계는 영상을 구성하는 각 화소들을 유사한 화소들의 집합으로 나누는 과정과 나뉘어진 영역들의 특징들을 추출하는 것으로 구성되어 있다. 이 단계에서는 영역 분할을 수행하게 되는데 지금까지 많은 방법들이 제안되었다. [3]. 그러나 아직까지의 결과로 미루어 볼 때 모든 경우를 만족시킬 수 있는 방법이 나타나 있지 못한 실정이다. 그러므로 본 연구에서는 분할된 영역의 특징을 손쉽게 얻을 수 있는 partition mode test(PMT)방법[4]을 이용하여 결과를 개선하도록 하였다. 고급처리 단계는 저급처리 단계에서 추출된 특징들과 영상에 관련된 정보와 지식을 이용하여 영상내에 존재하는 물체를 해석하고 추론해내는 과정이다. 이 단계에서는 저급처리 단계에서 불분명하게 처리된 부분에 대한 문제를 극복하기 위한 방법을 고려하게 되며 사용되는 지식을 언제, 어떻게 사용할 것인가 그리고 어떻게 표현할 것인가를 결정하고 가정과 검증에 의해 하나씩 풀어나감으로써 영상의 내용을 이해하게 된다.

현재까지 문헌에 발표된 영상 이해 시스템의 고급처리 단계를 살펴보면 추론 엔진 및 지식의 구성과 지식의 적용방법 등의 차이에 따라 크게 생성시스템(production system)을 사용한 방법과 블랙보드시스템(blackboard system)을 사용한 것으로 구

분되고 있다(5-7). 생성시스템은 작업공간(working memory), 추론엔진(inference engine), 지식베이스(knowledgebase) 등이 연결된 형태로 구성되어 있다. 작업공간에는 입력 영상과 해석 과정에서 필요한 정보 및 생성되는 결과, 그리고 가정 등이 저장된다. 작업공간에 저장된 내용은 추론 엔진에 의해 사용된다. 추론 엔진은 영상 해석이 완료될 때까지 계속해서 지식베이스를 이용하여 작업 공간의 내용을 갱신하게 된다. 이렇게 지식과 지식을 사용하는 추론엔진의 분리를 특징으로 하는 생성시스템은 지식베이스의 구성 방법이 고정적이고 지식의 표현 방법이 추론 엔진에 종속된다는 단점을 갖는다. 따라서 복잡하고, 비구조적이며 다양한 지식표현 방법이 필요한 영상이해 시스템을 구현하고자하면 생성시스템의 단점을 극복할 수 있는 문제해결방법인 블랙보드 시스템이 요구된다. 최초의 블랙보드 시스템은 음성인식 분야에서 Reddy 와 Newell에 의해 제안된 Hearsay-II 이다(5). 블랙보드 모델은 생성시스템과는 달리 문제해결에 필요한 지식들이 여러개의 모듈인 지식원(Knowledge Source)에 나누어져 있다. 각 모듈은 서로 다른 지식 표현 방법을 사용할 수 있으며, 서로 다른 추론 기관을 이용할 수도 있다.

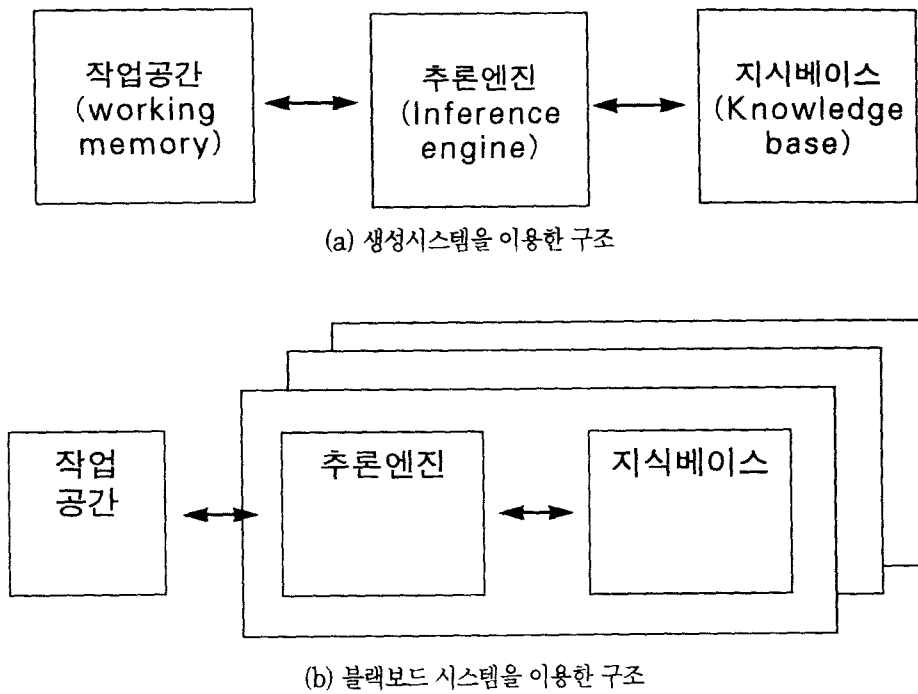
생성 시스템을 이용한 대표적인 영상이해 시스템으로는 McKeown이 제안한 공항 영상의 분석을 위한 규칙기반형 시스템인 SPAM(8)이 있고, 블랙보드 시스템으로는 Nagao와 Matsuyama가 제안한 항공영상분석시스템(20)과 Hanson과 Riseman의 VISIONS(9-10) 등이 있다. 국내에서 발표된 것으로는 중앙대에서 발표된 규칙기반형 시스템(11-13), 숭실대에서 블랙보드 모델을 이용하여 항공 사진으로부터 도로 성분을 검출하는 시스템(14), 그리고 과학기술원에서 개발한 자연 영상내의 도로, 빌딩 등의 문제를 구별해내는 시스템(15) 등이 있다. 본 연구에서는 항공영상 보다는 무인 자동차등에 적용이 가능한 도로 영상을 대상으로하여 그 내부에 존재하는 다양한 물체들-가로수, 가로등, 표지판, 도로, 자동차 등을 인식하고 이해한 결과를 나타낼 수 있는 시스템을 구현하고자 하였다.

