

항공영상을 이용한 항법변수 추출 알고리즘의 실시간 구현

박인준*, 신상윤*, 정동욱*, 김관석*, 오영석*, 이민규*, 김인철**, 박래홍*, 이상욱***

*서강대학교 전자공학과

**서울시립대학교 전자전기공학부

***서울대학교 전기공학부

Real-Time Implementation of the Navigation Parameter Extraction from the Aerial Image Sequence

In-Joon Park*, Sang-Yoon Shin*, Dong-Wook Jung*, Kwan-Suk Kim*,
Young-Suk Oh*, Min-Kyu Lee*, Lin-Chul Kim**, Rae-Hong Park*, Sang-Uk Lee***

*Dept. of Electronic Eng., Sogang Univ.

**School of Electrical Eng., Univ. of Seoul

***School of Electrical Eng., Seoul National Univ.

pij@eevision1.sogang.ac.kr, ssy@eevision1.sogang.ac.kr, jdw@eevision1.sogang.ac.kr,
kks@eevision1.sogang.ac.kr, oys@eevision1.sogang.ac.kr, lmg@eevision1.sogang.ac.kr,
rin@uoscc.uos.ac.kr, rhpark@ccs.sogang.ac.kr, sanguk@sting.seoul.ac.kr

요 약

본 논문에서는 영상 항법 변수 추출 알고리즘의 실시간 구현에 관해 연구하였다. 영상 항법 변수 추출 알고리즘은 이전 위치를 기준으로 현재 위치를 추정해내는 상대위치 추정 알고리즘과 상대위치 추정에 의해 누적되는 오차를 보정하기 위한 절대위치 보정 알고리즘으로 구성된다. 절대위치 보정 알고리즘은 고해상도 영상과 IRS (Indian Remote Sensing) 위성영상을 기준영상으로 이용하는 방법 및 DEM (Digital Elevation Model) 을 이용하는 방법으로 구성된다.

하이브리드 영상 항법 변수 추출 알고리즘을 실시간으로 구현하기 위해 MVP (Multimedia Video Processor)로 명명된 TMS320C80 DSP (Digital Signal Processor) 칩을 사용하였다. 구현된 시스템은 MVP의 부동 소수점 프로세서인 MP (Master Processor) 를 고

정 소수점 프로세서인 PP (Parallel Processor) 를 제어하거나 삼각함수 계산과 같은 부동 소수점 함수를 계산하는데 사용하였고, 대부분의 연산은 PP를 사용하여 수행하였다. 처리시간이 많이 필요한 모듈에 대해서는 고속 알고리즘을 개발하였고, 4개의 PP를 효율적으로 사용하기 위한 영상분할 방법에 대해 제안하였다.

비행체에서 캡코더를 이용해 촬영한 연속 항공 영상과 비행체의 자세정보를 입력으로 실시간 시뮬레이션하였다. 실험결과는 하이브리드 항법 변수 추출 알고리즘의 실시간 구현이 효과적으로 구현되었음을 나타내고 있다.

1. 서 론

영상 항법 변수 추출 시스템은 비행 중에 취득한 영상 자료로부터 비행체의 항법에 관계된 비행체의 위치 및 속도 등의 정보를 포함한 항법 변수를 추출하는

것이다. 이 시스템은 연속된 항공 영상으로부터 항법 변수를 추출해내는 상대위치 보정과 여기서 발생되어 시간이 흐를수록 누적되는 오차를 보정해 주기 위한 절대위치 보정으로 구성된다. 본 논문에서는 상대위치 추정과 절대위치 보정으로 구성되는 항법 변수 시스템의 실시간 시스템 구현에 관한 연구를 하였다.

2. 영상 항법 변수 추출 시스템

영상 항법 변수 추출 시스템은 그림 2-1과 같다. 이것은 비행 중에 취득한 현재영상과 이전영상간의 스테레오 정합을 응용한 상대 위치 추정 시스템과 기준영상 혹은 DEM을 이용한 절대 위치 보정 시스템으로 구성되어 있다.

