

## 선박 자동접안시스템 구축을 위한 기초연구

### A Study on the Development of Automatic Ship Berthing System

김영복·최용운·채규훈

Y. B. Kim, Y. W. Choi and G. H. Chae

**Key Words** : Ship Berthing(선박접안), Target Tracking(목표물 추적), Template Matching(템플릿 매칭), Processing Time(연산시간), Vector Code Correlation(벡터코드 상관)

**Abstract** : In this paper vector code correlation(VCC) method and an algorithm to promote the image-processing performance in building an effective measurement system using cameras are described for automatically berthing and controlling the ship equipped with side-thrusters. In order to realize automatic ship berthing, it is indispensable that the berthing assistant system on the ship should continuously trace a target in the berth to measure the distance to the target and the ship attitude, such that we can make the ship move to the specified location. The considered system is made up of 4 apparatuses compounded from a CCD camera, a camera direction controller, a popular PC with a built-in image processing board and a signal conversion unit connected to parallel port of the PC. The object of this paper is to reduce the image-processing time so that the berthing system is able to ensure the safety schedule against risks during approaching to the berth. It could be achieved by composing the vector code image to utilize the gradient of an approximated plane found with the brightness of pixels forming a certain region in an image and verifying the effectiveness on a commonly used PC. From experimental results, it is clear that the proposed method can be applied to the measurement system for automatic ship berthing and has the image-processing time of fourfold as compared with the typical template matching method.

#### 1. 서 론

선박운항에 있어서 가장 어려운 작업 중의 하나가 접안이다. 비행기나 자동차의 경우에 있어서도 가장 고난도의 기술이 필요한 부분이 착륙과 파킹 문제인 것 과 같이 운항책임자를 비롯한 모든 선원이 극도로 긴장해야하는 과정이기도 하다. 특히 선박의 경우는 운동가속도가 작은 반면, 큰 관성력을 가지며 파랑 등의 열악한 외부 환경에 노출되어 있다는 것 등이 접안작업을 어렵게 하는 원인이 된다. 관성력이 극히 큰 대형 선박을 접안하는 경우, 종래에는 몇 척의 터그-보트(Tug-Boat)로 접안대상 선박을 밀고 당기는 과정에 의해 접안이 이루어진다. 이러한 작업에는 접안하고자 하는 정박지의 해

상지리에 밝은 파일럿이 반드시 승선해야 한다. 그리고, 해당선박 및 지원팀과의 효율적인 팀웍이 갖춰져야만 안전하고 효율적인 접안작업이 이루어질 수 있게 된다. 이와 같이 접안이라는 작업은 많은 인적, 물적손실을 초래할 수 있는 열악한 환경과 물류처리비용 증가요인을 항상 내포하고 있다.

이러한 문제를 해결하기 위한 자동접안시스템이 개발된 예도 있다. 예를 들어 Shouji 등<sup>1)</sup>은 초음파 센서를 이용하여 목표지점까지의 거리를 측정하고 접안을 유도하는 장치를 개발하였으나 실용화는 실패하였다. 그 이유는 초음파센서가 갖는 측정의 한계 때문으로 목표물에 대한 정확한 측정이 어렵고 다양한 접안시설 환경에 대한 대응력이 부족한 시스템이기 때문이다. 그리고 Fossen 등<sup>2)</sup>은 접안시설에 카메라를 설치하고 선박의 운동을 측정하여 접안을 유도하는 실험적 연구를 수행하였다. 대상선박은 4개의 독립된 회전식 프로펠러를 장착하고 일반선박이나 시추선의 자세제어 문제로 접근하고 있다.

실제 접안문제를 고려해 볼 때, 이와 같이 측정시

접수일 : 2006년 8월 23일, 채택확정 : 2006년 10월 3일  
김영복(책임저자) : 부경대학교 기계공학부  
E-mail : kpjiwoo@pknu.ac.kr, Tel : (051)620-1584  
최용운 : SOKA대학 공학부  
채규훈 : 군산대학교 동력기계시스템공학전공

시스템을 접안시설에 두고 선박접안을 유도할 경우, 계측시스템과 제어시스템을 독립적으로 운용해야 하는 문제가 발생하게 된다. 즉 자동접안 시스템이 구축되지 않은 접안시설로의 접안은 불가능하게 된다.

따라서 본 연구에서는 계측 및 제어시스템을 선박에 설치·운용하는 문제에 대해 고찰한다. 자동접안이 보다 용이하게 된 동기를 부여한 것은 역시 사이드 스러스터(Side-thruster) 시스템이다. 사이드 스러스터는 주기판에 의한 추진장지 외에 선박의 선수와 선미측에 보조추진장치를 설치하여 좌우 방향으로의 병진운동을 가능하게 한다. 이것은 병진운동 뿐만 아니라, 선박의 선회성능을 극도로 향상시키고 있다. 따라서 본 연구에서는 이와 같이 선수와 선미측에 두 기의 사이드 스러스터를 장착한 선박의 자동접안문제를 고려한다. 특히 목표지점까지의 거리 및 선박의 자세계측 문제에 있어서 계측시스템을 선상에 설치하여 목표물을 실시간으로 추적하는 방법에 대해 고찰하고 있다. 계측시스템은 카메라를 이용하고 있으며, 운동중인 선박의 안전성 확보를 위한 효율적 계측시스템을 구축하는데 그 목적이 있다.

