

논문 2000-9-1-09

옥외 환경 하에서의 이상영역 검출을 위한 시각 감시 시스템의 구축 서 원 찬

Vision Sensor System for Abnormal Region Detection under Outdoor Environment

Seo, Won-Chan

요 약

본 연구에서는 옥외의 변화하는 환경 하에서의 시각 감시 시스템의 구축을 목적으로 복수의 처리모듈에 의한 능동적인 처리가 가능한 이상영역 검출의 알고리즘을 개발하였다. 또한 개발한 알고리즘의 특성 및 그 효과를 상승시키기 위하여 병렬처리 네트워크를 구성하였다. 실험을 통하여 개발 시스템이 옥외의 변화하는 환경 하에서 강건하면서 고성능으로 작용하는 것을 확인하였다.

Abstract

In this paper, an algorithm was developed to construct a vision sensor system that can detect abnormal region under ever changing outdoor environment. The algorithm was implemented on parallel network system consist of multi-processors according as it's properties to enlarge it's features. From experiments using real scenes, the algorithm was adaptive to ever changing outdoor environmental conditions and it was confirmed that the system is robust and effective.

1. 서론

자동화 기술은 단순·단일작업에서의 인간의 대행 기계로 시작하여 현재 더욱 복잡하고 넓은 범위에 걸쳐서 강하게 요구되고 있는 긴급한 과제이다. 특히 자동화 기술 개발 분야에서는 컴퓨터 기술의 진보와 함께 센서 기술 개발의 필요성이 부각되고 있다. 이는 센서기술의 좋고 나쁨이 자동화 시스템 전체의 성능에 직접적인 영향을 미치기 때문이다^{1, 2, 3}.

한편, 시각 센서에 의해 획득되는 영상에는 방대한 양의 정보가 포함되어 있으며 이의 효과적인 획득법을 개발할 수 있다면 뛰어난 성능을 가진 자동화 시스템의 구축에 대한 가능성은 매우 높다할 수 있다^{4, 5}.

시각센서를 이용한 자동화 시스템에 있어서 이상영역 검출은 처리하는 정경으로부터 대상이 되는 이상영역을 검출하는 기법으로서 시각 감시 시스템을 시작으로 많은 분야에서의 영상처리·인식시스템에 있어서 가장 중요한 기반기술의 하나로 많은 알고리즘이 제안되었다¹⁻⁷.

이들 기존 알고리즘은 처리하고자 하는 대상정경에 대한 사전에 설정한 예비지식을 이용하여 조명조건 혹은 환경조건을 불변하는 것으로 가정한 제한된 환경 하에서의 알고리즘 개발에 중점을 두고 있다. 또한 그 성능의 향상을 위한 시도는 적용하는 알고리즘의 확장에 의한 것으로 이용하는 알고리즘에는 고유의 불확실성이 존재하기 때문에 근본적으로 대처 불가능한 처리를 비롯하여 처리량의 증가에 비하여 효과는 그다지 기대할 수 없다^{3, 6, 7}.

부경대학교 생산가공공학과 (Dept. of Production and Joining Eng., Pukyong National Univ.)

<접수일자 : 1999년 11월 21일>

이 때문에 그 적용조건이 다양하게 변화하는 환경에 직면하는 경우에는, 특히 실제문제를 고려한 옥외환경 하에서는, 보다 많은 혼란요소의 존재에 의해 기존의 알고리즘의 성능은 현저하게 저하된다. 따라서 옥외환경 하에서의 이상영역 검출 알고리즘의 개발에는 ‘알고리즘 고유의 불확실성에 대처 가능할 것’, ‘알고리즘 적용에 이용하는 예비지식을 감소시킬 것’, ‘대상 정경에서의 환경변화를 고려할 것’ 등의 문제해결이 필요하다^[4, 5, 9].

본 연구에서는 상기의 기존 알고리즘의 문제점 해결을 위하여 이상영역 검출 알고리즘의 개발에 대한 새로운 시도으로써 알고리즘의 구성론적 관점에서의 다수의 처리모듈(module)에 의한 능동적인 처리가 가능한 알고리즘을 개발한다. 알고리즘의 개발에는 불확실성의 저감, 지식의 누적과 이용, 환경변화에의 대응이라는 생각에 기초하여 서로 다른 특징 및 상호 보완적인 기능을 가진 4개의 처리모듈이 공통의 목적을 달성하기 위한 능동적인 처리형태를 취한다. 또한 개발 알고리즘은 기존의 알고리즘과 비교하여 처리량의 증가 및 모듈간의 정보교환의 문제를 가지고 있으므로 이들 문제를 해결하고 개발 알고리즘의 특성 및 그 효과를 상승시키기 위하여 멀티프로세서(multi-processor)에 의한 병렬처리 네트워크를 구성하고 실제의 영상을 이용한 실험을 통하여 감시 시스템으로서의 유효성을 확인하였다.