3. 상대 위치 추정 알고리즘

상대 위치 추정은 연속적으로 입력되는 항공 영상을 정합하고 정합점과 비행체의 자세 정보를 이용하여 항법변수를 추출하는 것으로 항법 시스템의 성능을 크게 좌우한다. 상대 위치 추정은 이전영상에서 분산이 가장 큰 지점을 특징점으로 보아 추출하고 현재영상 및 이전영상의 자세정보와 고도를 이용하여 추출된 특징점에 대해서만 영상보정을 수행한다. Normalized Cross Correlation을 이용하여 현재영상에서 정합되는 위치를 피라미드방식으로 찾아낸 후 이미 구축된 DEM을 이용하여 속도를 추출하여 현재위치를 갱신한다.

4. 절대 위치 보정 알고리즘

상대 위치 추정 알고리즘에 의해 현재의 위치를 추정해 나가면서 축적되는 오차를 보정하기 위한 방법으로 세 가지의 절대 위치 보정 알고리즘을 구현하였다. 목적지를 이미 비행하여 고해상도의 기준영상을 보유하고 있는 경우에 사용하는 고해상도 영상을 이용

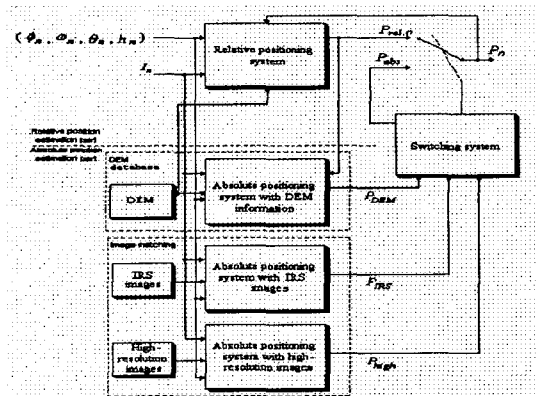


그림 2-1. 영상 항법 변수 추출 시스템의 블록도

한 절대 위치 보정 알고리즘과 고해상도 기준영상을 보유하고 있지 않은 경우에 사용하는 위성영상을 이용한 절대 위치 보정 알고리즘, 마지막으로 영상의 특징점이 별로 없는 산악지형에 대한 보정을 위해 DEM을 이용한 절대 위치 보정 알고리즘이다.

5. MVP를 이용한 실시간 구현

본 절에서는 영상 항법 시스템을 실시간 구현하기 위한 방안에 대하여 설명한다. 실시간 영상 항법 추출 시스템은 [2],[3]에서 소개한 바와 마찬가지로 모든 연산이 PP에서 효과적으로 수행될 수 있어야 하므로, 입력 데이터의 크기를 참조하여 고정 소수점 연산에 의한 영향이 최소가 되도록 계산 정밀도를 조정하였다. 상대 위치 추정 및 절대 위치 보정을 실시간으로 구현하기 위한 영상분할 및 고속 알고리즘을 사용하였다

5.1 MVP 시스템 소개

본 논문에서 사용하는 TMS320C80 MVP는 하나의 칩에 1개의 MP (Master Processor)와 4개의 PP (Parallel Processor) 등 5개의 프로세서가 집적된 것으로, 이 칩에는 2KB 단위의 50KB on-chip RAM이 있는데 이들은 cross-bar switch를 통해 5개의 프로세서에 독립적으로 연결될 수 있어, 다양한 병렬 처리 알고리즘을 수행할 수 있다. 이외에도 chip 내/외부 메모리간의 데이터 교환을 전담하는 하드웨어인 TC (Transfer Controller), 그리고 비디오 인터페이스를 담당하는 VC (Video Controller)가 있어 멀티미디어 응용 프로그램에 알맞은 기능을 제공한다.[5]

본 논문에서는 IBM 호환 PC에 PCI bus로 접속한 보드에 40MHz의 MVP를 탑재한 모듈을 사용하였으며, 이 모듈의 중요한 사양은 표 1에 제시하였다.