2. 블랙보드 시스템의 구성

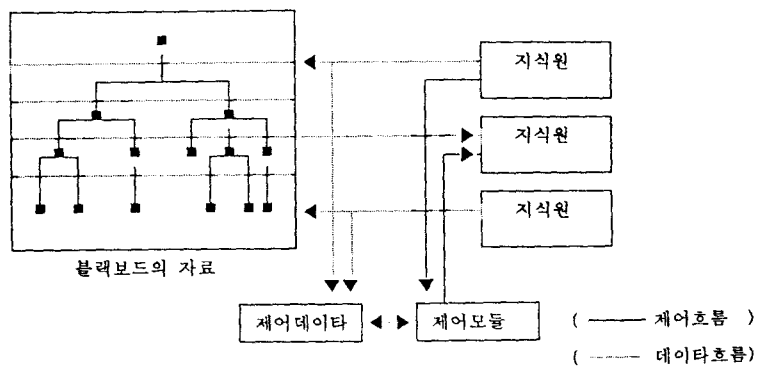
일반적으로 문제 해결 모델(problem-solving model)이란 주어진 문제를 해결하는데 필요한 지식과 추론 과정을 어떻게 구성하는가에 대한 모델이다. 블랙보드 시스템은 이러한 문제 해결 과정과 지식을 구성하는 방법에 대한 하나의 모델로서, 전통적인 전문가 시스템을 구성하는 생성시스템의 단점을 개선하기 위해 제안된 것으로 볼 수 있다. 추론 엔진과 지식이 분리된 생성 시스템은 이미 정해진 순서에 의해 처리 과정이 진행되며, 시스템이 갖는 추론엔진의 특성에 따라 지식 표현이 결정된다. 예를 들어 규칙기반 시스템의 경우에는 정해진 규칙의 순서에 따라 추론이 진행되며 지식의 표현 역시 규칙으로만 제한되고 있다. 이러한 단점을 개선하기 위해 블랙보드 모델은 지식을 여러개로 분리한후 각 지식과 함께 적절한 추론엔진을 묶어 여러개의 모듈로 구성이 되도록 하였다. 이 결과 각 모듈들은 다양한 지식 표현 방법을 지닐 수 있게 되며 이들을 위한 추론 엔진들을 채택하여 효율적인 분석이 가능해 지게 된다. 일반적인 블랙보드 모델을 생성시스템과 비교하여 설명해 보면 그림1과 같다(5-7).

블랙보드 모델은 생성시스템과는 달리 지식베이스와 추론기관을 분리하지 않고 지식을 여러개의 모듈로 분리하게 되므로 각 모듈이 추론기관을 갖게 된다. 이 결과 각 모듈은 서로 다른 지식 표현 방법을 사용할 수 있으며, 서로 다른 추론 기관을 이용할 수도 있다. 이때에 문제의 해결은 해결상태 및 정보를 저장할 수 있는 블랙보드와 지식원 사이의 유기적인 구성에 의해 이루어 지는 것을 알 수가 있다. 이와같은 기본적인 개념은 실제적인 문제의 풀이에 있어 여러가지의 한계점에 도달하게 되므로 이를 좀 더 확장시킨 계층형 구조를 흔히 사용하고 있다. 이때에는 문제풀이 과정을 제어할 수 있는 제어 모듈이 첨가된다. 이를 그림으로 나타내 보면 그림 2와 같다. 블랙보드 모델은 상황식 제어를 사용하므로 다양한 지식이 요구되고 문제해결을 위한 작업순서를 결정하기 어려운 문제의 해결을 위해 적용될 수 있다. 그림 2에서 블랙보드는 전역 데이터 베이스(global database)로서 현재의 영상 분석상황(부분해, 중간계산결과)을 묘사해 주며, 각 지식원간의 대화는 블랙보드를 통하여 간접적으로 이루어진다. 각 지식원은 프로시더어(procedure)나 규칙의 집합 또는 논리 연산자(logical operator)로

서 다양하게 표현될 수 있는 지식과 선행조건이라는 자신이 활성화 될 수 있는 조건을 갖는다.



<그림 1> 생성 시스템과 블랙보드 시스템의 구조



<그림 2> 계층적인 형태로 표현한 블랙보드 구조

6 권영빈

그러므로, 그림 2와 같은 구조를 갖는 블랙보드 시스템의 개괄적인 특징은 다음과 같다.

(1) 추론 엔진과 지식을 갖는 각 지식원은 서로 독립적으로 존재한다. 블랙보드 시스템은 다른 지식원의 결과에 영향을 받지 않으므로 해에 기여할 수 있는 부분해를 블랙보드에 독자적으로 기록한다든지, 블랙보드의 내용을 갱신할 수 있다. 또한 새로운 지식원을 추가 할 경우에도 기존의 다른 지식원을 변경시키지 않고도 가능하다.

(2) 문제 해결을 위해 다양한 방법을 사용할 수 있다. 즉 하나의 지식원은 다른 지식원들이 어떤 추론 방법을 사용하는가 혹은 어떤 지식 표현방법을 사용하는가를 알 필요가 없다.

(3) 지식원간의 통신을 위한 공통의 자료구조가 필요하다. 지식원들은 블랙보드에 저장되는 정보들을 올바르게 해석하고 서로 이해하기 위해 블랙보드에 모든 지식원에 대해 해석이 가능한 자료구조가 필요하다.

(4) 각 지식원들은 해당되는 블랙보드의 정보만 사용한다. 주어진 문제가 복잡할 경우, 블랙보드의 내용을 여러단계의 계층으로 나누어 추론하는 것이 일반적인 접근 방법이다. 이러한 지식원의 분리는 각 지식원간의 관계 규정을 필요로 한다.

(5) 각 지식원들을 제어할 수 있는 제어 모듈이 필요하다. 각 지식원들을 독립적으로 블랙보드에 부분해를 만들어가므로 이를 통제할 수 있는 특별한 모듈이 필요하다.

(6) 지식원들이 만들어내는 부분해를 통해 주어진 문제에 대한 해를 구한다. 각 지식원들은 블랙보드의 현재 내용과 선행조건을 비교하여 만족하면, 자신이 가지고 있는 지식과 추론 엔진을 이용하여 블랙보드에 최종적인 해에 가까와지도록 블랙보드의 내용을 점진적으로 변경시켜 나간다.

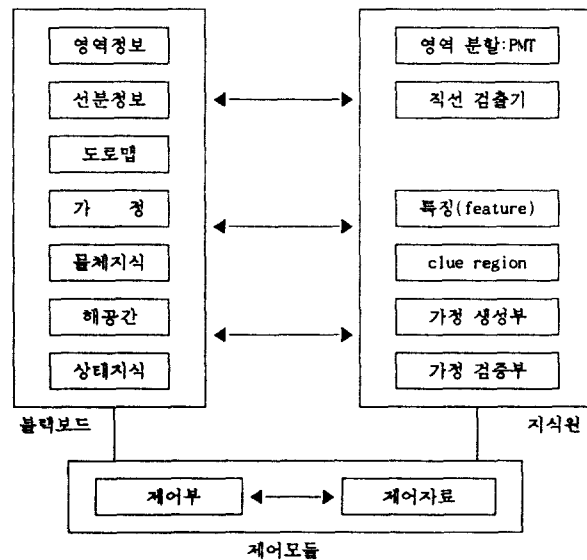
위와 같은 장점을 갖고 있는 블랙보드 시스템의 모델은 다양한 지식이 요구되며, 문제해결을 위한 최적의 작업순서를 결정하기 어려운 영상이해 문제의 해결에 적합하다. 그러므로, 본 연구에서는 위와같은 특성을 갖는 블랙보드 시스템을 구축하여 일반적인 도로 영상의 이해에 적용시키고자 하였다.