## 2. 정박지까지의 거리와 선박의 자세 검출

사이드 스러스터를 갖는 선박을 목표지점으로 접안시키기 위해서는 현재 위치에서 정박지점까지의 거리 및 현 위치에서의 선박자세는 반드시 필요한 정보이다. 이러한 정보를 얻기 위한 방법으로는 레이저광이나 초음파를 이용한 능동적 계측수법 및 카메라를 이용한 화상계측법을 들 수 있다. 이 중 수십미터 이상 떨어져 있는 선박과 정박지까지의 거리를 구하기 위해서 어느정도 강한 레이저 빔을 이용할 수도 있다. 그러나 접안하기 위해 결정한 목표지점을 항상 추적해 가면서 자동적으로 계측해야 하는 접안문제에는 바람직하지 않은 방법이다. 또한 초음파를 이용한 경우에는 음파의 특성상, 정박지 목표지점이 불명확하기 때문에 선박으로부터의 거리계측에는 적합하지 않다. 이와 같은 방법 외에 정박지에서 선박의 특징을 이용하여 계측하는 것이 보다 안정적일 것이다. 그러나 계측정보가 안정적으로 구해졌다 하더라도 선박운동을 제어하기 위해서는 계측정보를 선박으로 전송하기 위한 별도의 장치가 필요하게 되며, 선박과 각 정박지 신호와의 표준화된 송수신 체계가 필요하게 된다.

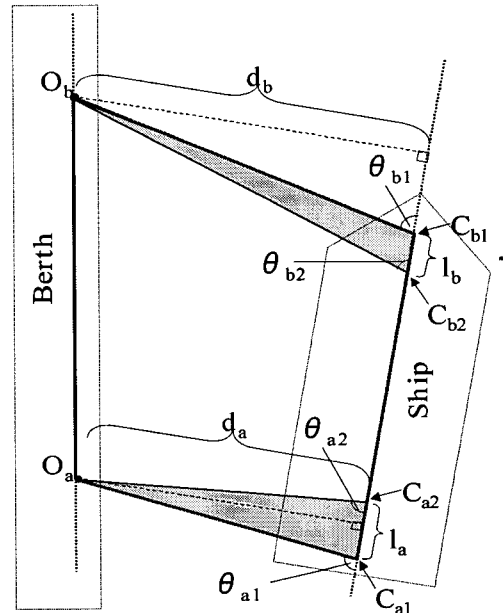


Fig. 1 Schematic diagram for automatic ship berthing

이와 같은 다양한 문제를 해결하기 위해서는 계측 및 제어시스템을 선박에 구축하여 직접 계측에 의한 접안을 독립적으로 수행할 수 있도록 하는 것이 바람직할 것이다.

### 2.1 카메라를 이용한 화상계측

본 논문에서는, 선박에 설치된 카메라로 정박지의 특징적인 목표물에 대한 화상정보를 획득하고 선박과 정박지까지의 거리와 선박의 자세를 계측하여 선박을 자동적으로 접안하는 문제에 대해 고찰한다. 이때, 선박의 선수와 선미에 설치된 카메라를 이용해서 정박지의 화상을 획득하고 이 화상에서 정박지의 목표물을 지정하는 방법이 유용할 것이다. 이렇게 지정된 정박지의 목표물을 화상상에서 추적함으로써 정박지까지의 거리와 선박의 자세를 계측할 수 있게 된다. 예를 들어, Fig. 1에 보이는 바와 같이 접안하고자 하는 부두의 목표물  $O_a$ ,  $O_b$ 가 직선상에 놓여있다고 가정하자. 이때, 선박의 선수와 선미에 설치된 카메라  $C_{a1}$ ,  $C_{a2}$ ,  $C_{b1}$ ,  $C_{b2}$ 에 입력된 화상상의 위치로부터 목표지점까지의 거리  $d_a$ ,  $d_b$ 와 각도  $\theta_{a1}$ ,  $\theta_{b1}$ 을 계측함으로써 선박의 자세검출이 가능하게 된다. 그러나 육상에서와는 달리 해상이라는 환경을 고려한다면 이러한 계측이 쉬운 문제는 아니다. 그래서 일반적으로 선박 흔들림이 전후좌우방향으로의 운동이라는 것을 고려한다면, 선박에 설치된 카메라로 입력된 목표물은 화상상의

어느 위치를 기준으로 하여 상하좌우 거의 대칭적인 운동으로 해석될 수 있다. 이와 같은 동적환경을 고려한 계측 알고리즘에 대해 고찰해 보기로 한다.

### 2.2 거리와 자세의 측정

선박의 선수와 선미에 설치한 카메라를 이용하여 정박지를 촬영할 수 있다는 것을 전제로 선박의 위치 및 자세계측이 가능한 계측시스템을 개발하고 이것을 이용하여 사이드 스터스터를 갖는 선박의 자동접안 시스템구축을 위한 새로운 알고리즘에 대해 고찰해 본다. Fig. 2에 보이는 바와 같이 카메라에 입력된 정박지의 화상에서 조종자는 목표물을 선정한다.