II. 옥외환경 하에서 변화영역의 생성요인과 특징

본 연구에서 개발하는 알고리즘은 시각 감시 시스템이 필요로 하는 가장 기본적 기능의 하나인 ‘이상영역의 검출’을 대상으로 하였다. 이상영역 검출법은 처리의 대상이 되는 정상상태에 있는 정경영상(배경영상)과 현 시각에 획득한 영상(입력영상)과의 사이에 차이가 있는 영역(변화영역)을 검출하고 특정요인에 의한 의미 있는 영역(이상영역)의 존재유무를 판정하는 기법이다.

배경영상과 현 시각의 입력영상과의 비교에 의하여 나타나는 변화영역을 그 변화를 일으키는 요인에 따라 크게 두 가지로 분류하면 환경요인과 물체출현요인으로 나눌 수 있다. 환경요인에 의한 변화영역은 기후, 일조조건, 기상조건의 변동에 의한 입력영상의 전체 혹은 국부적인 농도 변화에 의해 나타나며, 물체출현요인

에 의한 변화영역은 사람, 동물, 차량 등의 물체의 출현에 의한 입력영상 중의 농도 변화에 의해 생성된다. 이상영역 검출법은 상기의 요인 중에서 물체출현요인에 의한 변화영역의 유무를 판정하는 것이므로 시스템의 성능에 악영향을 미치는 환경요인의 영향을 충분히 고려하여 제거하여야 한다.

환경요인에 의한 변화영역의 특징으로서는

- 농도변화가 어떤 임계값 이하이다.
- 직선성분이 많이 포함되어 있다.
- 변화영역의 면적이 극단적으로 크거나 매우 작다.
- 물체출현요인에 의한 변화영역과 비교하여 천천히 변화한다.

또한 물체출현요인에 의한 변화영역의 특징은

- 농도변화가 어떤 임계값 이상이다.
- 정해진 형상을 가지고 있다.
- 적정 크기의 면적을 가진다.
- 환경요인에 의한 변화영역과 비교하여 급격히 변화한다.

이들 특징은 입력영상에서 검출한 변화영역을 구분하여 이상영역의 존재유무를 판정하는 데 효과적으로 이용할 수 있다. 변화영역의 평균농도, 형상, 면적 등을 계속하여 처리에 앞서 설정한 임계값(a와 a', b와 b', c와 c' 및 d와 d'가 각각 대응)과의 비교에 의하여 환경변화에 의한 변화영역인지 물체출현요인에 의한 변화영역인지를 알 수 있다.

III. 이상영역 검출의 알고리즘

1. 감시대상물의 검출

시각 감시 시스템을 개발하기 위한 이상영역 검출 알고리즘의 구성에는 불확실성의 저감, 지식의 누적과 이용, 환경변화에의 대응을 도모하였다. ‘불확실성의 저감’은 단일의 알고리즘을 이용할 경우에 발생할 수 있는 알고리즘 고유의 정보 결손 및 불확실한 정보를 보완하기 위한 대책으로 이를 위하여 동일한 변화영역 검출의 기능을 가진 2개의 처리 모듈을 이용하였다. ‘지식의 누적과 이용’은 감시의 대상이 바뀌면 그에 따라 시스템의 처리개시에 앞서 획득해야 하는 정경에 대한 사전지식을 이용하지 않고 시스템의 동작이 개시되어 처리가 진행되면서 얻어지는 처리 결과를 누적하여 대상영역에 대한 지식으로서 이용하려는 것이다. 또

한 '환경변화에의 대응'은 시스템의 적용환경이 육외이므로 빈번히 변화하는 외부환경에 대하여 시스템을 능동적으로 적응시키기 위하여 배경영상을 순차적으로 경신하여 시간의 경과에 따른 환경변화에 적극 대응한다.

상기의 목적을 달성하기 위하여 4개의 처리모듈을 고안하였으며 4개의 처리모듈은 서로 보완적인 기능을 가지면서 능동적으로 공통의 목적을 달성하도록 구성하였다.

2. 변화영역 검출모듈

감시 대상물을 직접적으로 검출하기 위해서 이용한 2개의 검출모듈은 본 절의 변화영역 검출모듈(changed region detection module, CRDM)과 다음절의 이동물체 검출모듈이다. 처리의 대상이 되는 정경영상에서 목적으로 하는 감시대상물을 검출하기 위해서 알고리즘에 따라서는 처리개시 전에 배경영상을 구성할 필요가 있다. 배경영상은 농도값이 전혀 변화하지 않든지 혹은 농도변화가 있어도 입력영상에 존재하는 감시대상물의 농도변화와 비교하여 천천히 변화한다고 가정하였다^[5]. 연속하여 입력되는 영상을 비교하여 영상 중에서 농도값이 비교적 안정한 부분을 이용하여 배경영상을 구성하였다. 최초로 구성된 배경영상을 초기배경영상이라 부른다. 초기배경영상은 3.3절의 MODM을 이용하여 구성하였다. 즉 MODM에서 검출된 감시대상물의 영역을 제외한 나머지 부분이 배경영상에 해당된다.

