

論文 2002-39SP-3-6

TMS320C80 MVP상에서의 연속항공영상을 이용한 통합 항법변수 추출 시스템 구현

(Implementation of the Integrated Navigation Parameter
Extraction from the Aerial Image Sequence Using
TMS320C80 MVP)

辛相潤*, 朴仁峻*, 李永三**, 李旻奎*, 金官奭*,
鄭東旭*, 金鱗澈**, 朴來弘*, 李商郁***

(Sang-Youn Shin, In-Joon Park, Young-Sam Lee, Min-Kyu Lee, Kwan-Suk Kim, Dong-Wook Jung, Rin-Chul Kim, Rae-Hong Park, and Sang-Uk Lee)

요 약

본 논문에서는 TMS320C80 MVP(multimedia video processor)를 이용하여 영상 항법변수 추출 알고리즘을 실시간 구현하는 방법에 대해 연구하였다. 영상 항법변수 추출 알고리즘은 상대위치 추정과 절대위치 보정으로 이루어져 있으며, 절대위치 보정은 고해상도 항공영상과 IRS(Indian remote sensing) 위성영상 그리고 DEM(digital elevation model)을 이용한 방법이 있다. 이러한 알고리즘들을 수행하는 통합시스템을 MVP가 탑재된 DSP 보드로 실시간 구현하였다. 이를 위해 영상을 분할하여 병렬처리 함으로써 처리 시간을 줄였다. 모의 실험을 통해 실시간 처리가 가능함을 알 수 있었고, 추정오차 측면에서 성능을 평가하였다.

Abstract

In this paper, we deal with a real time implementation of the integrated image-based navigation parameter extraction system using the TMS320C80 MVP(multimedia video processor). Our system consists of relative position estimation and absolute position compensation, which is further divided into high-resolution aerial image matching, DEM(Digital elevation model) matching, and IRS(Indian remote sensing) satellite image matching. Those algorithms are implemented in real time using the MVP. To achieve a real-time operation, an attempt is made to partition the aerial image and process the partitioned images in parallel using the four parallel processors in the MVP. We also examine the performance of the implemented integrated system in terms of the estimation accuracy, confirming a proper operation of the our system.

Keyword : Absolute Position Compensation, Relative Position Estimation, Implementation, Aerial Image Sequence.

* 正會員, 西江大學校 電子工學科

(Dept. of Electronic Eng., Sogang Univ.)

** 正會員, 서울市立大學校 電子電氣컴퓨터工學部

(Dept. of Electrical and Computer Eng., Univ. of Seoul)

*** 正會員, 서울大學校 電氣工學部

(School of Electrical Eng., Seoul National Univ.)

接受日字:2001年9月27日, 수정완료일:2002年4月8日

I. 서 론

영상 항법변수 추출 시스템^[1-3]은 비행체에 부착된 카메라로부터 취득된 영상을 이용하여 항법에 필요한 비행체의 위치 및 속도 등의 항법변수를 추출하여 비행체가 원하는 목적지까지 도달할 수 있게 하는 시스템이다. 현재까지 항법변수 추출 기법은 관성항법장치, TERCOM(terrain contour matching), 그리고 GPS(global positioning system) 등이 제안되었다^[1, 5]. 그러나, 위성 신호를 수신하는 GPS나 RADAR 신호를 이용하는 TERCOM은 외란에 취약한 단점을 보이고, 관성항법장치는 시간이 지남에 따라 오차가 누적된다는 단점이 있다. 이에 반해 영상 항법변수 추출 시스템은 비행체 외부의 정보를 이용하지 않기 때문에 외란에 견실한 특성을 보이고, 오차가 누적되지 않는다는 장점을 가진다^[1]. 본 논문에서 고려하는 영상 항법 시스템^[1-3]은 간단한 자이로스코프 등을 통해 자세 정보를 취득할 수 있고, 비행체 하단에 카메라가 부착된 상태에서 지정된 궤도를 따라 비행하는 무인 비행체에 적용하기 위한 것으로, 보조적인 항법 변수 추출 시스템으로 중요한 역할을 할 것으로 기대된다. 영상 항법변수 추출 시스템은 크게 상대위치 추정과 절대위치 보정 등 두 기법으로 구성된다. 상대위치 추정에서는 인접한 프레임간의 영상 및 해당 비행체의 자세 정보(roll, pitch, head 등의 비행체의 각도와 비행 고도)를 이용하여 프레임간 위치 변화를 추정함으로써 비행체의 위치를 판별한다. 반면에, 절대 위치 추정에서는 현재 취득된 영상으로부터 지형 정보를 재구성하고, 이를 미리 마련된 지형 데이터 베이스와 비교함으로써 비행체의 기준 위치를 판별하게 된다. 절대위치 보정은 참조 영상의 종류에 따라, 고해상도 영상 정합, DEM(digital elevation model) 정합, 그리고 IRS(Indian remote sensing) 위성 정합 등 세 가지 방법으로 구성된다. 상대위치 추정이 연속된 영상에 대해 반복적으로 현재 위치 정보를 갱신하는데 반해, 절대위치 보정은 넓은 지역에 대해 정합을 수행하기 때문에 많은 계산 시간이 소요되므로 전체 비행 궤적 상의 위치 중에서 지형적 특이성을 갖는 일부 위치에서만 간헐적으로 이루어진다.

