

실시간 영상처리 시스템 구성에 관한 연구

백남칠, 김영일, 전준석, 이재구, 최호현, 우광방
 [금 성 계 전 (주) 연구 소] [연세대]

A Study on Architecture of Real Time Image Processing System.

N C Paik, Y I Kim, J S Jun, J K lee, H H Choe, K B Woo

[GS Instr. & Elec. Co., Ltd. R&D Lab.] [Yon Sei Univ.]

I. 서론

디지털 영상처리는 인간이 사물에 대한 시각 및 지적 능력을 높이기 위해 원하는 물체의 영상을 디지털 신호로 변환하고, 컴퓨터를 이용한 적절한 신호처리에 의해 영상을 재구성하여, 인간이 보다 쉽게 볼수 있도록 해준다.

일반적으로 디지털 영상처리는 영상에서 영상으로의 변환과 영상에서 데이터로의 변환등 두가지로 분류되며 사용자는 원하는 영상을 강조하거나 해석, 분리 및 인식을 한다. 최근에 컴퓨터 및 고속 대용량 메모리 및 인터페이스 칩등의 놀라운 성장과 전용 DSP 칩의 출현으로 실시간 영상신호 처리가 가능해졌으며 이에따른 응용 분야는 산업전반에 걸쳐 실현되고 있으며 머신 비전 (Machine Vision), 방송통신, 리모우브 센싱 (Remote Sensing) 및 의학 분야의 응용이 활발하게 진행되고 있다.

실시간 처리를 요하는 영상처리 시스템에서 프로세서, 버퍼메모리 및 디스플레이 유니트 사이의 높은 전송율이 요구되는 오퍼레이션에 대하여 본 PC-Vision 시스템은 VME 버스를 이용하여 시스템의 데이터 및 어드레스를 효율적으로 운용한다.

본 논문에서는 영상처리 기술의 개요와 그 해석 방법에 대하여 설명하고 이러한 특수한 용도의 다기능 영상처리 시스템을 설계 제작하여 그에 따른 시스템의 응용 소프트웨어를 개발 운용 한다.

II. 영상처리 기술의 개요

영상처리 기술은 크게 영상의 강조, 영상의 복원, 영상의 해석 및 영상의 코딩으로 분류한다.¹⁾ 이러한 4가지의 분류를 영상과 데이터간의 Cyclical한 변환으로 나타내면 그림 1과 같다.

본 논문은 PC-Vision 시스템의 설계 및 구현을 위해서 고려해야할 사항으로서 영상의 강조와 영상해석을 논한다.

1. 영상의 강조 (Image Enhancement)

영상의 전환면 또는 어느 Spatial 영역의 세부적인 부분의 휘도의 화질을 변화시키는데 이용되는 기법으로서 세부적으로 분류하면 다음과 같다.

- 히스토그램 변형
- 영상의 평활화
- 영상의 첨여화
- 영상의 감산

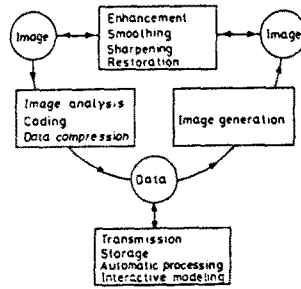


그림 1 영상처리 기술의 분류

Fig. 1 Classification of Image Processing Technique

2. 영상 해석

영상처리 시스템을 설계하고 구현하는데 중요한 역할을 하는 부분이 영상 해석이다. 영상처리 시스템은 영상 해석에서 미리 지정된 타스크(Task)를 실행하기 위해서 다양한 오퍼레이션을 수행하며 그러한 타스크에 관련된 유용한 정보를 추출하기 위해서 영상화면이 해석된다. 타스크의 결과는 사이즈, 다른 물체와 상대적인 위치등과 같은 특징의 인식과 확인 또는 특정한 물체의 존재 유무에 대한 판단으로서

다음의 여러 처리단계의 계층이 존재한다.²⁾

- 영상추정 · 대상물체의 인식 및 특성
- 특징 강조 · 특징 추출

계층적 영상해석 절차에서 오퍼레이션이 화소공간에서 수행되는 Iconic 영역과 영상에서 추출된 특징의 표현을 다루는 Symbolic 영역으로 구분된다.