5.2 실시간 구현 방법

TMS320C80 DSP 보드에서 고속 병렬처리를 위해서는 제한된 메모리를 잘 분할하여 사용하여야 하므로, 4개의 PP가 병렬로 처리할 수 있도록 영상을 분할하는 것이 가장 중요하다.

먼저 상대 위치 추정 알고리즘을 고속으로 구현하기 위해 특징점 추출 과정에서 sliding window 방식을

표 1. MVP 보드 사양.

system clock	40MHz
host interface	PCI host interface
external memory	40 Mbytes DRAM
video memory	4 Mbytes VRAM
display output	RGB
video input	NTSC

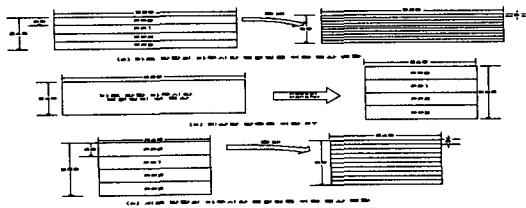


그림 5-2. 가우시안 필터링을 위한 영상 분할 채택하였으며, 영상 보정시 증분 가산 방법을 이용하여 계산량을 줄였다.[3]

고해상도 영상을 이용한 절대 위치 보정에서는 가장 계산량이 많은 부분인 영상 정합 부분에서 피라미드 방법을 사용하고, Hausdorff distance를 효율적으로 계산하기 위해 DT map을 사용하여 계산량을 감축하였다.[3]

위성영상을 이용한 절대 위치 보정에서는 계산량 감축보다는 PP 4개를 효율적으로 사용하기 위한 영상 분할에 더 중점을 두었다. Edge detection을 위해 Canny edge detector를 사용하였으므로 잡음을 제거하기 위해 Gaussian smoothing을 수행하였다. Gaussian filtering을 separable하게 구현하였는데, 320×240 영상을 4개의 PP에서 병렬로 smoothing 하기 위해 그림 5-2의 (a)에서와 같이 분할하였으며, 이를 그림 5-2의 (b)에서와 같이 세로방향으로 PT한 후 다시 (c)에서와 같이 분할하여 구현함으로써 효율적으로 PP의 내부 메모리를 사용하였다.

영상보정의 경우 320×240의 입력영상을 기준영상인 위성영상의 해상도에 맞춰 보정을 해주기 위해 미리 그림 5-3의 (a)의 중심점 (C_x, C_y)를 변환하여 그림 5-3의 (b)에 있는 (C'_x, C'_y)를 계산한 후 보정된 후의 영상크기를 고려하여 그 점을 중심으로 100×100에 해당하는 부분들에 대해서만 변환을 해줌으로써 계산량을 줄일 수 있다. 그림 5-3의 (c)에서와 같이 4개의 PP로 영상분할을 한 후, 사용할 수 있는 내부 메모리 크기를 고려하여 다시 1개의 PP당 25개의 영역으로 분할하여 보정을 실시하였다. 왜냐하면, 1개의 PP가 사용할