3. 제안된 시스템의 구성도

3.1 블랙보드의 구성

본 논문에서 제안된 도로 영상 이해 시스템은 얼마나 빨리 영상을 이해하는가하는 실용적인 측면보다는 어떻게 정확하게 이해할 것인가하는 방법론적인 측면에 주안점을 두고 그림 2의 계층적인 구조를 갖는 블랙보드 시스템에 근거한 영상이해 시스템을 구성하였다.

제안된 시스템의 구성은 그림 3에 나타나 있다.



〈그림 3〉 시스템의 전체적인 구성도

블랙 보드에 기술되는 내용은 7개로 구성되어 있으며, 기본 구조는 프레임을 사용하고 있다. 블랙보드를 구성하는 각각의 내용과 자원간의 관계를 중심으로 도로 영상에 관련되는 내용의 일부는 여기서 설명하고 나머지는 가정 생성 부분에서 설명하기로 한다.

8 권영빈

- 영역 정보 : 영역 정보는 PMT알고리즘을 수행된 결과를 블랙보드에 저장한 것으로 각 영역이 갖는 특징들을 그 값으로 하고 있다. Clue region의 생성, 가정 생성부와 가정 검증부 등이 영역 정보를 이용하여 블랙보드에 각각의 처리 결과를 저장하게 된다.

- 선분 정보 : 뒤에서 설명하게 될 직선 검출 마스크를 입력 영상에 적용하여 얻은 결과로써 가정 설정의 근거로 사용한다. 수직, 수평, 직선 만을 검출하며, 시작점과 끝이를 값으로 한다.

- 도로맵 : 입력 영상안에 존재하는 도로가 차지하는 영역을 기준으로 도로 영역의 좌우에 있는 숲 영역의 면적의 비율을 계산하여 영상을 보는 시점을 알아내기 위해 사용하는 정보이다. 이 정보는 자동차와 같은 물체가 그 특성상 여러개의 영역으로 분할 되었을 경우 자동차를 나타낼 수 있는 하나의 영역으로 합병하기 위해 영역 병합 방향을 제시하여 준다.

- 가정 : 영역 정보 뿐만 아니라 영역에 대한 가정 역시 프레임 구조로 표현되는데 이 가정 프레임에는 가정에 대한 신뢰도와 그 가정을 유도한 물체의 영역 번호 등이 슬롯값으로 저장된다. 이때 신뢰도는 그 가정에 대한 확신의 정도를 나타내며, 한 영역에 여러개의 가정이 설정될 경우 선택의 기준이 된다. 신뢰도는 0에서 1사이의 값을 갖게 되며, 가정 검증 지식원에 의해 갱신된다.

- 물체 지식 : 이 정보는 실제 도로 영상을 분할한 후, 물체를 구성하는 영역들의 특성을 분석한 결과를 블랙보드에 저장한 것이다. 이 지식은 물체를 구성하는 각 영역들의 가정을 설정 및 검증을 할 때 사용하거나, 물체 위치를 예상하는데 사용한다.

- 해 공간 : 가정이 검증된 영역과 초기 가정으로 설정된 영역들에 대한 정보를 저장하고 미가정 지역의 가정 생성 및 검증에 이용된다.

- 상태 정보: 현재의 처리 지역과 이미 처리된 지역을 나타내고 가정생성과 검증시 탐색영역을 제한하기 위하여 사용된다.

위에서 서술한 바와 같이 블랙보드 모델을 사용한 영상이해 시스템에서도 각 지식원들은 선행조건을 테스트 하거나 처리 결과를 저장하기 위해, 또는 각 지식원간의 통

신을 위해 블랙보드를 사용한다. 블랙보드에는 각 영역의 특성들과 물체에 대한 지식, 물체들간의 관계를 서술하는 인접행렬, 현재 처리 중인 영역에 대한 상태 정보를 저장한다. 이러한 정보들을 이용하여 지식원들이 활성화될 것인가가 결정된다.

3.2 지식원 모듈의 구성 요소

제안된 시스템은 6개의 지식원을 갖고 있는데 각자의 특성을 살펴보면 다음과 같다.

3.2.1 PMT에 의한 영역 분할 지식원

일반적으로 영역 분할은 주어진 영상에 대해 영상의 공통특성을 갖는 성분으로 나누는 과정을 말한다. 대부분의 경우 정확한 영상 분할은 사전 정보를 적용해야 가능하므로 완전한 영역분할을 한다는 것은 매우 어렵다. 본 연구에서는 기존의 다른 영역 분할 알고리즘이 가지는 단점 즉, 복잡한 자료구조와 많은 양의 메모리 요구량 등의 문제를 보완시킨 Suk[4]이 제시한 알고리즘을 사용한다. 이 방법의 특징은 PMT(partition mode test)를 위해 2X2 윈도우를 사용하며, 한번의 처리과정으로 영상 분할 작업을 완료할 수 있다는 것이다. PMT이후에는 주어진 영상을 부분영역으로 나누어 라벨링을 한다. 이 방법은 기본적으로는 분리-병합(split-merge)의 방법을 근거로 하고 있다. 목적에 따라 다양한 분리-병합 기준을 설정하여 사용할 수 있다는 것이 이 방법의 장점이라 할 수 있다. PMT알고리즘은 입력으로 주어진 영상에 대해 왼쪽에서 오른쪽으로, 위쪽에서 아래쪽으로 한 화소(pixel)씩 이동하면서 선택한 윈도우의 균일성을 조사해 나가게 된다. 이때 2X2윈도우에 속한 화소들의 가능한 모드상태를 결정하여 하나의 영역으로 생성될 수 있는 화소들의 모양을 결정한다. 여기서 모드라함은 2X2윈도우에 속한 화소들 4-이웃 관계를 고려하여 생성될수 있는 영역분할 상태를 말한다. 이 과정에서 사용하는 영역의 균일성 조사 방법은 다음과 같다. S를 윈도우의 화소들로 구성된 영역이라할 때, S에서 가장 큰 명암값을 갖는 것을 MAXG라하고 가장 작은 명암값을 갖는 것을 MING으로 정의한 후, 균일성 조사를 위한 화소들이 선택되어지면 각 레벨별로 사전에 정의된 12개의 모드를 차례대로 조사하여

각 모드의(MAXG-MING) < T(임계값)이면 하나의 영역으로 간주하게 된다. 결정된 모드에 따라 고유한 값으로 라벨링을 하게 되는데, 라벨링이 되지 않은 화소에 대해서는 특별한 과정을 거치지 않고 라벨링을 하게되지만, 이미 라벨링이 되어있는 화소는 현재의 모드테스트 결과와 이전의 테스트 결과 사이의 불일치가 발생할 수도 있다. 불일치가 발생하면 입력으로 받아들인 두번째 임계값을 이용하여 두 화소간의 균일성 테스트를 다시 수행하게 된다. 균일성 테스트는 두개의 화소가 속한 영역의 명암 평균값의 차를 구하고, 이 값과 입력으로 주어지는 두 번째 임계값을 비교하여 동일한 영역 번호를 부여할 것인가 아니면 현재 라벨링 상태를 그대로 두고 다음 단계로 넘어갈 것인가를 결정한다. 이러한 과정은 영상을 구성하는 모든 화소들이 조사되어질 때까지 반복된다.