이 모듈에서는 MODM에서 초기배경영상이 형성되어 그 데이터가 본 CRDM에 전송되면 처리가 개시된다. 배경영상과 어떤 시각의 입력영상과의 비교에 의하여 그 시각의 이상영역을 검출한다. 이 모듈에서 변화영역을 검출하는 원리를 그림 1에 나타낸다. 그림 1에 나타낸 바와 같이 본 모듈에서의 처리는 미리 구성된 배경영상과 현 시각의 입력영상을 이용하여 차분영상을 계산한다. 차분영상에 대한 농도값의 변화를 2치화하고 임계값을 초과한 부분을 변화영역으로서 검출한다^[6].

이 모듈에서는 미리 구성된 배경영상과 현 시각의 입력영상과의 비교에 의해 입력영상 중에 포함되어 있는 배경성분과 변화영역성분을 분리하므로 후술의 MODM에서는 검출할 수 없는 입력영상 중에 정지하고 있는 물체가 존재하는 경우 및 그 농도값이 일정한 경우에도 어려없이 처리를 진행할 수 있다. 그러나 현

시각의 입력영상에 급격한 광도의 변화에 의한 넓은 부분에 걸쳐 농도가 변화하는 경우에 본 모듈에서는 그 전부분을 변화영역으로 판단한다. 후술의 MODM에서는 본 모듈과는 다르게 연속한 입력영상을 이용하므로 이러한 경우에도 변화영역을 정확히 식별할 수 있는 특징이 있다.

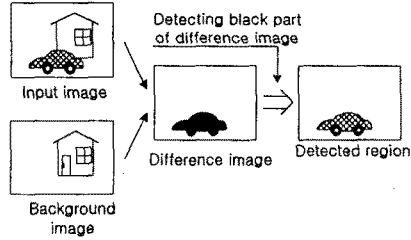


그림 1. 변화영역 검출모듈에서의 검출원리
Fig. 1. Principle of changed region detection module.

3. 이동물체 검출모듈

이동물체 검출모듈(moving object detection module, MODM)은 CRDM과는 다르게 배경영상을 이용하지 않고 3장의 연속하여 입력된 입력영상을 이용하여 그 속에 출현하고 있는 감시대상물의 영역을 검출한다. 3장의 입력영상을 이용하여 그 속에 포함되어 있는 감시대상 영역을 검출하는 원리를 그림 2에 나타낸다. 그림 2에 나타낸 바와 같이 입력영상1과 입력영상2의 비교에 의한 차분영상1을 계산한다. 이와 동일하게 입력영상2와 입력영상3의 비교에 의한 차분영상2를 계산하고 차분영상1과 차분영상2를 각각 2치화하고 두 영상의 논리적에 의하여 논리영상을 계산한다. 논리연산에서 남겨진 부분이 입력영상2에서의 변화영역이다. 이 조작을 연속하여 입력된 영상에 대하여 반복 계산한다.

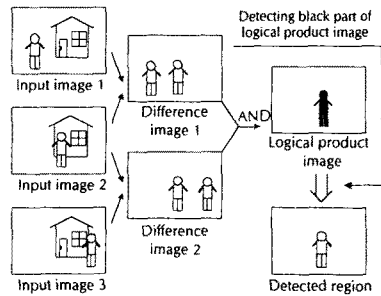


그림 2. 이동물체 검출모듈에서의 검출원리
Fig. 2. Principle of moving object detection module.

이 모듈에서의 처리는 연속적으로 입력되는 영상 간의 비교에 의하여 각각의 입력영상에서 변화영역을 빠르게 검출할 수 있다는 점에서 전술의 CRDM보다 뛰어나다. 그러나 입력영상 중에 감시대상물이 정지하고 있는 경우 및 감시대상물의 농도값이 거의 일정하면서 아주 천천히 이동하는 경우에 본 모듈에서는 변화영역을 검출할 수 없다.

4. 배경 기술모듈

CRDM과 MODM의 처리의 결과 근본적으로는 배경에 속하지만 농도값의 불안정으로 인하여 이상영역으로 결정되는 영역이 있다. 그 전형적인 예는 바람에 의한 나무의 흔들림 혹은 반복 작업을 하는 로봇의 팔을 들 수 있다. 이후 배경영역이면서 그 농도값이 불안정한 영역을 배경변화영역이라 부른다. 이러한 배경변화영역의 식별은 처리에 앞서 영상평면 상에 마스크를 설정하고 이 영역에서의 변화를 무조건 무시한다고 하는 것이 일반적인 방법이다. 그러나 이러한 문제지향적 알고리즘 개발은 처리의 대상이 바뀔 때마다 예비지식으로서의 마스크를 바꿀 필요가 있고 더욱이 환경의 변화에 의하여 앞서 설정한 지식이 예상과 다를 경우에는 시스템의 성능에 심각한 역효과를 초래하는 경우도 발생한다^{13, 7)}.

