

DSP를 이용한 실시간 영상추적 시스템 구현

최재근*, 나종인, 안도량, 이동욱
동국대학교 전기공학과

An Implementation on the Real-Time Moving Object Tracking System Using DSP

Jae-Guen Choi*, Jong-In Na, Do-Rang Ahn, Dong-Wook Lee
Dept. of Electrical Engineering, Dongguk University

Abstract - In this thesis, a video tracker with a TMS320C31 DSP is designed and implemented. It is intended to work with PC through PCI Bus and can be used in real-time applications. The DSP board is capable of grabbing image data from camera, and calculating the position of a target, and tracking its movement. The tracking situation can be displayed in a PC monitor and displacement of the movement is fed back to pan and tilt the camera. Experimental results show that the tracker implemented here works well in real applications.

1. 서 론

정보화 세대라고 불리는 오늘날 우리가 접하게 되는 정보는 문자, 도형, 음성, 영상 등 다양한 형태를 지니고 있다. 또한 이런 정보들이 디지털화되면서 정보를 가공하는 방법도 예전에 비해 더욱 용이하게 되었다.

그러나 아직까지 영상정보를 이용하는 데에는 많은 제약이 있는 것 또한 사실이다. 영상 데이터를 획득하기 위하여 항상 사람이 직접 카메라를 조작하여야 하며, 또한 획득된 영상 데이터를 가공하기 위해서는 고가의 장비를 필요로 하기 때문이다.

본 논문에서는 이런 단점을 보완한 영상추적시스템을 구현해 보았다. 이 시스템은 카메라를 통해 영상을 획득하고 가공하기 쉬운 디지털 정보로 변환한다. 그리고 생성된 디지털 영상 데이터를 이용하여 움직이는 물체의 위치를 파악하고 카메라의 위치를 제어함으로써 영상을 추적한다.

2. 본 론

2.1 영상추적 시스템의 개요

2.1.1 개요

영상추적 시스템이란 카메라와 같은 영상 획득 장치로부터 입력된 영상신호를 해석하여 추적하고자 하는 물체의 정보를 추출하고 그 물체의 이동정보를 검출하여 지속적으로 물체를 추적해 나가는 시스템이다. 이와 같은 영상추적 시스템은 생산관리와 같은 산업분야 뿐 아니라 무인 경비, PC를 이용한 화상통신, 화상전화 등과 같은 다양한 분야에 이용될 수 있다.

2.1.2 영상추적시스템의 구현

본 논문에서 구현된 영상추적시스템은 그림 1과 같이 구성되었다. 영상데이터를 받아 처리할 수 있는 보드에 DSP를 장착하여 영상데이터를 처리할 수 있게 하

고, 컴퓨터와의 빠른 데이터 전송을 위하여 PCI인터페이스를 사용했다. DSP는 CCD카메라로부터 입력받은 영상데이터를 처리하여 물체를 추적하고, 추적데이터는 영상데이터와 함께 PCI9054를 통해 호스트PC로 전달된다. 호스트PC는 이 데이터를 가지고 CCD카메라의 방향을 바꿀 수 있는 Pan & Tilt 구동부에 데이터를 보내 물체를 추적할 수 있게 하였다. 동시에 컴퓨터 모니터에서는 물체를 추적하는 추적창을 표시하여 추적하는 상황을 보여준다.

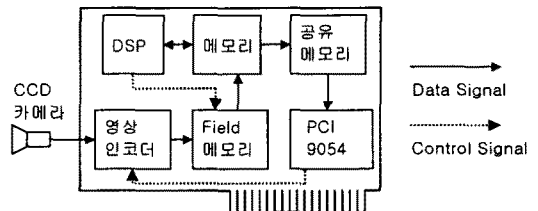


그림 1. DSP 보드 블록도

2.2 영상추적 알고리즘

물체의 움직임을 추적하는 방법은 크게 상관추적방법과 중심점추적방법으로 나눌 수 있다. 상관추적방법은 현재 프레임에서 물체를 둘러싸는 영역을 정하고 다음 프레임에서 이 영역과 가장 유사한 영역을 찾는 방법이다. 중심점 추적방법은 입력된 영상의 명도값을 사용하여 일정한 임계값을 정하고 이를 통해 배경과 물체를 분리한 후 분리된 물체의 중심점 이동을 추적하는 방법이다.