시스템의 architecture가 특정한 iconic 영역의 기능을 고속으로 실행하고, symbolic 영역의 오퍼레이션에 대해서도 범용으로 처리할 수 있다면 복잡한 영상의 task는 실시간으로 수행 될 수 있다.

본 PC-Vision 시스템은 이러한 개념을 토대로 설계한다.

III. ROI 및 실시간 프로세싱의 고찰

1. ROI 프로세싱(Region of Interest Processing)

ROI 프로세싱은 처리되는 영상 데이터의 양을 줄이고 오퍼레이션에 대한 Throughput을 증가시키기 위한 것으로서 호스트컴퓨터에 부담을 줄이기 위해서 이용된다. 본 시스템은 처리되는 화소수에 제한을 주기위해서 하드웨어 구현에 ROI의 개념을 확장시켜 오퍼레이팅에 요구되는 많은 시간을 감소시킨다.

2. 실시간 프로세싱

논리연산 모듈에서 16 비트 image averaging, subtraction 논리연산, 최대/최소값 계산 및 point processing의 수행은 소프트웨어 컨트롤로 가능하며 임의의 kernel 사이즈를 갖는 콘볼루션은 실시간으로 수행한다. 본 실시간 콘볼루션 모듈은 4x4 실시간 콘볼루션을 제공하여 고성능의 특징을 갖는다.

IV. PC-Vision 시스템의 구성

본 논문에서 구현한 PC-Vision 시스템은 범용의 VME(Versa Module European) 버스상에서 실시간 영상 오퍼레이션을 필요로하는 응용분야에 완전한 영상 처리 서브 시스템을 제공하도록 설계하였다.

1. 시스템의 개요

본 PC-Vision 시스템은 각 모듈과 서브 시스템의 구성에서 뛰어난 성능과 최소의 소프트웨어 overhead를 가지고 실시간으로 알고리즘이 실행되도록 설계하였으며 그림 2는 본 PC-Vision 시스템의 블록선도를 보여준다. 모든 모듈은 영상의 Subregion이 1 비디오 프레임 시간 이하로 (실시간 보다 빠름) 처리되도록 해주는 ROI 프로세싱 모우드를 지원하고 많은 응용요구에 적절한 해결을 할 수 있도록 구성한다. 또한 화소데이터의 흐름에 큰 flexibility를 추가해주고, 비디오 버스 인터페이스에 필요한 모든 스위칭을 다루기 위한 CPS (Cross Port Switch) 게이트 어레이를 커스텀화(Customize)하였다.

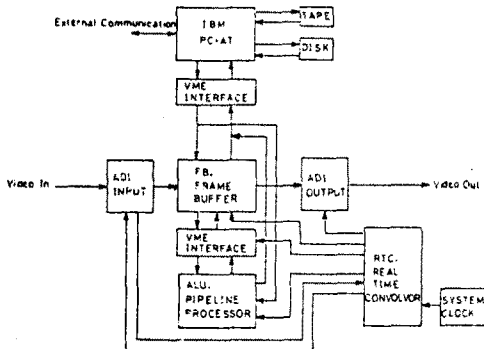


그림 2. PC-Vision 시스템의 블록선도
Fig. 2. Block Diagram of PC-Vision System

2. 시스템의 구성

PC-Vision 시스템은 기본적으로 I/O 인터페이스, 프레임 버퍼 그리고, 논리연산의 3개의 보오드로 구성하며

이 기본적인 하드웨어 구성에 실시간 처리능력을 가져다 주는 실시간 콘볼루션 보오드와 특징 추출 보오드를 추가하였다. 이러한 각 보오드의 역할을 관리하고 Supervise 하는 시스템으로서 IBM-PC AT를 사용하였다. 그림 3의 블록선도는 PC-Vision 시스템의 비디오 버스 구성도를 나타내준다.