따라서 배경변화영역을 식별하기 위하여 이상영역에 대한 출현빈도와 그 운동방향의 변화를 이용하여 처리의 경과에 따라 처리대상 정경에 대한 지식의 자동획득을 시도하였다. 이를 위하여 배경 기술모듈(background description module, BGDM)에서는 검출된 변화영역에 대한 출현빈도의 계산과 운동방향의 변화를 누적 계산하기 위하여 두 개의 버퍼를 준비하였다. 두 개의 버퍼에는 각각 영상평면의 전체 화소수에 대응한 카운터를 설정하였다. 출현빈도의 계산은 검출 모듈에서 검출된 이상영역에 대응하여 이상영역에 해당하는 위치의 카운터를 누적하여 증가시키고 그 최대값이 정해진 값 이상이 되면 영역분할을 실시한다. 이와 함께 운동방향 변화의 계산을 위한 버퍼의 카운터는 운동방향을 8방향으로 바꾸어 운동방향의 변화에 대하여 누적 계산하였다.

그림 3에 이상영역의 운동방향 변화를 계산하기 위한 무게계수가 있는 카운터를 나타낸다. 이상영역의 운동방향 변화는 3장의 연속된 입력영상을 이용하여 계산하였다. 먼저 2장의 입력영상 중에 최초 1장 째의 입

력영상에서 검출한 이상영역에 대하여 그 중심의 위치를 구하여 2장 째의 입력영상에서의 이상영역과의 유사도를 템플릿 매칭(template matching)에 의해 계산하고 동일 감시물체인지의 여부를 판단한다. 만일 동일물체인 경우 이때의 운동방향(그림 3에서 원내의 0에서 7까지의 8방향)을 구하여 기억해 둔다. 이로써 운동방향의 초기값이 구하여 진다. 그림 3은 운동방향의 초기값을 0으로 가정한 경우이다. 다음에 3장 째의 입력영상에 대하여 상기와 동일한 처리를 실시하여 운동방향을 구하고 2개의 운동방향의 차(그림 3에서 삼각형 내의 0에서 4까지의 숫자)를 계산한다. 이에 의하여 동일물체에 대한 운동방향의 변화는 구할 수 있으며 어느 정도의 오차가 포함된 경우를 고려하여 각각을 -1에서 3까지의 무게계수(그림 3에서 사각형 내의 숫자)를 이용하여 이상영역에 해당하는 위치의 카운터를 누적계산한다. 상기의 계산을 연속한 입력영상에 대하여 반복한다.

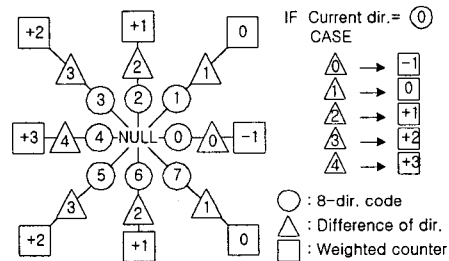


그림 3. 배경 기술모듈에서의 운동방향변화에 따른 무게계수

Fig. 3. Weighted counter to moving direction change of background description module.

출현빈도 및 운동방향 변화의 계산에 의하여 얻어진 감시영역에 대한 정보를 이용하여 영상평면을 배경안정영역, 배경변화영역, 물체출현영역의 3개의 영역으로 분할 할 수 있다. 출현빈도가 낮은 부분은 배경안정영역이며 그 외의 영역은 물체출현영역이거나 배경변화영역이다. 이 중에서 운동방향 변화가 빈번한 영역은 배경변화영역이며 나머지 영역은 물체출현영역이다. 이와 같이 분할된 영상평면에 대한 정보는 대상 정경에 대한 지식으로써 이용할 수 있으며 검출모듈에서 서로 다른 무게계수로 검출처리에 활용하였다. 물체출현영역에서의 변화영역은 감시대상물의 출현에 의한 변화영역일 가능성이 높으므로 이 영역에서의 변화에 대해서

는 시스템이 민감하게 반응하도록 하였고 배경변화영역에서의 변화는 무시한 처리를 하게 함으로써 시스템의 성능향상을 도모하였다.

5. 배경 경신모듈

상기의 3개의 처리모듈에 의하여 감시대상물 영역을 정확히 검출할 수 있게 되었다 할지라도 시간의 경과에 따른 배경 자체의 변화가 있을 경우에는 시스템의 정상적인 성능을 보장할 수 없게 된다. 따라서 수시로 변화하는 배경에 대한 적극적 대응을 목적으로 시스템에 배경 경신모듈(background renewing module : BGRM)을 추가하였다. 배경영상의 경신은 식 (1)을 이용하였다. 입력영상에서 변화영역을 제외한 현 시각의 새로운 배경영역의 정보와 기존의 배경영상과의 유사적분을 계산하여 배경영상을 경신하였다. 이때 n 은 배경을 경신하는 속도로서 n 을 작게 하면 배경의 변화에 민감하게 대응할 수 있으나 그만큼 불안정하게 된다. 여기서는 $n=1$ 로 하여 외부환경의 변화에 적극적인 대응을 도모하였다.