본 논문에서는 절대위치 보정 기법을 실시간 구현하는 방법에 대하여 고찰하고, 이를 Kim 등^[4-5]이 제시한

상대위치 추정 기법의 실시간 구현 방법과 결합하여 통합된 영상 항법변수 추출 시스템을 구현한다. 이로써, 방대한 양의 계산량을 가진 영상 항법변수 추출 시스템을 실제 응용할 수 있음을 보인다. 본 논문에서 구현한 시스템은 실시간 영상처리에 매우 적합한 구조를 가진 TI사의 TMS320C80 MVP(multimedia video processor)라는 전용 DSP(digital signal processor)를 근간으로 한 전용 시스템이다. 본 논문에서는 실시간 영상 항법변수를 추출하기 위해 MVP에 장착된 여러 개의 프로세서들에게 적절히 작업을 분할하고, 블록단위의 데이터 전송방법을 사용하여 내부메모리를 효율적으로 활용함으로써 빠른 계산이 가능하도록 한다. 또한 입력 항공영상의 분할을 통해 여러 개의 프로세서들을 병렬로 사용함으로써 실시간으로 항법변수를 추출할 수 있게 하였다.

본 논문에서는 서론에 이어 제 II절에서 절대위치 보정 기법에 대하여 설명한다. 절대위치 보정은 세 가지 방법이 있으나, 본 논문에서는 IRS 위성영상 정합에 대하여 중점적으로 살펴보겠다. DEM 정합은 상대위치 추정과 유사하고, 고해상도 정합은 DT map을 이용한 영상 정합이라는 것만 IRS 위성영상 정합과 다르므로, IRS 위성영상 정합 구현 과정과 유사하다. 그리고, 제 III절에서는 구현한 시스템의 구성과 실제 IRS 위성영상 정합을 MVP에 구현한 과정을 살펴보고, 통합 시스템의 동작 방법을 설명하였다. 제 IV절에서는 시스템의 계산 성능과 추정 오차 측면에서 성능을 검증하여, 통합 시스템의 적절한 동작을 입증하였다. 마지막으로 제 V절에서는 본 논문의 결론을 제시하였다.

II. 절대위치 보정 기법

본 논문에서 고려하는 절대위치 보정 기법은 비행체의 기준 위치를 판별하기 위한 것으로, 현재 취득된 영상으로부터 지형 정보를 재구성하고, 이를 미리 마련된 영상 데이터 베이스와 비교함으로써 이루어진다^[1-3]. 절대위치 보정은 비교하는 영상 데이터 베이스의 종류에 따라, 고해상도 영상 정합, DEM 정합, 그리고 IRS 위성 정합 등 세 가지 방법으로 구성된다. 고해상도 영상 정합은 비교적 높은 해상도를 가진 항공영상을 이용하는 것으로, 피라미드 방식을 이용한 Hausdorff distance (HD) 방법^[2]을 사용하였다. DEM 정합에서는 지상의 지형 정보인 DEM을 이용하여 비행경로 상 나타나는

여러 지점에 대하여 구해진 비행체의 속도 값들의 분산을 최소로 만드는 지점을 절대위치 보정 위치로 결정하는 방법^[1]을 사용한다.

IRS위성 정합^[3]은 공간 해상도가 5m 정도이고 화소당 6 비트로 양자화된 IRS 위성 영상을 이용하는 정합이다. IRS 위성 영상은 카메라로부터 입력되는 영상과 비교하면 그 크기와 해상도가 다르므로, 밝기 값에 근거한 정합이 아니라, 크기가 보정된 후 이진화된 영상을 비교하는 AB(accumulated buffer) 정합 기법^[3]을 사용한다. 이 방법은 Hough 변환에서 추출하고자 하는 직선의 정보가 파라미터 공간에서 accumulator cell에 계속 누적되는 것을 응용한 것이다. 먼저, $M \times N$ 크기의 이진 영상 $I_a(m, n)$ 이 주어졌을 때, $X \times Y$ 크기의 검색 영상 $I_s(x, y)$ 을 비교하여 최적의 위치를 찾는다 하자. 그리고, 그에 대응되는 $(X+M-1) \times (Y+N-1)$ 크기의 accumulator cell $B(p, q)$ 를 정의한다. 그런 다음, 초기화된 $B(p, q)$ 에 다음과 같은 과정을 검색 영상 및 비교 영상내의 모든 화소 값에 대해 수행한다.

$$\text{If } I_s(x, y) = I_a(m, n) = 1 \text{ then} \quad (1)$$

$$B(x-m, y-n)++$$

여기서, 가장 큰 $B(p, q)$ 를 보이는 위치를 최적의 위치로 판단한다. AB 정합방법은 이진화된 위성영상과 항공영상간의 좌표 비교만으로 이루어지므로, 매우 적은 계산량이 필요할 뿐만 아니라, 서로 다른 특성을 가진 두 영상들을 적절히 정합할 수 있다는 장점이 있다.

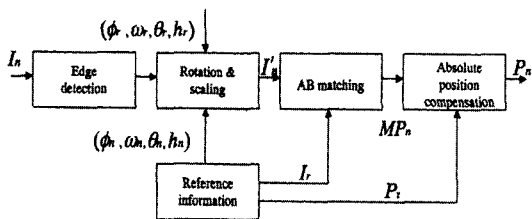


그림 1. IRS 위성영상을 이용한 절대위치 보정의 블록 선도

Fig. 1. Block diagram of absolute position compensation using IRS satellite image.