2.2.1 BMA 추적방법

BMA(Block Matching Algorithm) 추적방법은 일정 블록의 밝기 신호를 이용하여 현재 입력영상이 다음 프레임 내에서 어느 블록과 가장 비슷한가를 찾는 것이다. 이때 앞의 영상 전체를 찾을 수 없으므로 추적하고자 하는 물체를 중심으로 하는 추적창을 설정하고 프레임 내의 일정 범위를 잡아 그 범위 내에서만 각 화소 값 차이의 절대값 또는 차이의 제곱 등을 모두 더하여 그 값이 가장 적은 위치를 이동벡터로 하는 것이다. 일반적인 움직임 추정을 식으로 나타내면 다음 식과 같다.

$$I_n(x, y) = I_{n-1}(f(x, y), g(x, y)) \quad (1)$$

여기에서 $I_n(x, y)$ 는 (x, y) 위치에서 n 번째 프레임의 밝기값이며, $f(x, y)$, $g(x, y)$ 는 우리가 구하는 변환 함수이다. 변환 함수를 어떤 형태로 하느냐에 따라서 여러 가지 방법이 있는데 일반적인 BMA추적방법은 평행이동만을 고려하므로 변환함수는 다음과 같다.

$$f(x, y) = x - u_i \quad (2)$$

$$g(x, y) = y - v_i$$

여기서 u_i, v_i 는 우리가 찾고자 하는 움직임 정보의 양이다.

2.2.2 중심점 추적방법

중심점 추적방법은 물체를 배경으로부터 분리한 후 물체의 움직임을 추정하는 기법이다. 이 방법은 영상에서 배경과 물체에 대한 밝기 정보로부터 임계값을 계산하여 배경과 물체를 분리한다. 이 배경과 물체에 대한 정보로부터 추적하고자 하는 물체를 인식하고 이 물체를 둘러싸는 영역을 설정하여 물체의 초기위치 및 중심점을 계산함으로써 물체의 움직임을 추정한다. 이 방법은 비교적 연산이 간단하여 실시간 구현에 유리하고, 검색 영역을 넓게 잡을 수 있어서 빠른 물체의 움직임도 잘 추적할 수 있다. 하지만 이 방법은 배경과 물체의 구별이 확실하지 되는 단순한 영상에는 잘 적용되지만 배경과 물체의 밝기 정보값이 비슷하여 배경과 물체를 구별하기 어렵거나 배경 산란이 있는 영상에는 잘 적용되지 않는다. 또 이방법의 성능을 좌우하는 가장 중요한 것은 물체를 배경에서 추출하기 위한 효율적인 알고리즘이 이용되어야 한다는 것이다.

물체를 배경으로부터 분리해내는 방법으로 가장 간단하면서도 유용한 둘 중 하나가 히스토그램(histogram)을 이용하는 방법이다. 히스토그램은 영상의 명도내용을 요약한 것이라 할 수 있는데, 명도 히스토그램이란 각 명도에 대해 영상 안에서 그 명도를 가지는 픽셀의 개수를 나타낸다. 이와 같은 히스토그램은 영상에 대한 많은 정보를 가지게 되고 이를 처리하기가 편리하여 영상처리에 많이 이용된다.

명도 히스토그램은 영상 중에 각 픽셀을 명도 값이라는 한 개의 축에 나타낼 경우 영상의 픽셀값 분포에 의해 일정한 영역을 분할할 수 있다. 예를 들면, 명도 히스토그램을 이용하여 영상을 어떤 임계값에 의해 어두운 부분과 밝은 부분의 두 종류영역으로 분할하는 처리는 영상의 이진화로 일종의 영상분할, 즉 배경으로부터 물체를 분리해내는 것이라 볼 수 있다.