$$B(i, j, t) = \frac{(2^n - 1)B(i, j, t-1) + \{I(i, j, t) - O(i, j, t)\}}{2^n} \quad (1)$$

- 여기서, $B(i, j, t)$: 시각 t 에 생성된 배경영상의 위치 (i, j) 에 대한 농도값
- $I(i, j, t)$: 시각 t 에 입력된 입력영상 위치 (i, j) 에 대한 농도값
- $O(i, j, t)$: 시각 t 에 검출된 변화영역의 위치 (i, j) 에 대한 농도값
- n : 임의의 정수($n \geq 1$)

6. 4개의 처리모듈에 의한 이상영역의 검출

4개의 처리모듈은 처리의 개시 후에 한참 동안은 독립적으로 처리를 진행하다가 어느 정도 각각의 모듈에서의 정보가 정리되면 상호의 정보를 교환하며 서로의 정보를 참조하여 처리를 시작한다. 4개의 처리 모듈에 의한 이상영역의 검출처리를 정리하면 다음과 같다.

- 단계 1 : 연속한 입력영상에서 어떤 변화가 나타나면 배경추출을 위한 처리를 개시한다. 이 단계에서는 배경영상이 구성되기 전이므로 MODM에서만 처리를 실시하고 그 결과를 이용하여 초기의 배경영상을 구성한다.
- 단계 2 : 단계 1에서 구성된 초기배경영상이 BGRM

및 CRDM에 송신되면 이 시점에서 시스템을 구성하는 4개의 모듈이 본래의 주어진 처리를 개시한다.

- 단계 3 : 동일한 입력영상에 대하여 BGDM 및 BGRM에서의 정보를 참조하여 CRDM 및 MODM에서 처리가 진행되고 두 개의 모듈에서의 결과는 서로 비교되어 보다 높은 확신도의 결과만이 선택된다. 이때 이상영역의 존재 유무가 인식된다. 또한 변화영역의 정보는 BGDM으로 이상영역의 정보는 BGRM에 송신된다.
- 단계 4 : BGRM에서는 수신된 입력영상의 정보에서 이상영역의 정보를 제외한 배경영상의 정보를 이용하여 배경영상을 새롭게 경신하여 CRDM에 송신한다.
- 단계 5 : BGDM에서는 변화영역의 정보를 이용하여 영상평면에서의 변화영역의 출현빈도 및 운동 방향의 변화를 계산하고 단계 3의 처리로 되돌아간다. BGDM에서 기술된 영역정보는 2개의 검출모듈에 송신되어 영역별로 다른 무게계수를 이용한 검출처리를 실시하게 한다.

상기의 4개의 모듈에 의한 이상영역의 검출처리는 처리개시 후 한참 동안은 각각의 모듈이 독립적으로 처리를 진행하다가 시간의 경과와 함께 각각의 모듈에서의 정보가 준비된 시점에서 서로의 정보를 교환하면서 처리를 진행한다. CRDM, MODM 및 BGRM에서는 보다 정확한 정보를 추출하고 BGDM에서는 그 결과를 지식으로서 누적하고 개량한다. 또한 이 지식을 검출모듈에서 재이용하는 능동적 처리에 의하여 전체 시스템에 대한 상승적 효과를 기대할 수 있다.

IV. 병렬처리 네트워크의 구성

4개의 처리모듈에 의한 개발 알고리즘은 단일처리모듈과 비교하여 처리량의 증가를 초래한다. 또한 알고리즘의 특성상 동시에 4개의 모듈이 실행되어야 하며 서로의 정보를 자유롭게 교환할 수 있어야 한다. 멀티프로세서에 의한 병렬처리 네트워크는 시스템 구성의 유연함과 확장의 용이함을 장점으로 가지고 있으며 개발 알고리즘의 특성에 적합하므로 시스템 구축에 이용하였다.

1. 병렬처리 네트워크의 구성

시각 감시 시스템은 전체 19개의 Transputer(T805, Inmos Co. Ltd.)에 의한 병렬처리 네트워크를 구성하고 개발 알고리즘을 적용하였다. 알고리즘의 기술은 병렬처리를 언어 OCCAM으로 작성하였다^[10, 11].

시각 감시 시스템의 구성은 그림 4에 나타난 것과 같이 병렬 영상 입력 장치와 트랜스퓨터 16매 그리고 호스트 컴퓨터와 이에 장착된 루트 트랜스퓨터의 최대 19개의 트랜스퓨터로 구성하였다. 호스트 컴퓨터는 man-machine interface로서의 기능을 하며 루트 트랜스퓨터는 프로그램을 서버 트랜스퓨터에 다운 로딩하는 기능과 처리된 데이터를 보존하는 기능을 한다. 그리고 영상입력 및 전처리를 행하는 병렬 영상 입력 장치, 영역검출, 특징량 추출 및 인식 등을 행하는 서버 트랜스퓨터에 의한 고차 처리부로 구성된다.