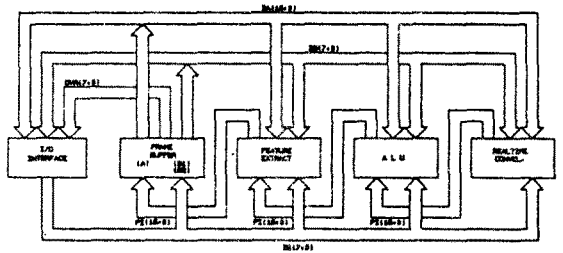


그림 3. PC-Vision 시스템의 비디오 버스 구성도
Fig. 3. Video Bus of PC-Vision System

1) 입출력 인터페이스 모듈

이 입출력 인터페이스 모듈은 4개의 비디오 신호 입력과 3개의 출력으로 구분되며 각각 비디오 입력, 비디오 버스 인터페이스, 타이밍 발생기 그리고 비디오 출력으로 나눈다. 강력한 영상추정을 가능하게 해주는 이 모듈은 다른 모듈에 대하여 RS-170 모우드와 ROI 모우드로 타이밍을 발생시켜, 영상에 대한 수평,수직 동기신호를 제공하여 standard RS-170 감지 장치에 인터페이스된다. 디지털화한 후에 화소 데이터는 비디오 버스 인터페이스에 필요한 모든 스위칭을 다루는 CPS에 통하게 되고, 프레임 버퍼에 저장하거나 프로세싱하기 위해서 입력 LUT (Look Up Table)를 경유하여 입출력 인터페이스에 출력된다. 입력측에는 16개의 256 바이트의 programmable LUT로 구성되어 사용하는 다양한 Point processing을 수행 할 수 있다.

2) 프레임 버퍼 모듈 (Frame Buffer Module)

프레임 버퍼 모듈은 고성능 영상처리 서브 시스템에서 요구하는 flexibility를 제공해 주기위해 512x512x16 비트 프레임과 똑같은 spatial resolution을 갖는 두개의 8 비트 프레임으로 설계한다. 프레임 버퍼는 프로그래머에게 알고리즘의 구현이나 특별한 하드웨어 구성에대한 적합한 방법을 선택 할 수 있도록 해주는 직접번지 지정 모우드, 간접번지 지정 모우드 그리고 혼합 모우드를 제공한다.

3) 논리 연산 모듈

논리연산 모듈의 파이프 라인 구성은 고성능, 실시간 오퍼레이션을 요하는 응용분야에 대해 적합한 모듈로서 1/30 Sec의 실시간으로 산술 논리 및 bit-plane 오퍼레이션을 수행한다. 입출력 인터페이스 및 프레임 버퍼 모듈의 조합과 더불어 논리연산 모듈은 CUSTOM화한 VLSI 영상처리 Chip을 이용하여 고성능 영상처리를 제공해주며 Image averaging, subtraction,

콘볼루션, 최대/최소 결정, thresholding 및 조건부 프로세싱과 같은 point, local 그리고 global processing이 쉽게 이루어진다.

4) 실시간 콘볼루션 모듈

Local 및 global 오퍼레이션을 필요하는 영상 처리 예서 한 프레임을 실시간으로 콘볼루션을 수행하여 서브시스템의 능력을 보강시켜준다. 이 모듈은 4개의 24비트 전용 DSP칩을 이용하여 3x3/4x4 programmable kernel이 한 프레임에 대하여 1/30 sec 이하로 수행한다.(ROI 모드) 또한 16x1 FIR 필터는 표준 비디오 프레임 타임보다 빠르게 수행 될 수 있으며 이 모드에서 4x4 보다 큰 콘볼루션의 실행은 논리연산 모듈과 조합하여 보강 시킬수 있다.