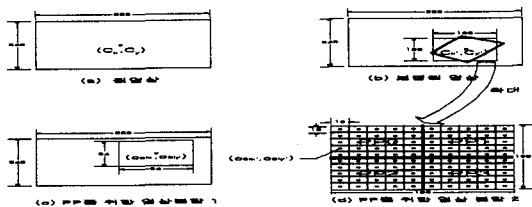


그림 5-3. IRS 위성 영상을 이용한 절대 위치 보정에서의 영상 보정을 위한 영상 분할

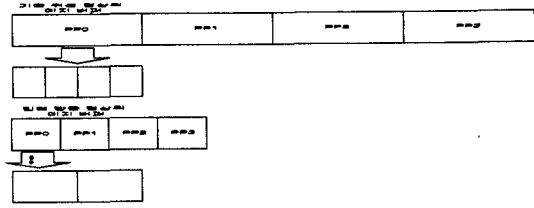


그림 5-4. AB 정합을 위한 버퍼 분할

수 있는 내부 메모리의 크기는 총 6Kb 중 연속된 메모리는 4Kb 밖에 되지 않으므로 그림 5-3의 (d)와 같이 4Kb에 해당하는 64×64 영상이 보정한 후의 크기에 해당하는 10×10 크기의 영상으로 분할해야 한다.

그림 5-4는 AB 방법으로 정합을 할 때에 필요한 에지버퍼를 PP의 크기에 맞게 분할한 방법을 보이고 있다. 위성영상의 에지의 수가 입력영상의 에지수보다 더 많으므로 위성영상의 에지수를 4개의 PP에 동일한 개수로 분할한 후, 이를 다시 4회에 걸쳐 수행하고 이 때 입력영상의 에지버퍼는 모든 PP에서 공유하는데, 2회에 걸쳐 수행하도록 구현하였다. 즉, 1개의 PP당 8회의 반복실행을 하게 된다.

6. 실험결과

본 절에서는 MVP 보드 상의 상대 위치 추정 수행 시간 및 절대 위치 보정 수행시간에 대해 내부 메모리를 사용하여 4개의 PP를 이용하여 병렬처리를 한 경우와 1개의 PP만을 사용한 경우에 대해 비교한다.

표 2는 상대위치 추정 알고리즘을 Workstation에서 구현했을 때와 1PP, 4PP로 나누어 비교하였다. 4개의 PP를 병렬로 구현하였을 경우 1개의 PP로 구현하였을 경우보다 약 3배의 성능 향상이 있음을 알 수 있다.

표 3은 고해상도 영상을 이용한 절대 위치 보정 알고리즘을 서로 다른 알고리즘을 사용하였을 경우에 대해 비교해 보았다. Coarse to fine 정합에 비해 피라미드 방식을 이용한 정합 방식이 처리시간 면에서 약 3배의 성능이 좋음을 알 수 있다.

표 4는 위성영상을 이용한 절대 위치 보정 알고리즘을 1개의 PP를 사용하였을 경우와 4개의 PP를 병렬로 사용하였을 경우에 대해 비교해 보았다. 이 경우 약 10배의 성능 향상을 보였는데, 이는 1PP의 경우 내부 메모리를 사용하지 않았을 경우와 내부 메모리를 사용한 4PP를 비교해 보기 위함이다.

표 5는 DEM을 이용한 절대 위치 보정 알고리즘을 사용한 PP 개수에 따라 비교했는데, 약 2.4배의 성능 향상이 있음을 알 수 있다.

그림 6-1은 헬리콥터에서 찍은 영상을 입력영상으로 하여 실시간 모의실험을 한 결과이다. 궤적에 그려

표 2. 상대위치 처리시간 (단위: 1/1000초)

	W/S	1PP	4PP
특징점 추출	21.0	10.15	3.83
영상 보정	2.9	4.77	3.04
영상 정합	1단계	75.4	108.43
	2단계	29.0	33.53
위치 추정	1.4	7.83	3.55
총 실행 시간	129.7	164.71	50.63

진 원은 절대 위치 보정을 수행하는 곳을 나타내며, H는 고해상도 영상을 I는 위성영상을 나타낸다.

그림 6-2는 추정오차를 나타내었다. 절대 위치 보정을 하는 곳에서 위치 오차가 작아짐을 알 수 있다.

표 6은 상대 위치 추정만으로 모의실험을 한 경우의 최종오차 및 평균오차와 절대 위치 보정 알고리즘을 첨가하여 구현한 후의 최종오차 및 평균오차를 비교해 놓았다. 절대 위치 보정 알고리즘을 첨가함으로써 약 2배의 성능 향상이 있었음을 알 수 있다.