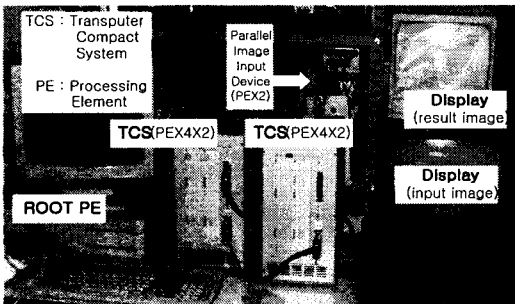


그림 4. 시각 감시 시스템의 구성
Fig. 4. Hardware configuration of vision sensor system.

구성한 병렬처리 네트워크를 그림 5에 나타낸다. 그림에서 나타낸 바와 같이 전체의 처리는 병렬화에 의한 통신량 및 처리량의 증가를 억제하기 위하여 2개의 그룹(Group 1과 Group 2)에 의한 병렬처리가 진행되도록 하여 응답성의 향상을 도모하였다. 또한 각각의 그룹에서는 병렬분산처리 및 파이프라인처리에 의하여 처리가 진행되게 하였다. 알고리즘의 적용에는 각각의 프로세서에 부하가 균등히 배분되도록 함과 동시에 처리 모듈간의 자유로운 정보의 교환이 이루어지도록 배려하였다.

2. 네트워크 상의 처리 흐름

구축한 병렬처리 네트워크 상의 처리 흐름을 그림 6에 나타낸다. 그룹1에서는 경로1-1 및 경로1-2로부터

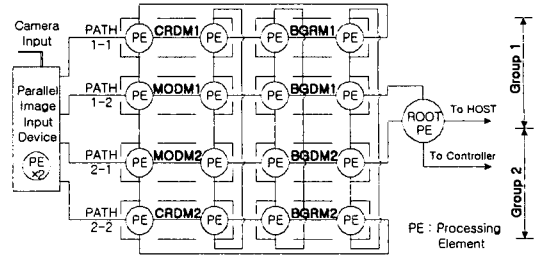


그림 5. 이상영역 검출법의 병렬처리 네트워크
Fig. 5. Parallel network for abnormal region detection.

의 *i*번째 입력영상에 대하여 CRDM1 및 MODM1에서 처리를 실시하고 각각의 결과는 비교되어 BGRM1 및 BGDM1에 송신된다. 계속된 입력영상인 *i*+1번째 입력영상은 그룹2의 경로2-1 및 경로2-2를 통하여 입력되어 처리된다. 그룹1과 그룹2가 번갈아 가며 연속된 입력영상에 대하여 처리를 진행하면서 처리모듈간 및 그룹간의 정보 교환을 실시한다. 이상의 처리는 각각의 처리 모듈이 연속하여 쉽없이 효율적으로 동작한다.

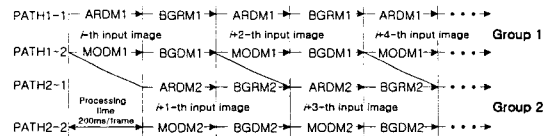


그림 6. 병렬처리 네트워크 상의 처리 흐름
Fig. 6. Processing flow of constructed parallel system.

V. 옥외 환경 하에서의 실험 및 고찰

구축한 시각 감시 시스템의 성능을 평가하기 위하여 옥외의 자연환경 하에서 실험을 실시하였다. 실험에 이용한 입력영상은 건물의 3층에 설치한 비디오 카메라로 맞은 편 건물의 출입구를 촬영하였다. 일조 조건과 바람의 조건이 다른 2일에 걸쳐 합계 4시간의 영상으로부터 비교적 감시 대상물의 출현이 많은 시간대의 연속한 10,000프레임의 영상을 이용하여 실험을 실시하였다. 실험에서의 영상은 256×240×8bit로 양자화 하였다.

1. 이상영역 검출의 실험 결과

그림 7에 처리개시 후 약 3분 경과된 뒤(1,000프레

입)의 BGDM에서 계산된 결과를 나타낸다. 그림 7(a)는 변화영역의 출현빈도를 나타낸다. 어두울 수록 변화 영역의 출현빈도가 높다. 또한 그림 7(b)에 이때의 운동방향의 변화를 나타낸다. 운동방향의 변화가 심한 영역이 어둡게 나타나 있다. 그림 7(a) 및 그림 7(b)의 결과를 이용하여 감시 영역에 대한 배경 기술의 결과를 그림 7(c)에 나타낸다. 그림 7(a)에서 그림 7(b)의 배경 변화영역을 제외한 어두운 영역이 물체출현영역임을 알 수 있다.