5) 특징 추출 모듈

Iconic 영역 및 Symbolic 영역에서 확소 intensity의 실시간 통계적 해석과 intensity stretching, centroid 계산 및 dimensional measurement를 가속시키기 위해서 고성능의 영상처리 모듈을 구성한다.

V. PC-Vision 시스템의 소프트웨어 개발 및 운용

본 PC-Vision 시스템의 library package는 영상 처리 서브 시스템에 대한 영상처리와 그래픽 함수의 라이브러리로서 고급 영상처리 기능뿐만 아니라 하드웨어 콘트롤 유틸리티를 포함한다. 하이레벨 프로그래밍 언어로부터 호출 할 수 있는 이 패키지는 응용 소프트웨어 개발에 최적이며 MS-DOS 버전 3.0 이상에서 운용하도록 개발하였다. C 언어로 작성된 라이브러리 패키지의 부분적 기능으로서 시스템 초기화, argument의 정의, 보오드 레벨 함수등이 있으며 수학적 알고리즘 및 기타 알고리즘을 이용하여 영상의 기하학적인 변환, point process, Local process, Global process등의 응용 소프트웨어 라이브러리를 개발한다.

1. 기하학적인 변환

이 기능은 Iconic 영역에서 선형 기하학적인 변환을 수행하며 symbolic 영역으로 그 결과를 위치 시키는 것으로서, 적절한 계수를 셋팅하므로써 스케일링(Scaling), 이전(Translation) 및 회전(Rotation)의 조합을 수행한다. 본 시스템은 이러한 알고리즘을 개발하여 라이브러리 프로그램을 작성한다. 본 논문에서는 4) Image rotation에 대해서 알고리즘을 살펴본다.

. Image Rotation

영상의 회전은 입력영상의 공간의 회전을 허용해주는 기하학적인 오퍼레이션으로서 회전 각 θ 가 정의된다. 본 시스템의 512x512 영상에 대해 회전 오퍼레이션의 확소 및 라인의 좌표는 -255에서 256 이다.

그림 4는 영상회전의 플로우차트와 프로세싱된후의 영상을 나타낸다. 여기서 $I(I')$: 입력(출력) 영상확소의 번지
 $O(O')$: 입력(출력) 영상라인의 번지

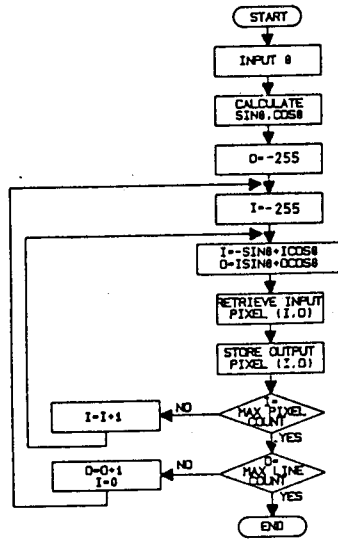


그림 4. 영상회전의 플로우 차트
 Fig. 4. Image Rotation Flow Chart

2. Point Operation

Point 오퍼레이터는 출력에서의 각 확소가 입력 영상의 좌표에있는 각 입력확소에 대한 함수로서 그 구현은 매우 효율적이고 명확하다.⁵⁾ 본 시스템에서는 Image averaging, Subtraction 및 Histogram equalization등의 알고리즘을 이용하여 라이브러리를 작성한다.

a) 영상의 평균(Image Averaging)

이 오퍼레이션은 두개의 입력 영상의 평균치를 갖는 출력영상을 만들어내며 화면에 나타나는 노이즈를 수학적 알고리즘을 이용하여 Spatial 영역으로 처리한다.

b) Image Subtraction

Image subtraction은 두 입력영상의 확소 대 확소의 차이를 얻으므로써 처리되며 근본적으로 동일한 화면의 거의 유사한 영상에 보통 적용된다.

c) Histogram Equalization

일정한 히스토그램을 얻기 위하여 이용하는 기술로서 본 PC-Vision 시스템의 신호처리에 의해서 입력 신호의 레벨을 조정함으로써, 거의 같은 레벨을 갖는 영상을 구별 할 수 있도록 영상을 재생시키는 방법이다. 그림 5, 6, 7은 이들 point 오퍼레이션에 대한 알고리즘을 이용하여 라이브러리를 작성하고, 영상의 처리를 보여준다.