3.2.2 직선 성분의 추출

나무, 하늘 등의 자연물은 직선보다 곡선이 그 경계를 이루고, 표지판이나 자동차와 같은 인공물은 곡선보다 직선단위로 영상내에서 경계를 이루며 존재한다. 따라서 도로 영상내에서 자동차, 도로 표지판 등의 인공물에 대한 가정을 설정하는데 있어 직선은 결정적인 역할을 한다. 본 연구에서는 수직, 수평의 직선 검출을 위해 그림 4와 같은 형태의 직선 성분 추출에 필요한 선분 마스크를 사용하였다[16-19].

-1	-1	-1	-1	2	-1
2	2	2	-1	2	-1
-1	-1	-1	-1	2	-1

〈그림 4〉 수평 및 수직선분 추출용 마스크

이 마스크를 래스터 스캔 모드(raster scan mode)로 스캔한 후 검출된 라인을 구성

하는 화소들을 중심으로 의미 있는 라인(길이가 10화소 이상)들을 블랙보드에 기록한다. 라인의 길이가 10미만인 라인 들은 가까운 선분과 합병되거나 제거하였다.

3.2.3 특징의 추출

PMT알고리즘에 의한 영역 분할이 완료된후, 각 영역을 나타낼 수 있는 정보형태로의 표현이 필요하다. 각 영역에 대하여 다음과 같은 13개의 영상에서 흔히 사용하는 특징들이 자료구조로 구성되도록 설계되어 있다[1,2,8,10,20].

```

struct object {
    영역 번호(region identification number)
    이웃한 영역의 수(number of neighbours)
    이웃한 영역의 번호(neighbour identification numbers)
    영역에 포함된 구멍 영역의 수(number of holes)
    영역의 둘레(perimeter)
    평균 명암값(mean intensity)
    명암값의 표준편차(standard deviation of intensity)
    영역의 면적(area)
    무게중심(center of mass)
    최소 인접 사각형(minimum boundary rectangle(MBR))
    타원율(elliptical ratio)
    면적의 비(discrepancy between MBR and area)
}

```

3.2.4 물체에 대한 모델지식 표현

모델 지식은 블랙보드에 프레임[5, 10] 형태로 저장된다. 프레임은 고정된 물체나 상황을 표현하기에 적합하고 다른 프레임 혹은 모듈을 저장할 수 있기 때문에 많은 비

전시스템에서 사용되고 있다. 이러한 프레임은 슬롯과 슬롯 값으로 구성되는데, 슬롯의 값은 다른 프레임의 이름이나 프로시듀어 이름이 될 수 있다. 프레임으로 물체를 표현하기 위해 여러가지 슬롯을 가지는데, 예를 들면 주어진 영상내에서 물체가 가질 수 있는 무게 중심, 평균 명암값, 면적, 둘레 등을 슬롯으로 가질 수 있다.

위에서 서술한 바와 같이 블랙보드 구조를 사용한 영상이해 시스템에서도 각 지식원들은 선행조건을 테스트하거나 처리 결과를 저장하기 위해, 또는 각 지식원간의 통신을 위해 블랙보드를 사용한다. 블랙보드에는 각 영역의 특성들과 물체에 대한 지식, 물체들간의 관계를 서술하는 인접행렬, 현재 처리 중인 영역에 대한 상태 정보, 제어 자료 등을 저장한다. 이러한 정보들을 이용하여 활성화 될 지식원들을 결정하게 된다.

기본적인 프레임의 구조는 다음과 같다.

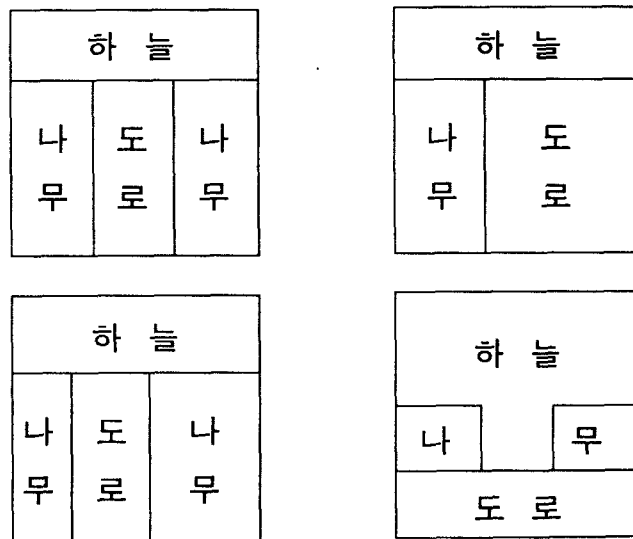
```
Frame frame=name
slot : slot value
slot : slot value
. .
. .
. .
slot : slot value
```

영역 정보는 위와 같은 프레임들이 계층적으로 구성된다. 이러한 슬롯에는 위에서 기술한 영역의 특성을 나타내는 평균 밝기, 표준편차 등 각 영역이 갖는 특징들이 저장된다. 프레임의 계층은 초기 가정이 생성될 수 있는 영역을 루트 노드로하고 초기 가정 영역에 포함될 수 있는 물체들을 단말 노드로 한다.

영역 정보 뿐만 아니라 영역에 가설 역시 프레임구조로 표현되는데 이 가설 프레임

에는 가정에 대한 신뢰도와 그 가정을 유도한 영역의 번호들을 슬롯값으로 갖는다. 이때 신뢰도는 그 가정에 대한 확신의 정도를 나타내며, 한 영역에 여러개의 가정이 설정될 경우 선택의 기준이 된다.

그림 5는 본 시스템에서 사용하는 도로 맵에 대한 지식을 표현한 것이다. 이러한 도로 맵에 대한 지식은 모델지식에 의해 영역을 합병할 때 특히 자동차를 합병하기위해 자동차가 진행하고 있는 방향을 알고자 할 때 사용되는 지식이다. 자동차의 진행 방향은 도로변의 나무 영역이 갖는 면적을 고려하여 결정된다.



〈그림 5〉 도로 맵에 대한 지식

3.2.5 영역의 분할

영상을 구성하는 각 물체는 고유의 모양을 가지고 있으며 존재할 수 있는 영역의 범위가 정해져 있다. 도로 영상에서 존재할 수 있는 물체는 그 모양에 따라 다음과 같이 분류될 수 있다.

14 권영빈

경우 1. 거리가 매우 가깝고 수직인 두 개의 평행한 선분에 의해 길고 좁은 영역 안에 포함된 영역

경우 2. 1개의 직사각형으로 표현될 수 있는 영역

경우 3. 2개에서 3개의 사각형으로 구성될 수 있는 영역

경우 4. 거리가 매우 가깝고 수평인 두 개의 평행한 선분에 의해 이루어진 영역에 포함된 영역

경우 6. 거리 임계값보다 작은 길이가 비슷한 직선들의 분포가 많은 영역

경우 7. 영역을 이루는 경계가 불규칙적인 영역

이러한 영역 분류를 각 영역에 적용하여 각 지식원을 활성화 시킬 수 있는 하나의 선행 조건으로 사용하였다.