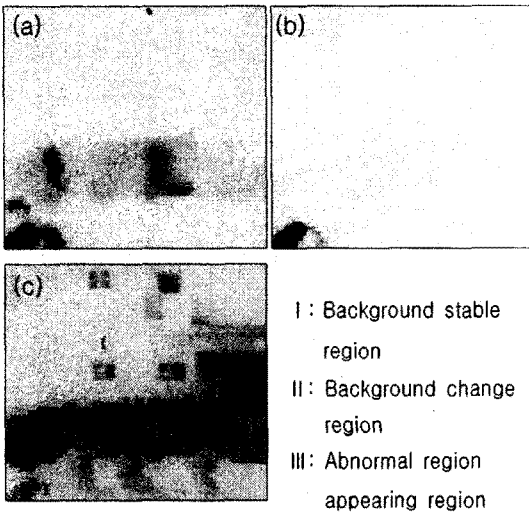


그림 7. 배경 기술모듈에서의 계산 결과 : (a) 출현빈도, (b) 운동방향의 변화 및 (c) 배경 기술의 결과

Fig. 7. Results of background description module : (a) appearance frequency, (b) moving direction change and (c) divided 3 regions of image plane.

구축한 시각 감시 시스템을 이용한 전체의 영상을 처리한 결과를 표 1(a)에 나타낸다. 비교를 위하여 CRDM 및 BGRM에 의한 시스템을 구성하고 처리의 결과를 표 1(b)에 나타내었다. 일련의 연속된 영상의 처리로 인하여 각각의 입력영상에 대한 직접적인 비교는 불가능하지만 표 1(a)와 표 1(b)의 비교에서 구축한 시스템의 정도향상은 이상영역에 대한 검출성능의 향상과 배경변화영역과 같은 혼란요소에 능동적인 대응이 가능했다는 것을 의미하고 있다.

그림 8에 검출된 이상영역의 예를 나타낸다. 그림 8(a)는 그림 7(c)의 영역기술정보를 이용한 결과이며

표 1. 검출된 이상영역의 수: (a) 구축한 시스템 및 (b) CRDM과 BGRM에 의한 결과

Table 1. Number of detected abnormal region : (a) constructed system and (b) CRDM & BGRM.

		(a)						(b)						Unit(%)			
Det	Cor	0	1	2	3	4	5	6	0	1	2	3	4	5	6		
0	98	2							96	4							0
1	1	97	2				0		1	95	5						
2	8	87	6					2	8	80	11	1					
3	6	10	83	1				3		16	80	4					
4	0	7	12	81				4	0	19	76	5					
5		3	6	11	79	1		5		12	18	68	2				

Det. : Detected number Cor. : Correct number

그림 8(b)는 CRDM 및 BGRM에 의한 처리의 결과이다. 이 결과로부터 배경변화영역에서 나무의 흔들림과 같은 시스템의 성능에 악영향을 미치는 요소가 제거되었으며 물체출현영역에서의 검출이 적극적으로 이루어졌음을 알 수 있다.

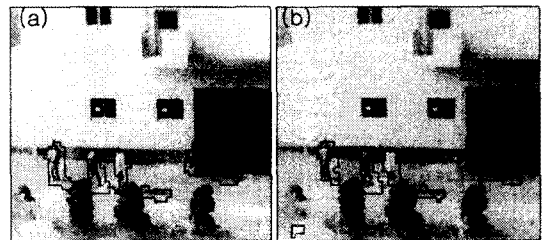


그림 8. 이상영역 검출의 예: (a) 구축한 시스템, (b) CRDM & BGRM

Fig. 8. Detected abnormal regions : (a)constructed system and (b) CRDM & BGRM.

2. 실험결과에 대한 검토 및 고찰

상기의 결과로부터 단독의 검출처리 모듈을 이용한 단일수동처리의 기존 시스템과 복수의 검출처리 모듈을 이용한 환경변화에 능동적으로 대처한 복수능동처리의 개발 시스템을 비교하여 기존 시스템에서의 잘못된 검출결과(에러)가 일어날 수 있는 경우에 대하여 개발 시스템의 신뢰성에 대해서 검토하였다. 복수능동처리에 의한 시각 감시 시스템의 에러에 대한 대책의 정도를 정리하여 표 2에 나타낸다.

표 2에서의 에러발생의 경우는 단일 알고리즘을 이용한 기존의 시스템에서 잘못된 검출결과가 일어나는 상황에 대해 나타낸 것이다. 또한 「○, △, ×」 표시는

기존 시스템에서 잘못된 검출결과가 일어나는 상황에 대하여 개발 시스템을 구성하는 4개의 처리모듈의 각각에 대한 대응가능성을 나타내는 것으로 ○표는 대응가능, △표는 어느 정도 대응가능, ×표는 대응불가를 의미한다. 비교관의 표시는 전체 시스템으로서의 대응가능성에 대하여 나타낸 것이다. 단일수동처리의 기존 시스템으로는 대부분의 경우(표 2의 예외 발생 경우)에 에러를 피할 수 없다. 그러나 복수능동처리의 개발 시스템은 대부분의 에러에 대하여 상당히 개선되었음을 알 수 있다.