그림 1은 AB 정합을 이용한 절대위치 보정 기법의 블록 선도를 도시한 것이다. 이 기법에서는 이진화된 위성 영상 및 그의 자세 정보가 미리 준비되어 시스템에 저장되어 있다고 가정한다. 준비된 위성 영상 근방의 입력 영상이 취득되면, 먼저 취득된 영상 내의 잡음

을 제거하기 위해 1, 3, 7, 3, 1의 계수를 갖는 가우시안 필터로 2차원 필터링을 수행한다. 그런 다음, 취득된 영상의 자세 정보와 위성 영상의 자세 정보를 이용하여 3차원 영상 보정을 수행하여 취득된 영상이 위성 영상과 동일한 자세 및 크기를 갖도록 한다. 취득 영상의 이진화는 성능이 우수한 것으로 알려진 Canny 알고리즘^[6,7]을 통해 이루어진다. 이진화된 취득 영상은 미리 준비된 이진화된 위성 영상과 AB 정합을 수행하여 최적의 위치를 추정한다. 이 때 얻어진 위치는 영상 평면상의 위치이므로 이를 실제 위치로 변환함으로써 비행체의 절대 위치를 얻는다.

III. 영상항법변수 추출 시스템의 구현

본 절에서는 TMS320C80 MVP 보드의 특성에 대해 알아보고 영상 항법변수 추출 알고리즘의 실시간 구현에 대해 알아본다.

1. 실험환경

본 논문에서 채택한 영상 항법변수 추출 시스템의 구성도는 그림 2와 같다. 그림 2에 보인 바와 같이 시스템은 실험 영상을 제공하는 비디오 카메라, 비디오 카메라로부터 입력된 영상을 이용하여 영상 항법변수를 추출하는 DSP 보드, 그리고 결과를 표현하기 위한 모니터 등으로 구성된다. 여기서 DSP 보드는 IBM 호환 PC에 PCI 버스로 접속된 것으로, 표 1에 그 사양을 제시한 바와 같이, TI사의 TMS320C80 MVP를 비롯하여, 40MBytes의 DRAM, 실험 영상 취득을 위한 NTSC 영상 입력부, 결과 표현을 위한 RGB 영상출력부 등으로 구성된다. 본 논문에서는 반복적인 실험이 가능하도록, Hi-8mm 비디오 카메라가 탑재된 경비행기를 이용하여, 자세 정보와 함께 실험 영상을 미리 취득하였다. 그런 다음, 실험 편의상 자세 정보 및 관련 DEM을 40MBytes의 DRAM에 저장하고, 비디오 카메라에서 재생된 실험 영상을 DSP 보드에 입력시켜 알고리즘의 동작을 확인한다. 여기서 PC는 단순히 프로그램 설치, 중간 결과 확인 등 실험 보조용으로만 사용되고 실제 알고리즘의 수행과는 무관하다. 따라서, 실제 시스템에서는 DSP 보드만으로 영상 항법변수 추출 시스템을 구현할 수 있으므로, 매우 간단한 시스템 제작이 가능하다.

본 시스템에서 모든 연산을 수행하는 TMS320C80 MVP^[8]는 하나의 칩에 한 개의 MP(master processor)

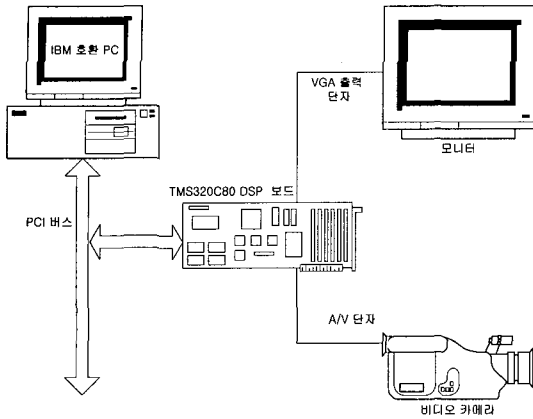


그림 2. 영상 항법변수 추출 시스템의 HW 구성
Fig. 2. Hardware structure of navigation parameter extraction system.

표 1. MVP의 하드웨어 사양
Table 1. MVP hardware specification.

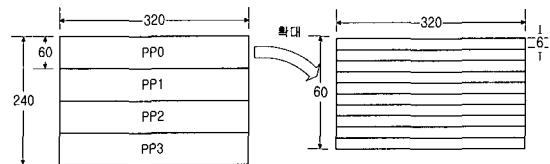
| | |
|-------------------|---|
| performance | 40MHz MIMD (1MP+4PPs) |
| external bus | 1 external bus (400M bytes/sec) direct DRAM interface up to 50 bits |
| internal data RAM | 2KB×3 |
| external memory | 40 Mbyte DRAM |
| video memory | 4 Mbyte VRAM |
| display output | RGB |
| video input | NTSC |

와 4개의 PP(parallel processor)로 불리는 총 다섯 개의 프로세서가 집적된 것이다. 이 칩에는 2KB 단위의 50KB의 on-chip SRAM이 있는데 이들은 cross-bar switch를 통해 5개의 프로세서가 독립적으로 연결되어 있어, 5개의 프로세서를 이용하는 다양한 병렬 처리 방법을 제공한다. 이외에도 외부 메모리간의 데이터 교환을 전담하는 TC(transfer controller), 비디오 인터페이스를 담당하는 VC(Video Controller)가 있어 멀티미디어 응용 프로그램에 알맞은 기능을 제공한다^[8].