3.2.6 Clue region의 생성

일반적으로 도로 영상에서는 도로와 숲, 하늘, 산 등을 구성하는 영역이 다른 영역들에 비해 넓은 면적을 가지며 그 위치가 고정적이다. 따라서 이들 영역을 기본적인 처리 단위인 초기 가정 지역으로 사용한다면 해석 과정에서 생기는 처리 지역과 상관 없는 영역의 불필요한 조사와 오류를 막을 수 있게 된다. 이러한 초기 가정 생성 지역은 그 내부에 보다 작은 물체를 포함하고 있다. 예를 들어보면, 도로에서 하늘은 가로 등 혹은 도로 표지판을, 도로는 자동차 등을 포함한다. 도로 표지판과 같은 물체는 숲에 포함될 수도 있다. 일단 초기 가정 지역이 설정되면 이 지역을 근거로 그 내부에 존재할 수 있는 물체를 예측하고 이에 대한 가정을 설정할 수 있다.

Clue region은 이러한 영역들을 설정하는 모듈로서 구성되어 있으며 다음은 이러한 영역을 결정하는 한가지 예를 보이고 있다.

sky area :

if (gray value \leq 255 and gray value \geq 200)

and (standard deviation < THRESHOLD)
 and (mass center > UPPER)
 and (number of holes < SMALL)
 and (area > 3000)
 and (number of vertical or horizontal lines < SMALL)
 then The region is "sky area"

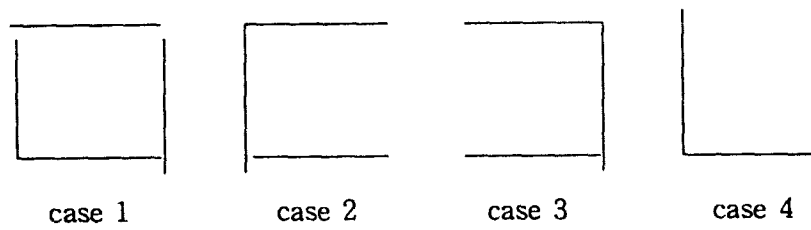
하늘이라고 가정 설정이 가능한 영역은 그 영역이 갖는 명암값이 다른 영역에 비해 매우 밝고, 각 화소가 갖는 명암값의 변화가 작아 표준 편차값이 0에 가깝다. 또한 그 내부에 포함된 구멍 영역의 수가 다른 clue region에 비해 작은 특성을 갖고 있었다.

3.2.7 가정 생성부

영역 분류에 의해 처리 지역안에서 현재 처리 지역이 가진 물체의 부류에 근거하여 가정을 설정하게 된다. 예를 들어 현재 처리 지역이 도로라고 가정된 영역이라면 도로라면 현재 처리 지역안에 존재하는 물체는 자동차이거나 중앙선일 가능성이 많다. 예를 들어 자동차는 보통 위에서 분류된 영역중의 몇가지 상황으로 표현된다. 따라서 도로라고 초기 가정이 설정된 영역안에서 해당될 수 있는 영역을 찾아 시스템이 갖고 있는 자동차에 대한 모델지식과 가정이 설정된 영역과 비교를 통해 자동차라는 가정을 설정한다. 자동차라는 가정이 설정될 수 있는 영역이 현재 처리 지역안에서 발견되거나 중앙선이라고 가정될 수 있는 영역이 발견되면 현재 처리 지역의 초기 가정인 도로라는 가정의 신뢰도 값을 높일 수가 있게 되는 것이다. 본 연구에서 사용한 모델 지식으로 생성될 수 있는 가능한 물체들로는 도로 표지판, 기둥(도로표지판의 기둥, 가로등), 자동차, 중앙선 등이 있다.

일단 초기 가정 지역이 설정되면 이 영역의 MBR을 처리 단위로 내부에 존재하는 영역들에 대해 가정을 설정하기 위해 위에서 언급한 경계가 불규칙적인 초기 가정 영역과 자동차, 도로 표지판, 가로등, 중앙선 등과 같이 물체를 이루는 경계가 직선으로

이루어진 물체들이 존재한다. 초기 가정이 설정된 다음 단계로 이렇게 직선으로 모양이 결정되는 물체들에 대해 가정을 설정한다. 가정 설정을 위해서는 우선 가정 설정의 실마리를 제공할 수 있는 사각형을 정의해야 한다. 여기서 사용한 사각형은 이전의 직선 검출 단계에서 생성된 수직, 수평 직선을 근거로 사각형의 형태를 이룰수 있는 직선들의 집합을 의미한다. 그림 6은 그러한 예를 보인 것이다.



〈그림 6〉 사각형의 형태

다음은 본 논문에서 자동차, 도로표지판, 가로등에 대한 모양을 직선 또는 사각형의 모양으로 설정한 지식을 설명한 것이다.

- 자동차 : 일반적으로 자동차는 2개이상의 사각형이 서로 인접한 경우 그 2개의 사각형을 이루는 내부의 영역들의 집합을 자동차라고 정의하였다. 그림 6에서 정의한 사각형의 한 형태에 속하고 사각형을 이루는 가로, 세로의 비율이 임계값 이하이고 사각형의 무게중심이 초기 처리 단계에서 도로라고 가정된 영역이 무게 중심의 2배보다 작을 경우에 이 두 사각형안에 존재하는 영역을 자동차라고 정의하였다.

- 도로 표지판 : 일반적으로 표지판에는 표지판의 배경과의 명암평균값과 글씨나 기호가 찍인 영역의 평균값과의 차이가 매우 크다. 이러한 글씨나 기호를 구성하는 영역들은 표지판을 이루는 영역들의 구멍이 된다는 특성도 가지고 있다. 여기에서는 도로

표지판에 대한 3가지의 정의를 사용한다. 사각형은 표지판의 경계를 이루는 하나의 커다란 사각형과 그 내부에 명암값의 차가 매우 큰(100이상) 구멍이 존재할 경우 사각형이라는 가정을 설정하였다. 그러나 위와 같은 정의외에도 표지판은 가로수를 배경으로 할 경우가 있으므로 이에 대한 정의 또한 필요하다.

흑백 영상에서 가로수를 배경으로 한 표지판을 그림 6의 경우에 해당하도록 영역 분할 한다는 것은 불가능하다. 따라서 이를 해결하기 위해 본 연구에서는 또 다른 지식을 사용한다. 가로수를 배경으로 한 표지판의 배경색은 가로수에 의해 포함되지만 그 내부에 있는 글씨 혹은 기호들은 위에서 사용한 직선 성분 검출기에 의해 직선의 그룹을 형성한다. 이러한 직선의 그룹들을 하나의 영역으로 묶어 도로 표지판이라고 가정한다. 이렇게 묶어진 영역들은 그 배경을 이루는 영역과 평균 명암값의 차가 심하다는 특징이 있다. 다음으로는 표지판의 외곽이 사각형이 아닌 영역에 대한 정의이다. 본 연구에서는 이러한 표지판에 대해서는 전형적인 형태로 표현하지 않고 주위에 표지판이라고 인접한 영역에 가정이 설정된 영역이 있고 배경이 되는 영역과 명암값이 크게 차이날 경우 이를 표지판이라 가정하였다. 도로 표지판의 경우 초기 가정 영역을 분리시켜 영역 분할이 이루어지도록 하는 경우가 있는데 이때에는 초기 가정 영역과 표지판의 반대쪽 영역의 특징들을 비교하여 유사한 영역이 있으면 초기 가정의 물체 타입으로 반대쪽 영역의 가정을 설정한다.