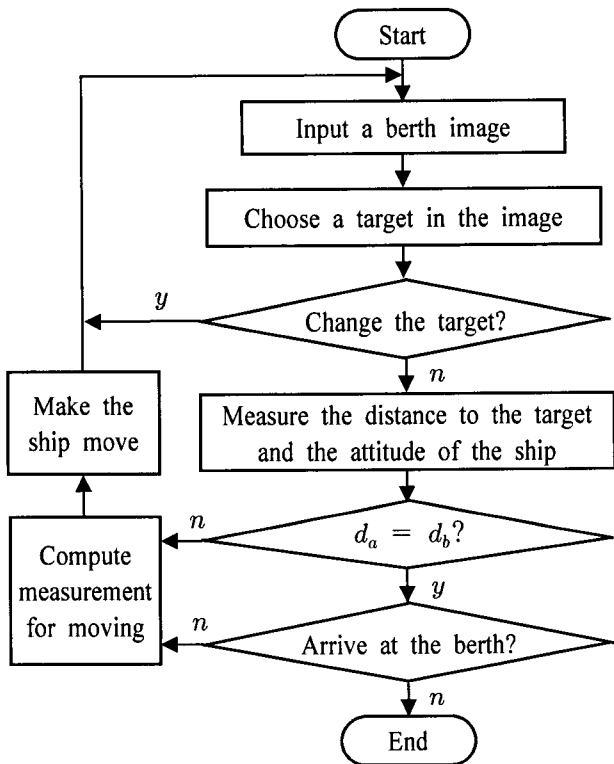


Fig. 2 Algorithm of the measurement system for automatic ship berthing

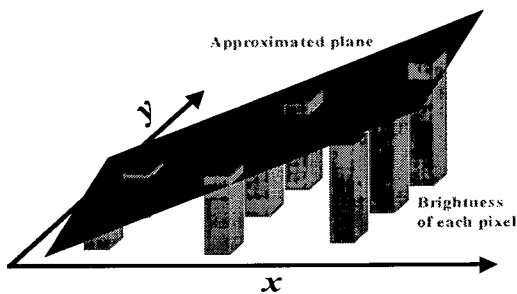


Fig. 3 Scheme of the brightness plane approximated for vector code.

이 때 목표물은 건물, 접안설비 및 경계선 등의 특징적이고 명확한 대상을 선정하는 것이 바람직하다. 이렇게 목표물이 설정되고 나면 선박위치와 자세계측이 가능하게 된다. 따라서 이러한 계측을 가능하게 하기 위해서는 기준이 되는 목표물이 항상 카메라 시야각내에 있어야 하고, 이를 위해서는 카메라 방향제어가 가능한 제어장치가 필요하게 된다. 이들 카메라 방향제어 장치에서 얻어지는 데이터  $\theta_{a1}, \theta_{a2}, \theta_{b1}, \theta_{b2}$  를 이용해서 목표물까지의 거리  $d_a, d_b$  를 구할 수 있다(Fig. 1참조). 여기서 얻어진 데이터를 이용해 선박의 이동량을 산출하고, 선박의 제어장치에 보냄으로써 선박운동제어가 가능하게 된다.

접안시 선박 안전성을 확보하기 위해서는, 이동중에도 화상상의 목표물이 실제 지정된 물체와 일치하는지를 확인하기 위한 실시간 화상처리가 가능해야 하며 목표물까지의 거리와 선박의 자세를 계측할 수 있는 알고리즘이 반드시 필요하다. 또한, 이 계측 알고리즘 개발에서 고려해야 할 사항 중의 하나가 시스템의 동특성 파악 및 외적요소에 대한 정확한 이해이다. 외적요소 및 동적특성에 대한 정보가 정확하지 못하다면, 계측정보의 정도에 대한 중대한 오류를 발생시키게 될 것이며 선박운동제어에 미치는 영향 또한 심각할 수 밖에 없을 것이다. 따라서 이러한 점을 충분히 고려한 새로운 계측법에 대해 알아보도록 한다.

### 3. 목표물 추적을 위한 화상처리방법

화상상의 목표물에 대한 위치를 획득하기 위한 화상처리 수법으로 템플릿 매칭(Template Matching)법이 일반적으로 이용된다. 템플릿 매칭법은 원리상 상당한 계산시간이 필요하기 때문에 실시간 처리를 요하는 경우(자동접안을 위한 화상계측 등)에는 고성능의 하드웨어시스템 뿐만 아니라 계산량을 줄일 수 있는 대책이 필요하게 된다. 그래서 본 논문에서는 일반적으로 사용하고 있는 퍼서널 컴퓨터(PC) 정도의 성능으로 실시간 목표물 추적이 가능한 벡터부호 상관법(Vector Code Correlation Method)을 제안하고 기존의 템플릿매칭 수법과의 비교검토<sup>3)</sup>를 통해 그 유용성을 확인한다.