표 2. 시스템의 에러에 대한 대책

Table 2. Counter-plan to errors.

Case of Error Occurance	CRDM	MODM	BGDM	BGRM	Remark
1. 감시대상물의 정지	○				○
2. 배경과 유사농도의 감시 대상물 출현	○	△			○
3. 연속한 프레임 간의 연산	○				○
4. 감시 대상물 일부만 검출	△	△	△		△
5. 은폐로 인한 검출 불가	×	×	×		×
6. 배경의 움직임			○		○
7. 배경전체의 급격한 농도 변화		○			○
8. 배경의 시간경과에 의한 농도 변화		○		○	○
9. 배경 자체의 변경			○	○	○

표 2에서의 경우 (4) 및 경우 (5)에 대해서는 두 개의 검출모듈 및 BGDM에서의 정보가 부족한 경우로 이러한 경우에는 시스템의 대응도 충분치 못하다. 이것은 개발 시스템에 검출대상물의 지식을 이용한 윤곽추적 및 윤곽형상의 기술과 같은 보다 고차의 처리를 부가할 필요가 있다는 것을 의미하는 것으로 앞으로의 연구방향이기도 하다.

VI. 결론

본 연구에서는 옥외의 변화하는 환경 하에서 강건하면서 고성능으로 작용하는 이상영역 검출을 위한 시각 감시 시스템의 구축을 목적으로 복수처리모듈에 의한 능동적인 처리가 가능한 알고리즘을 개발하였다. 또한 개발한 알고리즘의 특성 및 그 효과를 상승시키기 위한 병렬처리 네트워크를 구성하였으며 실험을 통하여 감시 시스템으로서의 유효성을 확인하였다. 본 연구에서 얻어진 결론은 다음과 같이 요약된다.

- 1) 4개의 처리모듈에 의한 알고리즘의 구성을 통하여 정보의 결손을 방지하고 불확실한 정보를 보완할

수 있었다.

- 2) 환경변화에 능동적으로 대처하기 위하여 감시대상 영역을 기술할 수 있는 모듈을 개발하였다.
- 3) 개발 알고리즘을 병렬처리 네트워크 상에 실현하고 실험을 통하여 개발 시스템이 옥외의 변화하는 환경 하에서 강건하면서 고성능인 것을 확인하였다.

참고문헌

- [1] K. Skifstad and R. Jain, "Illumination independent change detection for real world image sequences," *Computer Vision Graphics Image Processing*, vol. 46, pp. 387-399, 1989.
- [2] T. Agui, T. Saito and M. Nakajima, "An extracting method of walking persons using a series of image," *IEICE conf.*, SD-11-5, 1990.
- [3] M. Kaneta, K. Kanemaru, H. Kanoh and T. Naga, "Image processing method for intruder detection around power line towers," *IEICE Trans. INF. & SYST.*, vol. E76-D, no. 10, pp. 1153-1161, 1993.
- [4] H. Nakai, K. Fukui and Y. Kuno, "Detection of moving objects with three level continuous modules," *IEICE Trans. INF. & SYST.*, vol. J77-D-II, no. 7, pp. 1209-1218, 1994.
- [5] W. Long and Y. H. Yang, "Stationary background generation : an alternative to the difference of two images," *Pattern Recognition*, vol. 23, no. 12, pp. 1315-1359, 1990.
- [6] M. Asada, M. Yachida and S. Tsuji, "Automatic analysis system of moving objects," *IEICE Trans. INF. & SYST.*, vol. J62-D, no. 6, pp. 395-402, 1979.
- [7] A. Kawabata, S. Tanifuji and Y. Morooka, "An image extraction method for moving object," *Trans. Japan Information Processing*, vol. 28, no. 4, pp. 395-402, 1987.
- [8] 반성원, 김영춘, 이진일, "에지 영역 보상을 이용한 원격 센싱된 인공위성 화상의 대역간 벡터양자화," *센서학회지*, 제8권, 제2호, pp. 124-132, 1999.

- [9] M. Watanabe and Y. Ohta, "Cooperative integration of multiple stereo algorithms," in *Proc. 3rd Conf. Computer Vision*, pp. 476-480, 1990.
- [10] INMOS Limited, *Transputer development system 2.0*, Beta 2 documentation, 1989.
- [11] INMOS Limited, *Transputer reference manual*, Prentice Hall, 1986.

著 者 紹 介



서 원 찬

1963년 2월 1일생. 1988년 국립부
 산수산대학교(현 부경대학교) 해
 양공학과 졸업(학사), 1992년 일본
 Osaka대학 공학연구과 생산가공
 공학전공 졸업(석사), 1995년 일본
 Osaka대학 공학연구과 생산가공
 공학전공 졸업(박사), 1998년~현재 부경대학교 생산
 가공공학과 전임강사, 주관심분야 : 시각센서 시스템,
 자동화 시스템