-가로등, 표지판의 기둥, 중앙선 : 가로등은 PMT를 이용한 영역분할의 특성상 길고 좁은 직선에 가까운 형태로 존재한다. 이러한 영역의 가정은 위에서 생성한 직선 정보를 이용하지 않고 시스템이 가지고 있는 정보(MBR의 가로 세로 비율, discrepancy, elliptical ratio)을 이용하여 가정을 설정하였다.

그러므로 이들 사각형의 형태를 근간으로하여 자동차, 도로표지판, 가로등에 대한 모양을 직선으로 설정한 지식을 만들어 물체를 이해 할 수 있도록 하였다.

3.2.8 가정 검증부

가정 검증은 초기 가정이 설정된 영역에 포함된 내부 영역의 가정이 지식에 의해 설

정되고, 설정된 가정의 물체 타입과 초기 가정 지역의 물체 타입의 위치적인 관계를 조사함으로써 검증된다. 예를 들어 도로라고 초기 가정이 설정된 지역에서 자동차라는 가정이 설정될 수 있는 영역이 발견되어지면 도로라는 초기 가정과 자동차라는 가정이 설정된 영역에 대해 신뢰도를 갱신시키고 블랙보드의 해공간에 기록한다.

3.3 제어 모듈

영상이해시스템은 영상해석을 위하여 주어진 문제에 관한 지식들을 어떻게 사용할 것인가에 관한 제어 전략을 결정해야 한다. 제어전략은 데이터의 흐름에 따라 상향식 제어(bottom-up), 하향식 제어(top-down), 상황식제어(situation-driven)로 나뉘어진다. 상향식 제어 방식은 주어진 영상에서 특징을 추출하고 이를 적절하게 수식화한 후 주어진 모델과 비교한후 해석하는 방법으로 산업용 컴퓨터 시각 시스템에 많이 사용된다. 하향식 제어는 모델을 미리 예측하여 모델 지식이 가지는 특성과 비교하여 해석하는 과정으로 모호성을 가지는 영상에 효과적으로 사용될 수 있기 때문에 자연 장면(natural scene)해석에 많이 사용된다. 그러나 위의 두 제어 방법은 처리 과정의 변화에 대응하는 유연성이 부족한 단점이 있다.

블랙보드 모델은 계층적인(상향식, 하향식)제어 방법에 상반되는 개념으로, 상향식 제어 방법과 하향식 제어 방법을 적절히 혼합한 상황식 제어방법으로 구현된다. 따라서 블랙보드 모델은 효과적인 문제 해결을 위해 미리 정해진 처리 순서를 따르지 않고, 현재 처리상황에 따라 다음에 처리될 작업을 선택하여 처리한다. 각 처리 단계에서의 결과는 문제 해결을 위한 부분해가 되고, 이들 부분해를 결합, 확장시켜 최종적인 해를 구해내게 되는 것이다.

구조가 복잡하여 영상에서의 표현이 다양한 형태로 나타나는 도로 영상 분석 문제에 대해서는, 보다 정확한 분석을 위하여 주어진 문제를 가정의 생성과 검증의 단계로 나누는 것이 바람직하다. 제어 모듈은 적절한 제어를 하기 위하여 제어 자료를 사용하여 자료선택, 지식원선택, 지식원 호출의 사이클로 구성되어 있다. 자료 선택을 위해 제어 모듈은 초기 가정 지역을 호출하게 된다. 이 때 제어 자료로는 가정의 생성단계

인가 또는 검증단계인가를 나타내는 현재 처리정보레벨과 초기 가정 내의 처리 지역의 MBR이 사용된다.

도로 영상을 분석하기 위한 제어 전략은 다음과 같다. 영상이해를 위해 도로 영상이 갖는 특성상 물체를 인식하는 과정에 계층을 부여하였다. 먼저 다른 영역들에 비해 특징적인 영역에 대해 위에서 설명한 바와 같이 초기 가정을 설정하고, 이들을 기본 처리 단위로 한다. 이 과정에서 현재 처리정보레벨은 가정 생성이 되고 처리 지역의 MBR은 현재 처리 지역이 없는 것으로 기록된다. 이러한 제어 자료를 각 지식원이 가지고 있는 선행 조건과 비교한 후 지식원이 작업을 할 수 있는 상황인가를 판단하게 된다.

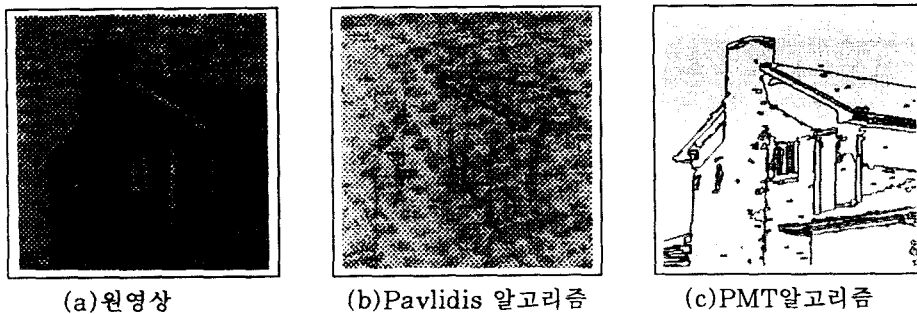
본 논문에서는 가정의 생성 및 검증을 위해 기본 처리 영역을 중심으로 내부에 존재하는 영역과 인접한 영역에 대해 가정을 생성한다. 이를 위해 제어 모듈은 현재 처리 지역의 타입에 따라 처리 지역 안에 존재 가능성이 있는 물체를 찾아 내고 이에 대한 가정을 설정한다. 이와 함께 현재 정보처리레벨의 값을 가정 생성으로 할당하고 현재 처리 지역은 초기 가정 지역내에 존재하는 물체의 MBR로 그 값이 할당된다. 가정 검증 단계의 작업은 현재 처리하고 있는 영역에 대한 가정과 이를 바탕으로 생성된 가정 사이의 관계를 조사하여 검증하게 된다. 여기서 생성된 가정들은 블랙보드에 있는 가정영역에 기록된다. 한 처리 지역이 끝나면 제어 모듈에 의해 다음 처리 지역으로 옮겨가 위 과정을 반복한다. 제어 모듈은 이러한 가정 생성과 검증의 반복 과정을 감시하고 적절한 지식원을 호출하기 위해 제어자료를 사용한다. 제어 자료는 현재 처리되고 있는 지역의 MBR과 처리레벨(가정, 검증)을 사용하였다.