#### 3.1 벡터부호상관법의 개요

식(1)은 임의의 주어진 영역을 기준으로 한 가

장 단순한 템플릿 매칭법에 관한 예이다. 여기서  $f$ 는 목표물의 위치를 검출하고자 하는 탐색화상이며,  $g$ 는 목표물을 나타내는 크기  $N \times M$ 의 표본화상이다.

$$[u, v] = \text{Min}_{u, v} \left( \sum_{y=0}^M \sum_{x=0}^N |f(x+u, y+v) - g(x, y)| \right) \quad (1)$$

이 수법은 화상의 해상도에 비례한 회수만큼의 계산을 실행하기 때문에 일반적인 PC수준의 연산능력으로는 실시간 처리가 어렵다. 그래서 각 화소의 밝기를 나타내는 휘도값 그 자체의 비교보다, 휘도 변화의 정도를 나타내는 부호로써 두 화상간의 상관관계를 표현할 수 있다는 것을 이용하여 탐색화상 상에서 표본화상의 위치를 검출하는 벡터부호 상관법을 제안한다. 벡터부호 상관법이란 두 화상간의 상관관계를 구할 때 각 화소의 휘도값을 비교하는 것이 아니라 주어진 영역의 휘도가 변하는 경향을 부호화해서 그 부호를 비교함으로써 두 화상간의 상관정도(상이도)를 나타내는 방법이다. 부호화 방법은 카메라를 통해 입력된 화상을 일정한 영역으로 나누어 최소자승법으로 휘도평면<sup>4)</sup>을 구하고 그 평면의 기울기에 따라 3종류로 나타내는 방법이다. 즉 Fig. 3의 근사화된 휘도평면의 개념도에서 보이는 바와 같이, 만일 주어진 영역에 대한 휘도평면이 구해지면 그 기울기의 방향에 따라 Table 1 (a)의 규칙으로 부호화가 이루어진다.

만약 한 휘도평면에 대한 기울기가 양(+ )이라면 01, 0이면 00, 음(-)의 경우에는 10로 정의하고, 이것을 그 영역의 중심위치에  $x, y$ 방향 4비트의 벡터부호로 나타낸다. 예를 들어, Fig. 3과 같이 대상화상에 주어진  $3 \times 3$ 영역의 9화소에 대한 휘도가 Table 1 (b)와 같이 주어진다면, 그 영역에 대한 휘도평면의 기울기는  $x$ 방향이 양이므로 01,  $y$ 방향이 음이므로 10가 되어 그 영역의 중심위치에 나타내는 벡터부호는 0110인 4비트로 표현된다.

Table 1 Coding method for the vector code image

| $y \backslash x$ | -    | 0    | +    |
|------------------|------|------|------|
| -                | 1010 | 0010 | 0110 |
| 0                | 1000 | 0000 | 0100 |
| +                | 1001 | 0001 | 0101 |

(a) Rule for vector code

|                       |                       |      |     |
|-----------------------|-----------------------|------|-----|
|                       | $x$ direction rate(+) |      |     |
| $y$ direction rate(-) | 40                    | 80   | 120 |
|                       | 20                    | 0110 | 100 |
|                       | 0                     | 40   | 80  |

(b) Vector code (0110) of one region expressed with the gradient of the brightness plane approximated

이와 같이 표본화상과 탐색화상의 각각을 부호화하여 벡터부호 화상으로 만들고, 그 두 화상간의 상관관계를 구해 매칭의 정도를 나타내면 되는 것이다. 구체적으로 벡터부호 상관은 탐색화상과 표본화상에 대한 각 벡터부호 화상에 대응하는 각 비트의 배타적 논리합을 구하고, 그 결과가 1인 비트의 총수를 구함으로써 상관관계의 정도를 파악할 수 있게된다. 예를 들어, 표본화상과 탐색화상의 각각에 대한 벡터부호 화상의 벡터부호가 완전히 일치한다면 배타적 논리합이 1이 되는 비트수의 합은 0이 되기 때문에 그 두 화상에 대한 상관관계값(상이도)은 0이 되고 그것은 두화상이 일치한다는 것을 의미한다. 한편, 표본화상의 벡터부호 화상에서 기울기가 양(01)인 곳이 탐색화상의 벡터부호 화상에서 음(10)인 곳에 대응하고 있다면 해당되는 각 비트의 배타적 논리합은 11이 되기 때문에 비트의 수가 1인 갯수는 2가 되고 그 두 화상간의 상이도는 2가 된다.

이와 같은 방법의 상관연산은 휘도값을 비교하는 템플릿 매칭법과는 달리 사용하는 정보량이 적고, 하나의 프로세서 명령으로 복수의 연산이 가능하기 때문에 계산시간이 단축된다. 즉, 32비트급 프로세서라면  $32 \div 4 = 8$ 영역에 해당하는 벡터부호의 배타적 논리합에 대한 연산을 동시에 처리할 수 있다.

### 3.2 휘도평면의 도출

카메라에 입력된 화상의 벡터부호를 구하기 위해서는 각 화소에 대한 휘도변화를 파악해야 한다. 본 논문에서는 주어진 영역에서 부호로 표현되는 중심화소와 그 주위화소의 휘도값을 이용하여 최소자승법으로 휘도평면을 구한다. 그 휘도평면의 기울기를 이용하여 벡터부호화상으로 재구성하게 된다. 이 과정을 구체적으로 나타내면 다음과 같다.