7. 결론

1초당 한 장의 영상을 입력받는 시스템에 대해서는 상대 위치 추정 및 절대 위치 보정 알고리즘의 처리시간을 보면 실시간 영상 항법 변수 추출이 가능하다는 것을 보였으며, 비행 모의실험을 통해 비교적 정확한 결과를 냄을 보였다. 추후과제로는 비행체의 자세정보에 더욱 강건한 상대위치 추정 알고리즘에 대해 연구하는 것이다.

8. 감사의 글

본 연구는 국방과학연구소 및 서울대 자동제어 특화센터의 연구비 지원에 의한 연구 결과입니다.

9. 참고 문헌

- [1] D.-G. Sim, et. al, "Navigation parameter estimation from sequential aerial images," IEEE International Conference on Image Processing, vol. 2, pp. 629-632, Lausanne, Switzerland, Sep. 1996.
- [2] 박재홍, 황광덕, 반성범, 김인철, 박래홍, 이상욱, "TMS320C80을 이용한 영상항법장치에의 실시간 구현," 제7차 유도무기 학술대회, 1997년 9월(ADD).
- [3] 박래홍 외, "자동제어특화 연구센터 비행중 표적인식 및 신호처리 연구실," 1단계 완료 보고서, p.198 국방과학연구소, 1997년 12월.
- [4] 박래홍 외, "자동제어특화 연구센터 비행중 표적인식 및 신호처리 연구실," 2단계 중간 보고서, p.200, 국방과학연구소, 1999년 6월.

[5] TMS320C80 Multimedia Video Processor System-Level Synopsis, Texas Instruments Inc., 1995

표 3. 고해상도 영상을 이용한 절대 위치 보정의 처리시간 (단위: 1/1000초)

	Coarse to fine	Pyramidal method
에지추출	391	66
영상보정	730	54
DT map	872	54
영상정합	222	570
총 실행 시간	2215	744

표 4. IRS 위성 영상을 이용한 절대 위치 보정의 처리시간 (단위: 1/1000 초)

	1PP	4PP
Smoothing	773.80	106.36
영상 보정	786.91	204.28
에지 추출	126.34	
영상 정합	9541.95	819.12
총 실행 시간	11229	1256.1

표 5. DEM을 이용한 절대 위치 보정의 처리시간 (단위: 1/1000초)

	1PP	4PP
특징점 추출	610.74	229.3
영상 보정	24.3	14.82
영상 정합	1단계	467.28
	2단계	173.04
위치 추정	4110.77	1863.76
총 실행 시간	5386.13	2289.62

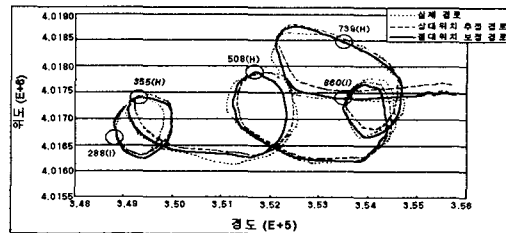


그림 6-1. 영상 항법 시스템에 의한 추정 경로

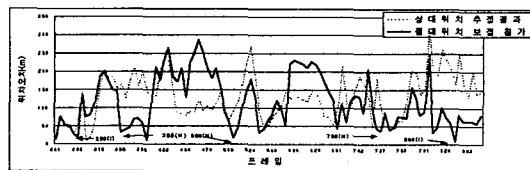


그림 6-2. 영상 항법 시스템의 추정 위치 오차 비교

표 6. 영상 항법 변수 추출 시스템에 대한 추정 정확도

	상대 위치 추정 결과	절대 위치 보정 결과
총 비행 거리	29.945 (km)	30.513 (km)
평균 위치 차이	151.45 (m)	78.88 (m)
최종 위치 차이	239.95 (m)	117.82 (m)