영상의 명도값을 f 로 하고 임계값 T 를 이용하여 이진화한다면 다음 식에 의해 이진화가 정의된다.

$$\begin{aligned} B(m, n) &\cong 1, f(m, n) \geq T \text{의 경우} \\ B(m, n) &\cong 0, f(m, n) < T \text{의 경우} \end{aligned} \quad (3)$$

여기에서 $f(m, n)$ 이란 추적창 내의 (m, n) 위치에서의 화소값을 나타낸다. 일반적으로 $B(m, n) = 1$ 인 픽셀집합을 대상물(Object) 영역, $B(m, n) = 0$ 인 픽셀집합을 배경(Background) 영역으로 볼 수 있다. 또한 이진영상에 대한 면적 A 는 식(4)와 같이 표현할 수 있고, 식(5)에 의해 대상물의 중심을 구할 수 있다.

$$A = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n f(i, j) \quad (4)$$

$$\begin{cases} \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n i f(i, j)}{A} \\ \bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n j f(i, j)}{A} \end{cases} \quad (5)$$

여기에서 \bar{x}, \bar{y} 는 각각 x, y 방향의 대상물의 중심을 나타내고, m, n 은 추적창의 크기를 나타낸다.

2.2.3 Dual-Mode 추적방법

Dual-mode 추적방법은 상관추적방법과 중심점추적방법의 장점을 이용한 방법이다. 영상의 콘트라스트가

높아서 영상 영역화가 잘된 경우에는 중심점추적을 하고 그렇지 않은 경우에는 상관추적방법을 이용하는 것이다. 먼저 영상 영역화를 수행한 후에 영상영역화가 성공적으로 이루어졌는가를 판단한 다음 성공적이면 중심점 추적을 하고 그렇지 않은 경우에는 상관추적방법을 하는 것이다. 즉, 영상의 상태를 판단하여 보다 우수한 추적을 하는 방법을 선택하여 물체의 움직임을 추적하는 방법이라고 할 수 있다. 또한 이 두가지 추적방법을 결합한 결합추적방법이 있는데 이는 중심추적과 상관추적에서 사용되는 히스토그램과 시공간 경사를 구하여 중심추적과 상관추적에 의한 중심 및 변위를 각각 계산하여 합한 후 순환필터를 사용하여 현재의 입력필드를 누적영상에 추가한 다음 상태처리를 수행하는 방법이다.

2.2.4 사용된 영상추적 알고리즘

추적기에 사용된 알고리즘은 그림 5와 같은 추적창을 설정하고 한 프레임의 영상데이터를 입력받아 표적창 및 배경창의 히스토그램을 구한다. 여기에서 구해진 히스토그램과 전 프레임의 히스토그램을 비교하여 물체의 움직이는 방향을 추정하는 방법이다.

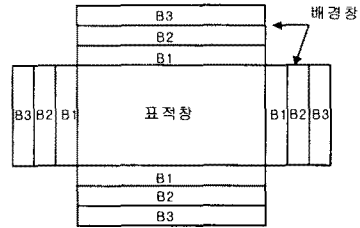


그림 2. 추적창의 형태

추적창은 1개의 표적창과 4개의 배경창으로 구성된다. 그리고 각 배경창은 다시 3개의 작은 배경창으로 분리된다. 물체의 움직임 추정은 이전 프레임에서 각 방향에 대하여 배경창으로부터 3개의 히스토그램($B_{1, n-1}(y), B_{2, n-1}(y), B_{3, n-1}(y)$)을 각각 구하고, 현재 프레임에서도 각 방향에 대하여 배경창으로부터 3개의 히스토그램($B_{1, n}(y), B_{2, n}(y), B_{3, n}(y)$)을 각각 구한다. 이전 프레임과 현재 프레임의 각 방향에 대하여 임계값 T 에 대하여 영상을 2진화하여 물체의 움직임이 있는지를 비교한다. 먼저 배경창 B1에서 물체의 움직임이 포착되면 B2를 연산하고, 움직임이 포착되지 않으면 그 방향으로 움직임이 더 이상 없다고 판단함으로써 그 방향에 대한 연산을 마친다. B2에서도 움직임이 포착되면 B3를 순차적으로 연산하여 물체의 움직임 정도를 파악한다. 이런 순차적인 연산에 의하여 필요없는 연산을 줄여 전체 연산량을 줄일 수 있게 된다. 물체의 움직임 추정은 다음 식을 사용하였다.