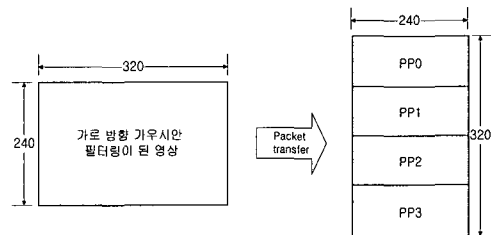
2. IRS 정합의 구현

MVP에서는 대부분의 연산이 4개의 PP를 이용하여 이루어지므로, IRS 위성 정합을 MVP로 구현하기 위해서는 알고리즘의 각 부분을 4개의 PP에 적절히 배분하여 처리하는 효과적인 병렬처리 방법이 모색되어야 한다. MVP는 외부 메모리를 사용하는 것에 비해 내부 메모리를 사용하는 것이 동작시간 측면에서 매우 효과

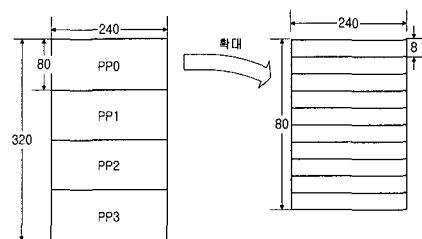
적이며, 외부 메모리의 내용을 내부 메모리로 가져올 때에 개별적으로 가져오는 DEA(direct external access)에 비해 PT(packet transfer)를 이용하는 것이 수 배 정도 효율적이다. 또한, 각 PP들은 3개의 2KBytes 크기의 data RAM, 즉, 총 6KBytes의 data RAM을 독립적으로 사용할 수 있다. 따라서, MVP를 효율적으로 사용하기 위해서는, 이러한 점들을 활용하여 각 PP에 적절한 작업을 배분하고, 외부 데이터를 입출력할 때 각 PP에 있는 6KBytes의 data RAM을 충분히 활용할 수 있도록 해야 한다. IRS 정합은 크게 가우시안 필터링, 영상 보정, Canny 방법을 이용한 이진화, AB 정합 등으로 이루어지는데, 각 부분은 동일한 연산의 반복으로 실행되므로, PP를 이용한 병렬처리는 SIMD(single instruction multiple data) 형식으로 이루어지는 것이 효율적이다. 이제부터 각 부분을 4개의 PP들을 활용하여 처리하는 방법을 구체적으로 설명하겠다.



(a) 가로 방향의 가우시안 필터링을 위한 영상 분할



(b) 계산량 감축을 위한 PT



(c) 세로 방향의 가우시안 필터링을 위한 영상 분할

그림 3. 가우시안 필터링을 위한 영상 분할
Fig. 3. Partitioning of aerial image for Gaussian filtering.

먼저, 입력된 영상은 가우시안 필터링하게 되는데, 그림 3와 같이 PP 4개를 사용하여 가로 및 세로 방향으로 필터링을 수행한다. 가우시안 필터링에서는 입력과 동일한 수의 출력이 산출되므로, 각 PP는 2 set의 연속 데이터를 저장할 수 있는 data RAM의 최대 크기인 2KBytes 단위로 영상신호를 처리하게 된다. 가로 방향 가우시안 필터링을 위해서 그림 3(a)와 같이 영상을 60 lines 단위로 분할하여 4개의 PP들에서 각각 처리되도록 하며, 각 PP에서는 6 lines 단위 즉 1920 화소씩 PT로 입출력하여 처리한다. 세로 방향 필터링에서는 효율적인 처리를 위해 그림 3(b)에 보인 바와 같이 가로 방향으로 가우시안 필터링된 영상을 세로 방향으로 읽어서 내부 data RAM에 가로 방향으로 기록함으로써 마치 영상인 것처럼 처리할 수 있도록 한다. 실제 처리되는 것은 그림 3(c)에 보인 바와 같이 각 PP에 크기의 영상을 처리하도록 하고, 각 PP는 단위로 입출력하여 세로 방향 가우시안 필터링을 수행한다.

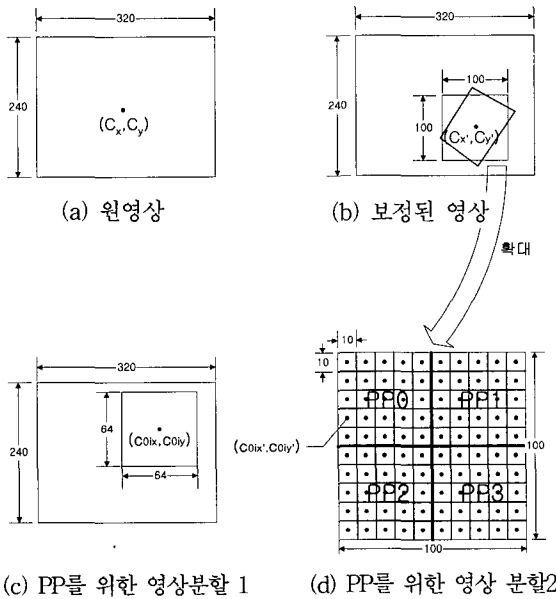


그림 4. IRS 위성 영상을 이용한 절대 위치 보정에서의 영상 보정을 위한 영상 분할
 Fig. 4. Partitioning of aerial image for absolute position compensation using IRS satellite images.

영상 보정에서는, 정확한 정합이 이루어지도록 하기 위하여, 입력 영상을 취득할 때의 자세와 위성 영상의 자세를 참조하여, 입력 영상이 위성 영상과 같은 자세

를 갖도록 3차원 변환을 수행한다. 일반적으로, 위성 영상에 비해 입력 영상의 해상도가 높으므로, 보정된 영상은 100×100 크기의 영상으로 축소된다. 효율적인 구현을 위해 먼저, 그림 4(a)에 보인 원 영상에서의 중심점 (C_x, C_y) 를 body-to-navigation 변환하여 그림 4(b)에 보인 바와 같이 보정된 영상에서 대응되는 좌표 (C_x', C_y') 를 계산한다. 그런 다음, (C_x', C_y') 를 중심으로 한 100×100 블록을 4등분하여 4개의 PP들이 해당 영역의 보정된 영상을 구하도록 한다.