구하고자 하는 휘도평면을  $z = ax + by + c$ 로 표현하고 파라미터  $a, b, c$ 를 구한다. 즉 이 파라미터는 다음과 같은 순서로 구할 수 있다. 입력된 화상

에서 주어진 영역을 구성하고 있는 각 화소의 휘도를  $f(x, y)$ 로 나타낼 때, 가정된 휘도평면과의 오차  $d$ 를 식(2)와 같이 정의한다.

$$d = f(x, y) - (ax + by + c) \quad (2)$$

여기서  $x, y$ 는 중심화소를 원점으로 한 상대좌표로 정의한다. 이때 식(2)로부터 대상영역을 휘도평면으로 근사화시키기 위한 오차  $d$ 의 2승합은 다음 식으로 계산된다.

$$S = \sum (f(x, y))^2 - 2a \sum x^2 + 2b \sum y^2 + 2c \sum 1 + 2ab \sum xy + 2ac \sum x + 2bc \sum y - 2a \sum x f(x, y) - 2b \sum y f(x, y) - 2c \sum f(x, y) \quad (3)$$

그리고 이 값을 최소로 하는 조건은 다음과 같다.

$$\begin{cases} \frac{\partial S}{\partial a} = 2a \sum x^2 + 2b \sum xy + 2c \sum x - 2 \sum x f(x, y) = 0 \\ \frac{\partial S}{\partial b} = 2b \sum y^2 + 2a \sum xy + 2c \sum y - 2 \sum y f(x, y) = 0 \\ \frac{\partial S}{\partial c} = 2c \sum 1 + 2a \sum x + 2b \sum y - 2 \sum f(x, y) = 0 \end{cases} \quad (4)$$

본 논문에서는 부호화 대상의 중심화소에 대해 주위 8개화소의 휘도를 샘플치로 처리하기 때문에  $\sum x^2=6, \sum y^2=6, \sum xy=0, \sum x=0, \sum y=0, \sum 1=9$ 로 되고 이것을 식(4)에 대입하면 다음 식이 성립한다.

$$\begin{cases} 12a - 2 \sum x f(x, y) = 0 \\ 12b - 2 \sum y f(x, y) = 0 \\ 18c - 2 \sum f(x, y) = 0 \end{cases} \quad (5)$$

따라서 각 파라미터(해)는 다음과 같이 구해진다.

$$a = \frac{1}{6} \sum x f(x, y), b = \frac{1}{6} \sum y f(x, y), c = \frac{1}{9} \sum f(x, y) \quad (6)$$

이와 같은 방법으로 구한 휘도평면의 기울기에 대해 적절한 상한값과 하한값을 설정하고 그 기울기가 상한값 이상이면 양(01), 하한값 이하이면 음(10), 그 사이면 0(00)과 같이 부호를 부여하는 방법으로 부호화를 실행한다.

### 3.3 벡터부호에 의한 상관관계의 도출

3.1절에서 설명한 바와 같이 벡터부호의 각 비트에 대한 배타적 논리합을 취하고 그 결과가 1인 수를 합산하는 것으로 두 벡터부호 화상간의 상관관계값(상이도)을 구할 수 있게 된다. 이때 일반적인

방법으로 1의 갯수를 세어가는 연산과정은 지극히 많은 계산량이 필요하게 되어 처리과정의 bottle neck가 되고 만다. Fig. 4는 임의의 32비트 수  $m$ 에 있어서, 1의 갯수  $\mu$ 를 구할 때 통상적으로 이용하는 수법의 처리순서에 대해 설명하고 있다.

먼저 논리곱을 취해서 임의의 수  $m$ 의 각 비트에 대한 값을 추출하고 그것을  $m[p]$  ( $p=0, 1, \dots, 31$ )라 한다[step 1].

다음으로  $m[p]$ 의  $p$ 에 해당하는 자리수가 마지막 비트에서 일치하도록 시프트연산을 실행하고 그것을  $M[p]$ 라 둔다[step 2].

이  $M[p]$ 의 총합  $\mu$ 가 임의의 수  $m$ 에 들어있는 1의 갯수가 된다[step 3].

이 수법은 각 step에서 보이는 바와 같이 임의의 수  $m$ 의 비트수와 같은 32회의 논리곱과 합산이 필요하기 때문에 막대한 계산량이 요구된다. 그래서 임의의 수  $m$ 을 일정한 비트수로 분할해서 계산부담을 줄이는 방법<sup>3)</sup>을 응용하여 벡터부호의 상관관계를 도출하기 위한 실용적인 방법을 고안하였다.

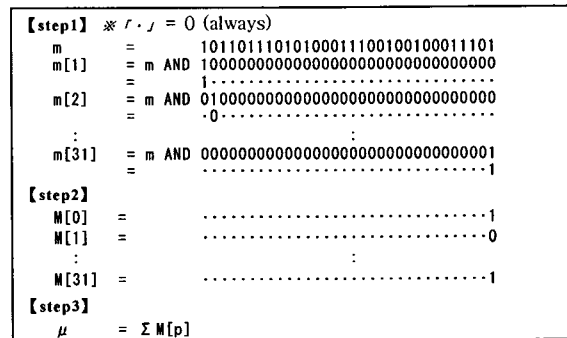


Fig. 4 Typical procedures used when counting the bit number of 1 in an arbitrary number given