4. Simulation 및 평가

본 논문에서 사용된 영상은 서울 시내에서 카메라로 도로를 촬영한 후 그레이스케일(gray scale)스케너로 디지털화한 영상을 선택하여 실험 대상으로 하였다. 영상의

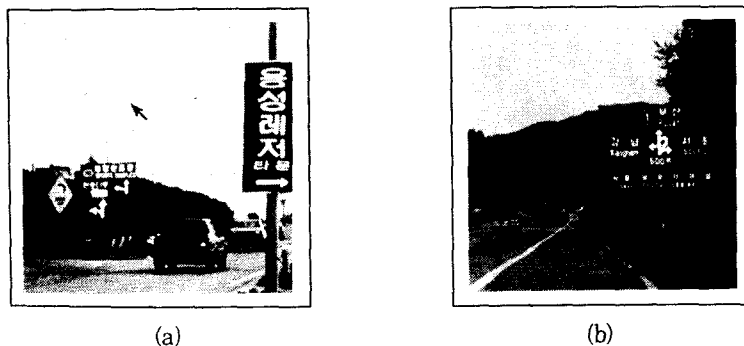
크기는 256 X 256 이고, 그레이 스케일은 256이다. 여기서는 실험을 위해 일반적인 도로 모습을 잘 보여주는 단순한 영상 2개를 선택하여 실험하고 인식결과를 보였다.

그림 7은 PMT영역분할 알고리즘에 의한 영역분할 결과와 대표적인 분리-병합 (split-merge) 알고리즘인 Pavlidis 알고리즘을 이용한 영역분할 결과를 나타낸 것이다. 기존의 분리-병합 알고리즘은 4진트리를 써서 영상을 표현하므로 자료구조가 복잡하고 많은 메모리를 사용하며, 영역의 국부적인 특성만을 테스트하므로 세밀한 영역 분할 결과를 얻을 수 없었는데 비하여 PMT 알고리즘에서는 좀 더 세밀하게 구분된 영역을 추출할 수 있었다.

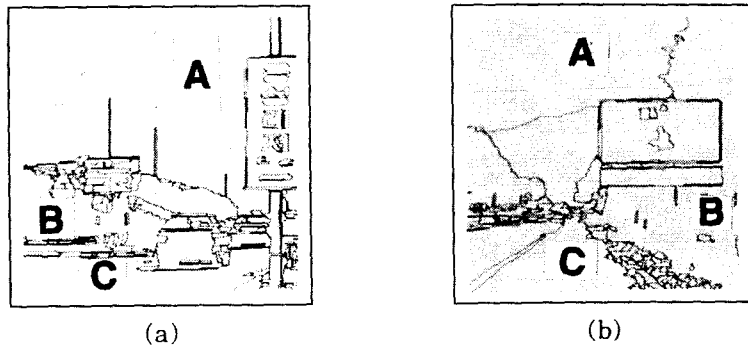


<그림 7> House 영상에 대한 영역분할 결과

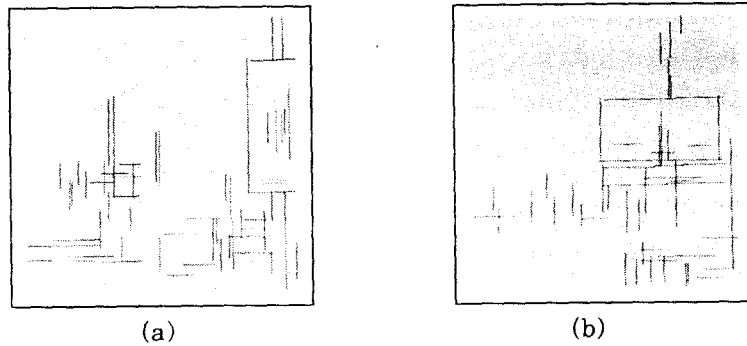
그림 8은 입력 영상의 예를 보이고 있다. 그림 8의 영상에 대하여 PMT 알고리즘을 적용시킨 영역 분할의 결과는 그림 9에 나타나 있다.



<그림 8> 입력 도로 영상



〈그림 9〉 PMT 알고리즘에 의한 영역 분할 결과



〈그림 10〉 입력 영상에서 수직, 수평 라인 검출 결과

영상데이터가 주어지면 그림 10과 같이 처리 과정에 따라 먼저 영역 정보와 수평, 수직 선분을 추출한다. 추출되어진 정보들은 시스템이 사용할 수 있는 자료 형태로 변경되어 블랙보드에 저장되게 된다. 다음으로 영상해석기(scene interpreter)에 의해 초기 가정을 설정한다. 이때에는 위에서 언급한 바와 마찬가지로 크기등의 특징 변화가 다른 영역들보다 비교적 안정적인 영역을 초기 가정 후보 지역으로 선택하여 블랙보드에 저장된 모델 지식과 비교하여 적절한 가정을 세운다. 그림8의 (a)와 (b)를 사용한 실험에서는 그림9의 (a)와 (b)에서 보는 바와 같이 A,B,C 3지역이 초기 가정 후보 지역으로 추출되었으며 모델 지식에 의해 A영역은 하늘로 B영역은 숲, C영역은 도로로 초기 가정이 설정되었다. 이 초기 가정들의 신뢰도는 모델지식이 가지고 있는 물

체에 대한 특징(초기 가정 생성시 사용한 특성을 제외한)과의 비교과정에서 모델지식이 갖는 슬롯들에 물체의 종류에 따라 서로 다른 가중치를 두어 계산 결과에 따라 서로 다른 확신도 값이 할당된다. 이렇게 초기 가정이 설정되고 난후, 이중에서 신뢰도가 가장 높은 그림 9의 (a)영상의 경우에는 A영역, (b)의 경우에는 C영역을 처리 지역으로 설정하였다. 처리 지역이 설정되면 그 내부에 있는 구멍(hole)이나 이웃 영역들에 대해 가정을 설정하게 된다. 우선 내부 영역의 가정 설정에 대해 살펴보면 A영역은 하늘이라고 초기 가정이 설정되었고, 하늘은 표지판 혹은 가로등을 내부 영역으로 가지고 있다는 지식에 의해 표지판과 가로등에 해당하는 영역을 찾게 된다. 해당 영역이 발견되면 그 영역에 해당 가정을 설정한다. 다음으로 인접 영역을 조사하게 된다. 그림 9의 (a)에서는 도로 표지판이 영역 A를 분할하고 있다. 따라서 영역A가 분할되었을 것으로 예측하고 도로 표지판의 반대편에서 시스템이 가지고 있는 모델 지식과 비교하여 하늘에 해당할 수 있는 영역을 찾게 된다. 그림 9의 (a)에서는 다음으로 신뢰도가 높은 숲(B지역)에 해당하는 초기 가정 영역에 대해 조사하고 (b)에서는 하늘(A지역)에 해당하는 영역을 조사한다. 도로라고 초기 가정이 설정된 영역에 대해 가정을 설정하고 도로 영상내에 자동차나, 중앙선에 해당하는 영역을 찾아내므로써 검증한다.

그림 11은 최종 인식 결과를 나타내 주고 있다. 이영상에서 인식된 부분은 각기 다른 색으로 나타내었으며 미인식된 부분은 흰색으로 나타내주었다.