IRS 영상 정합의 다른 부분에 비해 Canny 기법을 이용한 이진화는 전체 영상에 대하여 수행해야 하므로, 4개의 PP를 이용하여 병렬 처리하기에는 부적절할 뿐만 아니라, 수행 시간이 비교적 짧으므로 1개의 PP만을 이용하여 수행하였다.

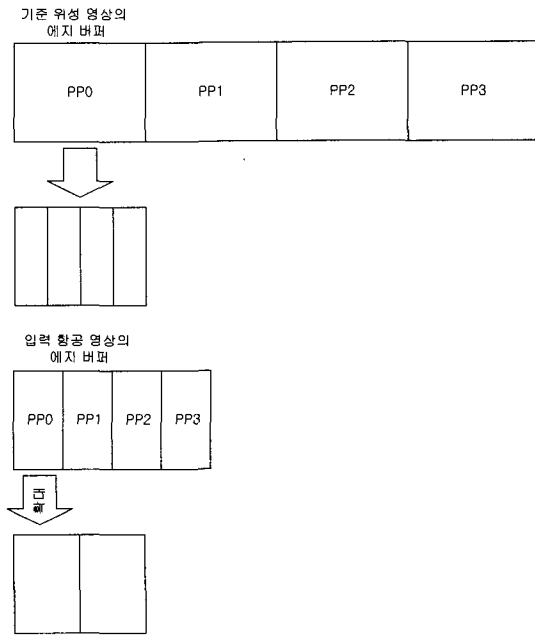


그림 5. AB 정합을 위한 버퍼 구성
 Fig. 5. Configuration of buffer for AB matching.

그림 5는 AB 정합단계에서 PP 4개를 이용한 병렬처리에 대해 나타낸다. AB 정합단계는 추출된 에지를 에지 버퍼에 저장하는 단계와 기준 위성영상의 에지 좌표와 입력 항공영상의 에지 좌표간의 차를 구하여 AB 버퍼에 저장하는 단계 및 AB 버퍼에서 최대값을 구하는 세 가지 단계로 구성되어 있다. 첫 번째 단계에서는 보정된 입력영상을 가로 방향의 4개로 분할하여 에지 좌표를 저장하였다. 두 번째 단계에서는 AB 버퍼의 크기

를 64×64로 제한하여 각 PP의 내부 메모리에 할당된 후, 입력항공영상의 에지 버퍼는 1/2로 분할하고, 기준 위성영상의 에지 버퍼는 1/4로 분할함으로써 PP 4개를 모두 사용하여 수행한다. 마지막 단계에서는 AB 버퍼를 4등분하여 4개의 PP에서 최대값을 찾으도록 하였다.

3. 통합 항법변수 추출 시스템

통합 항법변수 추출 시스템은 매초 취득되는 영상을 이용하여 비행체의 항법변수를 추출한다. 이때, 상대위치 추정은 매 프레임마다 수행되고, 절대위치 보정은 기준 영상이 존재하는, 미리 정해진 보정 구간에서만 수행된다. 그러나, 현재 구현된 절대위치 보정은 적용되는 방법에 따라서 처리 시간이 1초를 초과하기도 한다. 따라서, 효과적인 구현을 위해서 그림 6과 같이 알고리즘이 수행되도록 하였다.

먼저, DSP 보드의 영상 입력부에서는 1초에 30장의 640×480 크기 영상을 취득하는데, 이 중 초당 1장의 영상을 320×240 크기로 줄인 상태로 메인 메모리로 옮겨 항법 변수 추정에 사용한다. 상대위치 추정에서는 연속하는 두 영상사이에 적어도 영상 전체 면적의 1/2 이상 중첩되도록 하는 간격을 유지하여야 하는데, 이를 위해 1초 간격으로 항공영상을 취득하고 이는 실시간 수행조건이 된다. 영상 취득 과정은 항법 변수 추정작업 (주 작업)과 무관하게 ISR(interrupt service routine)

에 의해 수행되는데, 메인 메모리로 영상을 옮길 때마다 주 작업에 message를 전달하여, 입력 영상이 메인 메모리의 특정 영역에 있음을 알린다.

주 작업은 그림 6에 보인 바와 같이, 초기화를 거친 다음, 영상 취득 ISR로부터 전달된 message가 있는지를 확인한다. 만약 message가 존재한다면, 모든 message가 없어질 때까지 상대위치 추정을 반복적으로 수행한다. 만약 message가 없다면, 새로운 영상이 입력되었는지를 확인한 다음, 이 영상이 절대위치 보정 구간 내의 영상이라면 절대 위치 보정을 수행한다. 만약 절대위치 보정이 성공적이지 않다면, 다음에 입력되는 영상에 대하여 다시 절대위치 보정을 수행한다. 절대 위치 추정이 끝나면, 영상정합 척도를 판단하여 정합 성공 여부를 결정한다. 만약 정합 성공이라면, 절대위치 보정 구간을 갱신하여 다음 보정 기간에 도달하였을 때 절대위치 보정이 이루어지도록 한다. 그렇지 않다면, 다음에 입력되는 영상을 이용하여 다시 절대위치 보정을 수행한다.