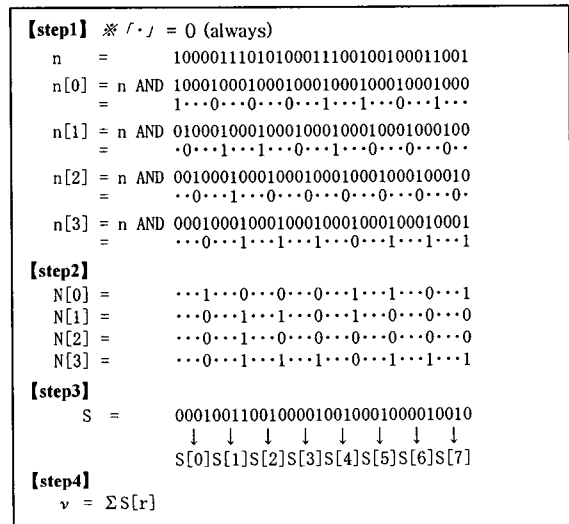


Fig. 5 Proposed procedures used when counting the

bit number of 1 in an arbitrary number given Fig. 5는 임의의 32비트 수  $n$ 에 들어있는 1의 갯수  $v$ 를 본 연구에서 고안한 방법으로 도출하는 과정을 나타낸다. 여기서는 4비트씩 분할하여 논리곱을 취해 추출한 4종류의 정수를  $n[q](q=0, 1, 2, 3)$ 라 둔다[step 1].

이 4종류의 논리곱에서 얻어진 수가 분할된 마지막 비트에서 각각 일치하도록 시프트연산을 실행하여 그 결과를  $N[q]$ , 그들의 총합을  $S$ 라 둔다[step 2].

이때  $S$ 를 4비트 정수열로 간주해  $S[r](r=0, 1, \dots, 7)$ 라고 하면 이 값들은 임의의 수  $n$ 를 4비트씩 분할했을 때 그 속의 1의 갯수와 일치한다는 것을 알 수 있다[step 3].

따라서 이  $S[r]$ 의 값을 모두 합함으로써 임의의 수  $n$ 에 들어있는 1의 개수  $v$ 를 구할 수 있게 된다 [step 4].

이와 같이 고안된 수법에서의 논리곱 연산은 [step 1]에서 4회, [step 3]에서 8회를 합한 12회가 실행되고, 합산의 경우는 [step 2]에서 4회, [step 4]에서 8회로 12회의 연산이 이루어진다. 이 사실로부터 제안된 수법은 기존수법에 비해 계산량이 격감함을 알 수 있다.

#### 4. 실험

##### 4.1 계측장치

선박접안시 필요한 정박지까지의 거리와 자세를 선박에서 측정하는 계측장치의 구성도를 Fig. 6에 나타낸다. 본 장치는 Fig. 6에서와 같이 CCD카메라, 카메라방향제어장치, PC 및 신호변환보드 등으로 구성되어 있다. CCD카메라는 XC003(SONY, 16mm)을 이용하고 있고, 용도에 따라 필요한 시야각을 확보하기 위해 착탈이 가능하도록 하였다.

그리고 PC에는 정지화상 캡처보드를 탑재하고 있으며 처리된 결과는 Parallel 포트를 통하여 카메라 방향제어 장치와 연결된다.

##### 4.2 상관값의 분포비교

식(1)에 나타난 화소의 밝기를 이용한 기존의 방법과 본 논문에서 제안하는 벡터부호 상관법과의 차이를 상관관계값의 분포비교에 의해 확인해 보도록 한다.

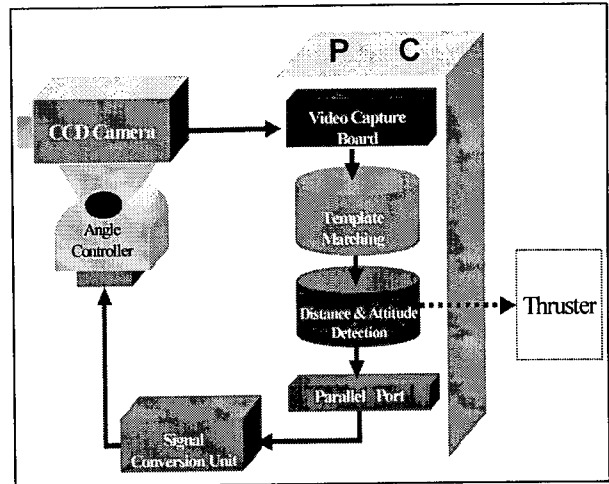


Fig. 6 Setup of the measurement apparatus

Fig. 7은 기존의 방법을 이용한 한 예이다. Fig. 7(a)는 40x40픽셀, 8비트 그레이 스케일인 목표물의 표본화상이고, 7(b)는 640x480픽셀, 8비트 그레이 스케일의 탐색화상이다. 이러한 표본화상과 탐색화상에 대해 기존의 방법으로 매칭을 실행했을 때의 상관값을 Fig. 8에 나타낸다. Fig. 8에서 알 수 있는 것과 같이  $x=216$ 에서 상관관계값이 현저하게 감소함을 알 수 있고 이 점이 탐색화상인 Fig. 7(b) 속의 표본화상인 Fig. 7(a)의 중심위치를 나타낸다. 이에 대해 Fig. 9는 본 논문에서 제안하는 벡터부호 상관법을 이용한 경우의 예를 나타낸 것이다. Fig. 9(a)와 (b)는 Fig. 7(a)와 (b)의 화상을 각각 벡터부호화 한 화상이다. 본 실험에서는 편이상 부호화를 위한 기준을 고정된 값을 이용하고 있으나 실제 처리에 있어서는 조명에 의한 밝기나 콘트라스트 등에 의한 화상의 변화에 대응할 수 있도록 가변적으로 설정할 수도 있다.