$$\sum |B_{n-1}(y) - B_n(y)| > threshold \quad (6)$$

2.3 시스템 운용 및 실험

영상추적 시스템을 구동하기 위해서는 호스트PC상에서 PCI인터페이스 및 Pan & Tilt Driver 구동을 위한 라이브러리와 DSP모듈에서 영상데이터의 전송 및 영상추적을 위한 라이브러리가 필요하다.

이 라이브러리를 사용한 모니터 프로그램이 그림 3에 나와있다. 이 프로그램이 수행되면 영상추적 시스템이 PC에 설치되었는지 검사하고 만일 제대로 설치되지 않았다면 에러메시지를 띄우고 프로그램을 종료한다.

2.3.1 영상추적 시스템 운용 및 결과

영상추적 시스템을 구동하기 위해서는 먼저 영상 인코더(SA7111A)와 DSP의 동작을 위한 프로그램을 다운

로드하여야 한다. 그러면 화면에 카메라로부터 들어온 영상이 나오게 되고 대상물의 위치를 조정하기 위하여 << 버튼이나 >> 버튼을 이용해 카메라를 조절한 다음 마우스로 영역을 지정하면 그 영역의 좌표값을 DSP모듈로 보내 영상추적을 시작하게 된다. 대상이 움직이지 않는다면 영상데이터만 호스트PC로 전송되어 계속 화면에 대상이 나타나고, 만일 대상의 움직임이 포착되면 움직인 좌표데이터가 영상데이터와 함께 호스트PC로 전송이 되어 이동한 좌표를 바탕으로 호스트PC는 Pan & Tilt Driver를 구동해 카메라의 위치를 제어하게 된다.

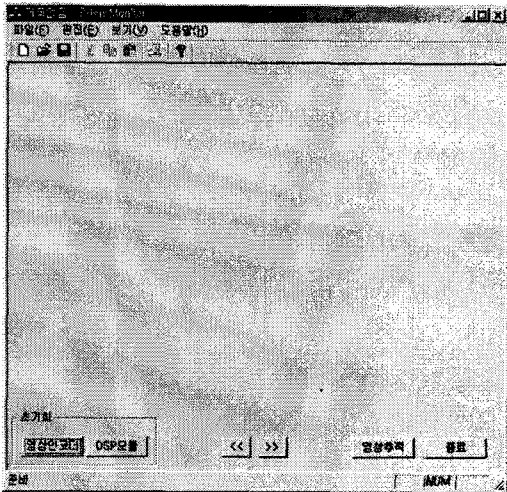


그림 3. 프로그램 초기화면

그림 4는 영상추적을 수행중인 화면을 캡처한 그림이다. 대상물로는 라인트레이서를 사용했고 적당한 속도도 직진만 하도록 라인트레이서 소스를 수정했다. 그림에는 잘 나타나 있지 않지만 약간 방향이 틀어지는 문제점이 있었으나 대상물을 추적하는 데에는 문제가 없었음을 알 수 있다. 또한 대상물을 배경으로부터 분리해낼 때 임계값 T를 정하는데 어려움이 있어 영역을 라인트레이서의 전체영역이 아니라 안쪽 영역으로 한정했다.