상대위치 추정 기법은 Kim 등^[45]이 제시한 바와 같이 약 16ms에 실행되므로, 절대위치 보정 기법을 수행하는 시간에 비하면 매우 짧은 시간이다. 따라서, 초당 1장씩 입력되는 영상에 대하여 놓침 없이 상대위치 추정을 수행하려면, 절대위치 보정을 수행하는 최대 수행 시간동안 입력 영상을 저장할 수 있을 만큼 메인 메모리 공간을 설정하면 된다. 본 논문에서는 최대 4프레임의 입력 영상을 일시 저장할 수 있는 공간을 메인 메모리에 설정하였다.

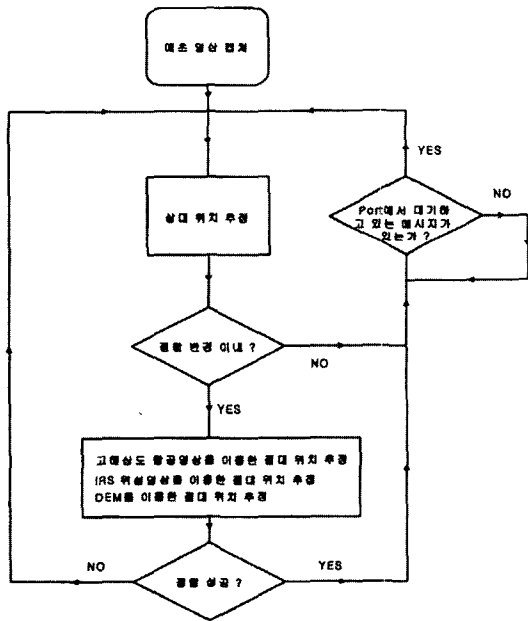


그림 6. 통합 시스템의 흐름도
Fig. 6. Flow chart of the integrated system.

IV. 실험결과

본 절에서는 영상 항법변수 추출 알고리즘을 MVP에 구현한 결과에 대해서 살펴본다. 먼저, 계산 시간 측면에서 성능을 살펴봄으로써 실시간 처리 가능성을 검토하고, 추정경로 오차를 살펴봄으로써 영상 항법변수 추출 시스템의 성능을 평가해 본다.

본 논문에서는 대전 근방에서 헬기 1차레와 경비행기 3차레를 비행하여 Hi-8mm 비디오 카메라로 취득된 영상 중에서 경비행기 2차 영상을 중심으로 그 성능을 살펴본다. 실험에서는 Hi-8mm 비디오 카메라로부터 초당 1장씩 NTSC 영상을 320×240크기로 취득하여 영상 항법변수를 추출하였다. 그리고, 절대위치 보정을 위한 기준 영상 및 비행 궤적상의 DEM 정보는 DSP 보

드의 40MBytes 크기 DRAM에 미리 수록하여 두었다. 본 실험에서 영상을 취득할 때, 비행체의 고도는 약 1800m이고, 속도는 약 70-90m/sec이다. 그리고, 320×240 크기의 영상은 약 400m×300m 크기의 지표 영역을 포함한다. 따라서, 320×240 크기로 초당 1 프레임 비율로 취득한 영상은 본 알고리즘을 통하여 항법 변수를 추정하기에 적합한 특성을 가지고 있다. 즉, 이전 프레임과 현재 프레임이 50% 이상 겹쳐져 있어 상대위치 추정 기법의 안정적인 동작을 보장하고, IRS 및 위성 영상에 비해 비교적 높은 해상도를 유지하므로 절대 위치 보정에서의 추정 정밀도를 높일 수 있다.

1. 계산성능평가

표 2에서는 3.2 절에서 설명한 바와 같이 4개의 PP들을 이용한 IRS 위성영상 정합의 계산시간을 제시하였다. 표 2를 참조하면, 가우시안 필터링과 영상 보정은 4개의 PP들을 활용하여 각각 68msec와 195msec의 시간이 소요되었다. 반면에 Canny 연산자를 이용한 에지 추출은 1개의 PP를 이용하지만 비교적 계산량이 적으

표 2. IRS 위성영상 정합의 처리시간(단위: msec)

Table 2. Processing time of the IRS satellite image matching(unit: msec).

| 처리 과정 | 처리시간 |
|----------|------|
| 가우시안 필터링 | 68 |
| 영상보정 | 195 |
| 에지 추출 | 112 |
| 영상 정합 | 306 |
| 기타 | 36 |
| 총 실행시간 | 717 |

표 3. 통합항법변수추출 시스템 추정처리시간(단위: msec)

Table 3. Processing time of the integrated navigation parameter extraction system.

| 통합항법변수 추출 방법 | 처리시간 |
|--------------|------|
| 상대위치 추정 | 16 |
| 고해상도 영상 정합 | 1976 |
| IRS 위성영상 정합 | 717 |
| DEM 정합 | 2979 |

므로 112msec가 소요되었다. 그리고, 영상 정합은 4개의 PP들을 이용하여 306msec가 소요된 것으로 측정되었다. 따라서, 한 frame의 영상을 IRS 위성 정합을 하는데, 영상 입출력 등 기타 작업을 위한 시간을 포함하여 총 717msec가 소요된 것으로 측정되었다.