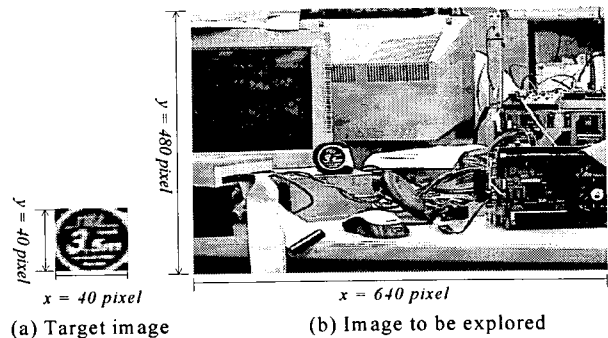


Fig. 7 Sample image used for the typical template matching method

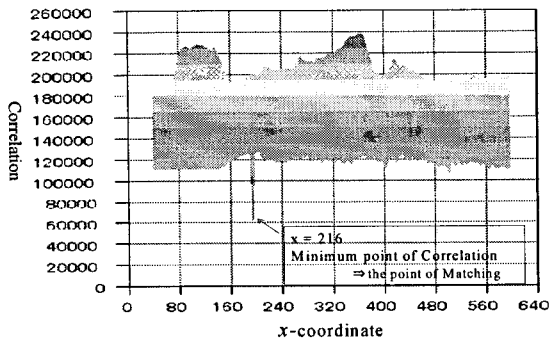


Fig. 8 Distribution of correlation values dealing Fig. 7 (a) and (b) with the template matching method

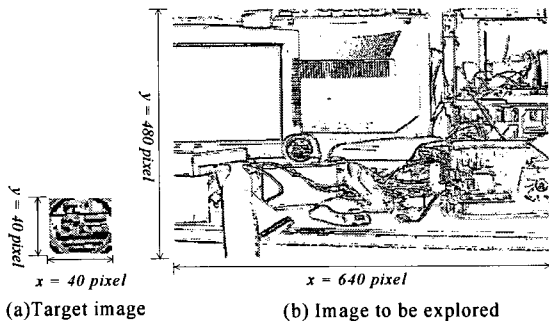


Fig. 9 Vector code image of Fig.7 (a) and (b) coded by the proposed method

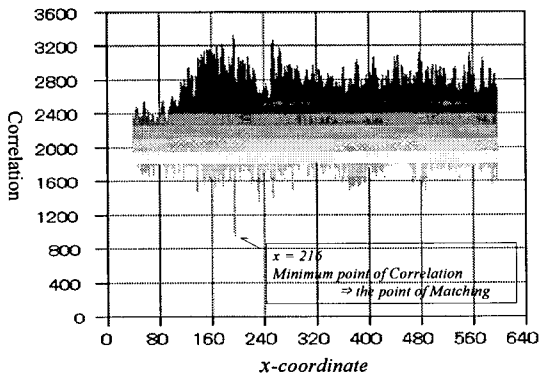


Fig. 10 Distribution of correlation values treating the vector code image of Fig.9 (a) and (b)

그리고 본 논문에서는 부호화를 위한 기준의 상한과 하한의 간격을 크게 설정하고 있기 때문에 Fig. 9는 edge 강조를 실행한 경우와 유사한 화상을 보이고 있다. 벡터부호화 된 표본화상 Fig. 9(a)와 탐색화상 9(b)를 벡터부호 상관법을 이용하여 표본화상(목표물) 검출을 실행한 경우의 상관관계의 값을 Fig. 10에 나타내고 있다. Fig. 10에서 알 수 있는 것과 같이  $x = 216$  위치에서 상관관계의 값이 현

저하게 감소하고 있으며, Fig. 8의 기존방법으로 구한 경우와 같은 결과를 얻을 수 있었다. 이것으로부터 벡터부호화로 화상정보가 대폭 간략화 되었음에도 불구하고 양호한 매칭이 이루어지고 있음을 알 수 있다.

### 4.3 실행시간 비교

다음으로 실행시간을 비교하여 그 차이를 평가하도록 한다. 이를 위해 기존의 템플릿 매칭법으로 실행하는 프로그램과 본 논문에서 제안하는 방법으로 매칭을 실행하기 위한 프로그램을 각각 작성하였다. 프로그램 작성시 상관관계의 값을 도출하는 부분을 제외하고는 거의 동일한 수준으로 프로그래밍 하였다. 실행시간을 비교하기 위해 20세트의 표본화상과 탐색화상을 준비하였다. 작성한 각각의 프로그램으로 표본화상(목표물)의 검출을 1세트에 10회씩 실행해서 평균함으로써, 모두 200회의 연산결과에 대한 평균값을 비교하였다. 그 실험에 사용한 시스템의 사양은 다음과 같다.