〈그림 11〉 도로 영상에 대한 인식 결과

제안된 도로 영상 인식 시스템의 인식률은 그림 (a)의 경우 약 89%였고, (b)의 경우는 87.5%였다(픽셀수기준). 본 시스템이 몇 가지의 가정만을 근간으로 구성되었다는 것을 고려해 보면 그림 11과 같이 흰 부분이 별로 많지 않다는 점에서 좀더 많은 지식과 가정을 첨가하면 고신뢰도를 갖는 시스템의 구축이 가능해 질 것으로 예측되고 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 partition mode test에 의한 영역 분할, 블랙보드 시스템 및 도로에 존재할 수 있는 모델들에 대한 제한적인 지식을 이용하여 도로 영상 이해 시스템을 구현하였다. 블랙보드라는 공유 메모리에 모델에 대한 지식을 저장한 후, 이 지식과 각 지식원의 처리 결과를 비교하여 부분해를 만든 후 부분해들을 사용하여 점진적으로 블랙보드의 내용을 갱신함으로써 최종적인 해를 유도해 내도록 하였다. 다시 말하면 주어진 영상에 대해 영역의 특성을 근거로 가정의 생성과 검증을 반복하고 여기서 생기는 모순을 해결함으로써 블랙보드에 저장되어 있는 모델과 입력 영상에 존재하는 물체들을 서로 매핑시켜 기호적인 정보를 출력하도록 하였다. Simulation결과를 통하여 본 결과는 90%에 가까운 인식률을 보이고 있다. 시스템에 좀 더 많은 가정을 넣게 되면 인식률을 높일 수 있을 것으로 예측되고 있다. 현재 이와같은 시스템의 개발은 GPS를 이용한 무인자동차에서 디지털 지도의 제작과 함께 시급히 개발이 요구되는 상황이므로 보다 심도있는 연구가 지속적으로 수행되어야 할 것이다.

구현된 시스템을 기반으로 앞으로 개선할 점은, 도로 영상이 간단하고 물체들의 배치 상태가 서로 크게 가려 있지 않은 것에 대해서 연구를 하였으나 실세계에는 중첩(occlusion), 음영(shadow) 등 좀 더 복잡한 상태가 존재한다. 따라서 이들에 대한 특징 추출 및 분석 방법이 연구되어야 하겠다. 초기 처리인 영역 분할 방법인 PMT 알고리즘의 모드테스트 기준을 좀 더 강화하여 영역의 변화를 융통성 있게 반영할 수 있도록

록 하여야하고, 분리-병합시 사용할 수 있는 임계값을 주어진 영상에 맞게 자동적으로 찾아낼 수 있는 방법을 생각하여야 한다. 흑백 영상을 데이터로 사용하여 명암정보나 물체의 형태만을 가지고 가정의 설정 및 검증을 하였지만, 색깔정보를 이용한다면 좀 더 쉽게 특징을 추출할 수 있으리라 예상되고 있다.

참고문헌

1. T. Binford, "Survey of Model Based Image Analysis Systems", *Int. Journal of Robotics Research*, vol. 1, pp. 587-633, 1987.
2. R. A Brooks, "Symbolic Reasoning Among 3-D Models and 2-D Images", *Artificial Intelligence*, vol. 17, pp. 285-348, 1981.
3. T. Pavlidis, *Algorithms for Graphics and Image Processing*, Computer Science Press, 1982.
4. Minsoo Suk, "A New Segmentation Technique Based on Partition Mode Test", *Pattern Recognition*, vol. no. 5, pp. 469-480, 1983.
5. R. Englemore and T. Morgan, *Blackboard Systems*, Addison-Wesley, 1988.
6. H. P. Nii, "Blackboard Systems: The Blackboard Model of Problem Solving and the Evolution of Blackboard Architecture", *The AI Magazine*, pp. 38-53, Summer 1986.
7. H. P. Nii, "Blackboard Systems: The Blackboard Application Systems, Blackboard Systems from a Knowledge Engineering Perspective", *The AI Magazine*, pp. 82-106, Summer 1986.
8. D. M. Mckeown, W. A. Harvey and J. Mcdermott, "Rule-Based Interpretation of Aerial Imagery", *IEEE Trans. on PAMI*, vol. PAMI-7, no. 5, pp. 570-585, September 1985.
9. B. A. Draper, R.T. Collins, J. Brolio, A. R. Hanson and E. M. Riseman, "The Schema System", *Int. Journal of Computer Vision*, vol. 2, pp. 209-250, 1989.
10. A. R. Hanson and E. M. Riseman, "VISIONS: A Computer System for Interpreting Scenes", in *Computer Vision Systems*, New York:

- Academic Press, pp. 303-333, 1978.
11. 권오성, "규칙을 이용한 영상이해 시스템의 구성에 관한 연구", 중앙대학교, 석사 학위 논문, 1988.
 12. Y. B. Kwon, "An Implementation of a Structural Image Understanding System using AI Techniques", *KITE J. of EE*, vol. 1, no. 1, pp. 89-93, 1990.
 13. Y. B. Kwon et al., "Development of a Rule-Based Image Understanding System", *IEEE ICIP*, pp. 131-135, 1989.
 14. 방수남, 최형일, "지식 기반에 기반을 둔 컴퓨터 시각 시스템에 있어서 지식 표현 및 제어 전략에 관한 연구: 흑판 모델을 이용한 항공 사진 해석 시스템", *정보과학회 논문지*, vol. 17, no. 5, pp. 605-618, 1990.
 15. 김일영, 양현승, "블랙보드 모델을 이용한 지식 기반의 영상이해 시스템", *한국정보과학회 논문지*, vol. 17, no. 3, pp. 317-327, 1990.
 16. D. H. Ballard and C. M. Brown, *Computer Vision*, Prentice Hall, 1982.
 17. C. E. Thorpe, *Vision and Navigation*, Kluwer Academic Publishers, 1987.
 18. R. C. Gonzalez and P. Wintz, *Digital Image Processing*, Addison-Wesley, 1987.
 19. R. Nevatia and K. Ramesh Badu, "Linear Feature Extraction and Description", *Computer Graphics and Image Processing*, vol. 13, pp. 257-269, 1980.
 20. M. Nagao, T. Matsuyama and Y. Ikeda, "Region Extraction and Shape Analysis in Aerial Photographs", *Computer Graphics and Image Processing*, vol. 10, pp. 195-223, 1979.

Road Image Understanding System Based on the Blackboard Architecture

Young-Bin Kwon

Abstract

In this paper, a blackboard-based road image understanding system is implemented. The 7 useful information which organized by the hierarchical manner are stored in the blackboard system. The 6 knowledge source modules and the blackboard make the communications under the supervision of the control module. For a scene, each hypothesis is generated and then verified for every meaningful object. On the simulation results, the correct recognition ratio can be reached out 90%. It shows that the extraction of road information for the autonomous navigation can be obtained using the blackboard architecture.

Department of Computer Engineering
Chung-Ang University
Seoul 156-756, Korea