표 3에서는 통합항법변수추출 시스템을 구현하였을 때, 상대위치 추정 및 절대위치 보정의 세 가지 방법을 처리하는데 소요된 시간을 제시하였다. 표 3을 참조하면, 입력되는 영상들에 대해 모두 적용해야 하는 상대위치 추정은 비교적 계산량이 적으므로 약 16msec만에 한 frame의 영상을 처리할 수 있었다. 반면에 복잡한 연산을 포함하는 고해상도 영상 정합, IRS 위성영상 정합, DEM 정합 등 절대위치 보정의 3방법들은 각각 1976msec, 717msec, 2979msec의 시간이 소요되는 것으로 나타났다. 본 시스템이 초당 한 frame의 영상을 처리한다는 점과 표3에 제시된 각 방법에서의 계산 시간을 참조하면, IRS 위성영상 정합이 요구되는 프레임에 대해서는 IRS 위성영상 정합과 상대위치 추정을 1초 이내에 처리할 수 있음을 알 수 있다. 반면에 고해상도 위성영상 정합이나 DEM 정합의 경우 계산 시간이 1초를 초과하므로, 3.3절에서 설명한 바와 같이 입력 영상을 일시 저장할 수 있는 공간이 필요하며 이렇게 함으로써 초당 1장씩 입력되는 영상을 놓침 없이 상대위치 추정을 실행할 수 있다. 표 3에 의하면, 절대위치 보정에서 가장 긴 계산 시간은 DEM 정합 시인 2979msec이므로, 상대위치 추정을 위한 시간 등을 참조하여 최대 4장의 영상을 저장할 수 있는 공간을 확보하는 것이 필요하다는 것을 알 수 있다. 이렇게 함으로써 통합항법변수 추출 시스템은 매 1초당 입력되는 영상을 실시간으로 처리할 수 있다.

2. 추정성능평가

추정성능평가는 통합시스템과 상대위치 추정 기법의 추정 정확도를 비교해 보고, 추정 경로와 추정오차 그래프를 살펴봄으로써 상대위치 추정으로 누적된 위치 오차의 보정효과를 살펴본다. 본 실험에서는 비행체의 경로 중 정합이 잘 이루어질 수 있는 특징을 가진 총 6개의 후보지역들을 절대위치 보정에 적합한 기준 영상으로 선정하였다. 위성영상의 경우 해안선, 하안선, 도로, 산의 경계면 등 에지를 추출할 때 뚜렷한 선의 모습을 나타내는 지형과 같이 그 주변에 다른 많은 에지를 나타낼 수 있는 복잡한 지형이 없는 지역이어야 한다. 절대위치 보정에서 정합에 성공할 수 있는 정합 반

경은 고해상도 영상 정합 및 IRS 위성영상 정합의 경우 500m 이고, DEM을 이용한 경우에는 100m이다. 그림 7(a)의 비행계획 그래프에서는 절대위치 보정 지역에 대해 반경을 표시하였고, 각각의 절대위치 모드를 도시하였다(고해상도: H, IRS 위성영상: I, DEM: D). 그림 7(b)의 추정오차 그래프에서는 상대위치 추정 오차와 통합시스템 오차 그래프를 비교하였다. 오차 그래프를 살펴보면 절대위치 보정이 이루어지는 부근에서 추정 오차가 0m에 가깝게 감소하는 것을 볼 수 있으나, 정확히 0m로 줄어들지는 않는데, 그 이유는 정합된 위치를 UTM(universal transverse mercator) 좌표로 변환하여 위치를 갱신하는 과정에서 스케일링 과정이 들어가고, 기준 영상에서 정확히 UTM 좌표를 알고있는 점은 중심점뿐이므로 중앙에 정합하지 않은 경우에 오차가 발생하기 때문이다. 실험결과를 통해 기존의 상대위치만으로 항법변수를 추출한 경우보다 절대위치 보정을 결합시킨 통합 항법변수 추출 시스템으로 항법변

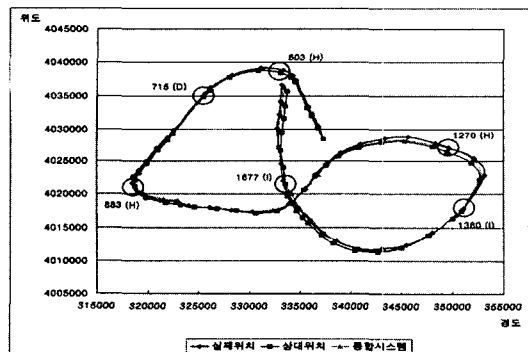
수를 추출했을 때 평균적인 위치 차이와 최종위치의 오차가 더 감소되었다는 것을 확인할 수 있다. 즉, 상대위치 추정에 의한 평균오차와 최종오차는 각각 493.260m와 1083.373m인데 반해 통합시스템에서는 평균오차가 219.400m이고 최종 오차는 379.072m로인 것으로 측정되어 절대위치 보정을 사용한 통합 시스템은 추정 성능을 크게 개선시킴을 알 수 있었다.