CPU: Pentium4 1.7GHz

Memory: SDRAM 100MHz 256MB

OS: Windows2000 Professional SP4

IDE: Borland C++ Builder 5.0

이 사양은 일반적으로 사용하고 있는 PC의 평균적인 성능이고, 이 시스템으로 선박의 접안을 위한 목표물 검출을 충분히 실행할 수 있다는 것은 일반적인 PC처리속도로도 계측장치구성의 목표가 달성되어 질 수 있다는 것을 의미한다.

Table 2 Comparison of the processing time

|         | typical method [ms] | proposed method [ms] |
|---------|---------------------|----------------------|
| image1  | 503                 | 114                  |
| image2  | 499                 | 113                  |
| image3  | 501                 | 115                  |
| image4  | 499                 | 113                  |
| image5  | 500                 | 113                  |
| image6  | 503                 | 114                  |
| image7  | 503                 | 114                  |
| image8  | 501                 | 113                  |
| image9  | 500                 | 114                  |
| image10 | 506                 | 113                  |
| image11 | 504                 | 114                  |
| image12 | 502                 | 114                  |
| image13 | 504                 | 113                  |
| image14 | 502                 | 113                  |
| image15 | 504                 | 113                  |
| image16 | 504                 | 114                  |
| image17 | 504                 | 115                  |
| image18 | 504                 | 115                  |
| image19 | 507                 | 114                  |
| image20 | 505                 | 115                  |
| average | 503                 | 114                  |

기존의 수법과 제안된 벡터부호 상관법에 의한 실행시간의 비교에 대한 실험결과를 Table 2에 나타내었다. 본 논문에서 제안하는 벡터부호화 기법을 이용한 결과에서 알 수 있듯이, 샘플로 준비한 어느 화상에 대해서도 안정적인 실행시간을 얻었다.

그리고 평균처리시간은 114ms로 기존방법의 503ms보다 4배 이상 빠른 결과이다. 이것은 초당 8회 이상의 매칭실행이 가능하다는 것을 의미하며 빠른 실시간 처리를 요하는 자동접안문제 등에 충분히 이용될 수 있다.

## 5. 결 론

본 연구에서는 선박자동접안을 위해 필요한 정보(정박지까지의 거리 및 선박자세 등)를 효율적으로 획득하기 위한 계측시스템 개발에 대해 고찰하였다. 계측정보를 이용하여 신속하고 안전한 접안을 실행하기 위해서는 신속한 계측정보를 위한 처리수법이 필요하다. 본 논문에서는 탐색화상 속에서 표본화상을 검출하기 위한 실행시간을 현저히 단축시킬 수 있는 기법과 그 알고리즘을 고안하였다.

실제 환경에서의 선박동특성을 고려한 센서개발은 선박운동제어에 있어서 성능문제와 직결되기 때문에 보다 고정도의 계측방법과 안정성이 요구되어진다. 그중에서 카메라를 이용한 선체위치 및 자세 계측 센서는 선박의 자동접안문제 뿐 만 아니라, 외부환경과 상관된 제어시스템에서도 유용하다. 그리고 카메라를 이용한 계측 시스템은 다른 계측기법보다 외란에 의한 영향을 덜 받기 때문에 항만에서의 자동접안문제와 같은 열악한 환경에서도 안정적인 시스템구축이 가능하다.

그래서 본 논문에서는 신속한 화상처리시간을 획기적으로 단축시킬 수 있는 선박위치 및 자세계측 시스템에 대해 고찰하였다. 특히 선박의 안정적인 접안을 위해 벡터부호화기법을 이용한 화상계측알고리즘을 제안하였다. 실험결과로부터 제안된 벡터부호화 기법은 화상에 대한 정보의 대폭적인 간략화에도 불구하고 매칭검출이 기존방법의 결과와 동일한 수준으로 실행될 수 있음을 확인하였으며 실행시간도 4배이상 향상됨을 확인하였다.

## 후 기

이 논문은 2005년도 부경대학교발전기금재단의 지원에 의하여 연구되었음(PR-2005-010)

## 참고 문헌

1. D. Koyama, Y. Choi, T. Iyota and Y. Kubota, 2003, "A technique of high-speed template matching using vector code correlation", Preprints of the 46th Japan Joit Automatic Control Conference, FA2-09-5.
2. K. Shouji, K. Ohtsu and S. Mizoguchi, 1992, "An automatic berthing study by optimal control techniques", Proceedings of 2nd Control Application in Marine Systems, Italy.
3. T. I. Fossen, 1994, Guidance and Control of Ocean Vehicles, John Wiley and Sons.
4. Y. Choi, K. Ueno, M. Kamiuchi, T. Iyota, K. Watanabe and Y. Kubota, 2005, "Detection of uneven brightness for LCD panel using approximate planes of brightness in a CCD image", Trans. of Society of Instrument and Control Engineers, Vol. 41, No. 1, pp. 1-7.
5. N. Ito, Y. Kanda, 1998, "An Effective algorithm for the Monte Carlo simulation of the Ising model on a vector processor", Supercomputer 25, Vol. 3.