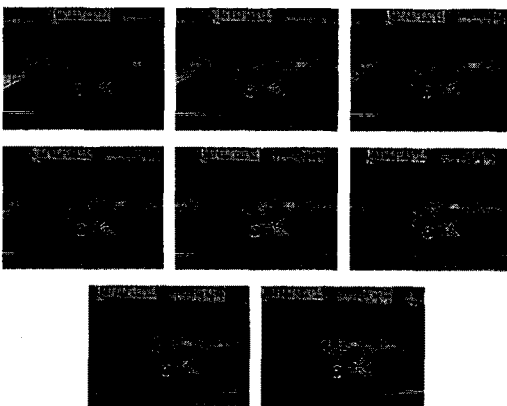


그림 4. 영상추적을 수행하는 그림

3. 결 론

본 논문은 실시간으로 입력되는 영상을 받아 가공하기 쉬운 디지털영상으로 바꿔 영상을 추적하는 시스템이다. 영상추적 시스템을 PCI인터페이스를 이용해 Add-On카

드형태로 제작하였다. 또한 TMS320C31을 사용하여 SA7111A에서 들어온 영상을 처리하도록 하였으며 EPM7128을 CPLD로 사용하여 PCI 로컬버스를 제어 하도록 하였다.

구현된 시스템은 CCD카메라로부터 얻은 실시간 영상을 입력으로 하여 실시간 표적 추적을 잘 수행해 내었고, 추적과정은 컴퓨터 모니터를 통해 보여줌으로 사용자가 쉽게 알아볼 수 있도록 하였다. Add-On카드형태로 제작되어 소프트웨어 제작 및 디버깅을 별도의 장비 없이 컴퓨터 한 대로 바로 할 수 있었으며 다양한 알고리즘을 적용하고 평가하는데 효과적이었다.

그러나 Pan & Tilt Driver를 DSP컨트롤러가 아니라 호스트PC에서 제어한 것이 비효율적이었으나 카드가 원래 영상추적을 목적으로 제작된 것이 아니기 때문에 약간은 비효율적이었다. 또한 다양한 배경에서 추적하고자 하는 물체의 크기의 확대, 축소, 이동속도의 빠르고 느림 및 물체의 모양변화와 물체가 일시적으로 가려지는 여러 가지 상황에서도 지속적으로 추적이 이루어질 수 있도록 카드에 맞는 효과적인 알고리즘을 적용하는 문제가 남아있다.

이런 문제점을 해결하기 위해서는 더 성능이 우수한 DSP를 사용하거나 영상 인코더와 DSP를 One-Chip화 하여 영상데이터의 단순화를 모색해야 할 것이다.

(참 고 문 헌)

- [1] A. K. Rue, R. P. Verde et al, Dual Mode Video Tracker, U.S. Patene #4,719,584, Jan. 1988.
- [2] S. L. Chodos, G. T. Pope, A. K. Rue and R. P. Verdes, Dual Mode Video Tracker, U.S. Patene #4,849,906, Jul. 1989.
- [3] A. L. Gilbert, M. K. Giles, G. M. Flachs, R. B. Rogers, and Y. H. U, "A real time video tracking system", IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. PAMI-2, pp. 47-56, Jan. 1980.
- [4] R. Venkateswarlu, K. V. Sujata, and B. Venkateswara, "Centroid tracker and aim point selection" SPIE, vol. 1697 Acquisition, Tracking and Pointing VI, pp. 520-529, 1992
- [5] DBA System Inc. Automatic Video Tracker Manual, 1987.
- [6] G. Y. Choi, N. C. Kim, and C. H. Youn, "Real-time automatic target tracking method." Proc. IEEE TENCON87, vol. 1, pp.8.7.1-8.7.4, Aug. 1987
- [7] N. Otsu, "A threshold selection method from gray-level histograms." IEEE Transaction on System, Man and Cyberstics, vol. 9, No.1, pp. 62-69, Jan. 1979.
- [8] R. M. Haralick and L. G. Shapiro, Computer and Robot Vision, Addison-Wesley Publishing Company, 1992.
- [9] J. L. Melsa and D. L. Cohn, Decision and Estimation Theory, McGraw-Hill Book Company, 1978.
- [10] Texas Instruments, TMS320C3x User's Guide, 1994.
- [11] PLX Technology, PLX PCI9054 Data Book, 1999
- [12] PLX Technology, PLX PCI9054 Programmer's Reference manual, 1999