V. 결 론

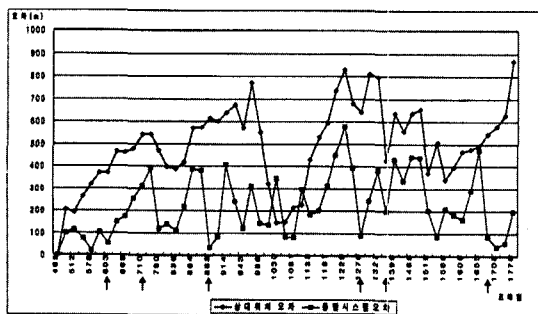
본 논문에서는 현재입력 영상과 이전 입력영상을 이용해 움직임 벡터를 추출하여 현재의 위치를 추정하는 상대위치 추정 기법과 누적된 오차를 보정해주는 절대위치 보정 기법에 대해 알아보고, TMS320C80 MVP 보드를 사용하여 이미 비행한 지역의 항공영상을 실시간 비디오 입력을 받아 상대위치 추정과 절대위치 보정이 결합된 통합시스템을 실시간으로 처리하고 계산 성능과 추정성능을 평가하였다. 통합 시스템은 병렬처리를 적용하여 실시간으로 처리할 수 있음을 확인하였고, 추정오차 그래프를 통해 추정 성능이 더욱 개선되었음을 알 수 있었다. 본 연구에서 구현된 시스템은 C 레벨에서 구현된 것으로 향후 기계어 수준에서 프로그램을 최적화한다면, 보다 향상된 계산 성능을 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] 심동규, 정상용, 이도형, 박래홍, 김인철, 이상욱, "항공영상을 이용한 하이브리드 영상 항법 변수 추출," 전자공학회논문지-S, 제 35-S권, 제 2호, pp. 146-156, 1998년 2월
- [2] O.-K. Kwon, D.-G. Sim, and R.-H. Park, "Robust Hausdorff distance matching algorithms using pyramidal structures," Pattern Recognition, vol. 34, no. 10, pp. 2005-2013, Oct. 2001.
- [3] 오영석, 심동규, 박래홍, 김인철, 이상욱, "IRS 위성영상을 이용한 절대위치 추정," 전자공학회 논문지, 제 38권 SP편, 제 5호, pp. 1-11, 2001년 9월.
- [4] 김인철, 반성범, 김관석, 박래홍, 이상욱, "TMS 320C80을 이용한 상대 위치 추정의 다중 처리," 제11회 영상처리 및 이해에 관한 워크샵 발표 논문집, pp. 213-217, 1999년 2월



(a)



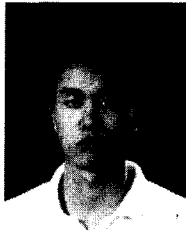
(b)

그림 7. 통합시스템 추정결과(단위 : m) (a) 추정경로 (b) 추정오차

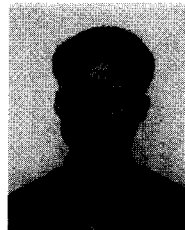
Fig. 7. Estimated trajectory of the aircraft by the integration system using the MVP for test aerial image(unit : m). (a) estimated trajectory, (b) estimation error.

- [5] K.-S. Kim, J.-H. Park, R.-C. Kim, R.-H. Park, S. U. Lee, and I.-C. Kim, "Real-time implementation of the relative position estimation algorithm using the aerial image sequence," Real-Time Imaging, vol. 8, no. 1, pp. 11~21, Feb. 2002.
- [6] L. Lam, S.-W. Lee, and C. Y. Suen, "Thinning methodologies-A comprehensive survey," IEEE Trans. Pattern Analysis Machine Intelligence, vol. PAMI-14, pp. 869-885, Sep. 1992.
- [7] J. Canny, "A computational approach to edge detection," IEEE Trans. Pattern Analysis Machine Intelligence, vol. PAMI-8, pp. 679-698, Nov. 1986.
- [8] TMS320C80 Multimedia Video Processor System-Level Synopsis, Texas Instruments Inc., 1995.

저 자 소 개



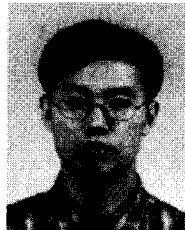
辛 相 潤(正會員)
 1999년 2월 : 서강대학교 전자공학과 졸업(공학사). 2001년 2월 : 서강대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사). 현재 : 삼성 전자 연구원. <주관심분야 : 영상압축>



朴 仁 暎(正會員)
 1998년 : 서강대학교 전자공학과 졸업(공학사). 2000년 : 서강대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사). 현재 : ㈜엔지티 팀장. <주관심분야 : 위성영상처리>



李 永 三(正會員)
 2000년 2월 : 서울시립대학교 공과대학 전자전기공학 부 졸업(이학사). 2002년 2월 : 서울시립대학교 대학원 전자전기공학과 졸업(공학석사). 현재 : 줄라이네트 연구원. <주관심분야 : MPEG-4 application, Wavelet기반의 영상코딩, 비디오 코딩, Computer Vision등>



李 甬 奎(正會員)
 1997년 2월 : 서강대학교 자연과학대학 물리학과 졸업(이학사). 1999년 2월 : 서강대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사). 현재 : 삼성전자 선임연구원. <주관심분야 : Real Time System, Set Top Box>

金 官 奭(正會員)

1998년 2월 : 서강대학교 공과대학 전자공학과 졸업(공학사). 2000년 2월 : 서강대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사). 현재 : 네오웨이브㈜ 전임연구원. <주관심분야 : 컴퓨터 비전>



鄭 東 旭(正會員)
 1999년 2월 : 서강대학교 전자공학과 졸업(공학사). 2001년 2월 : 서강대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사). 현재 : NGT 전임연구원. <주관심분야 : 패턴인식, 컴퓨터 비전 등임>

金 麟 澈(正會員) 第38卷 SP編 第5號 參照

현재 : 서울 시립대학교 전자전기컴퓨터공학부 교수

朴 來 弘(正會員) 第38卷 SP編 第5號 參照

현재 : 서강대학교 전자공학과 교수

李 商 郁(正會員) 第38卷 SP編 第5號 參照

현재 : 서울대학교 전기공학부 교수