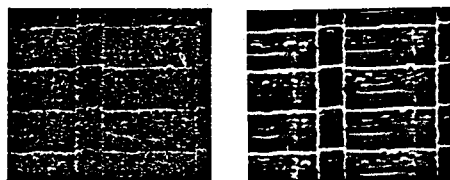


그림 5. Image Averaging 으로 처리한 영상
 Fig. 5. Picture of Image Averaging

과 cosine 성분의 상대적인 strength를 나타낸다.

VI. 결 론

본 논문에서는 512²의 화소로 구성되는 영상으로 디지털타이징(digitizing) 프레임의 저장, 디스플레이 및 여러가지의 영상처리가 가능한 실시간 영상처리 시스템을 모듈별로 개발하였다. 본 PC-Vision 시스템은 VME 버스와 호환적인 고성능의 영상처리 시스템을 추구 하는 사용자에게 다용도의 해결을 제공하며 머신비전, 의료용, 방송통신, 및 기타 분야의 다양한 task에 대해 해결점을 가져다 주는 범용 시스템이다.

본 논문에서 구현한 영상처리 시스템은 실시간 처리를 요하는 분야에 고성능의 Capability를 제공해 주기 때문에 더욱더 Sophisticated한 영상처리 분야에 최적의 해결점을 제공해줄것으로 기대된다.

참 고 문 헌

Reference

1. Gonzalez, R. C. and Wintz, P., Digital Image Processing. Reading, Mass. : Addison-Wesley Publishing Co., Inc., 1978.
2. Hall, E. L., Computer Image Processing and Recognition. New York : Academic Press, Inc., 1979.
3. Special Issue on Digital Picture Processing. Proc. IEEE, 60, 7 (1982).
4. Special Issue on Digital Image Processing. Proc. IEEE, 63, 4 (1975).
5. Tou, J. T. and Gonzalez, R. C., Pattern Recognition Principles. Reading, Mass. : Addison-Wesley Publishing Co., Inc., 1984.



그림 6. Subtraction 으로 처리한 영상
Fig. 6. Picture of Image Subtraction

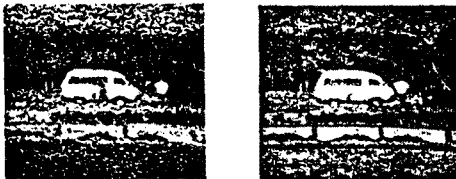


그림 7. 히스토그램 평활화로 처리한 영상
Fig. 7. Picture of Histogram Equalization

3. Local Operation

영상처리 오퍼레이션에 있어서 각화소의 출력은 입력 화소의 주위를 둘러싸고 있는 작은 영역의 입력화소에 대한 함수로 계산된다.⁴⁾

일반적으로 저역, 고역, 필터 마스크는 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} 1/9 & 1/9 & 1/9 \\ 1/9 & 1/9 & 1/9 \\ 1/9 & 1/9 & 1/9 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 9 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

이 local operator의 알고리즘을 이용하여 타이브러리를 작성하고 프로그램의 실행한 결과를 그림 8, 9에 나타낸다.

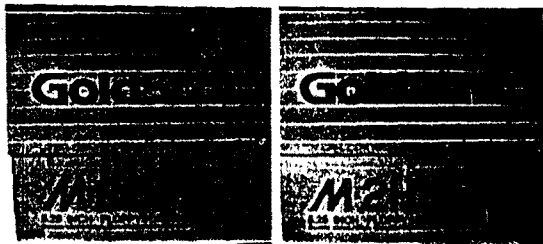


그림 8. 원래의 영상 그림 9. 고역 필터링의 영상
Fig. 8 Original Image Fig. 9. Highpass Filtering Image

4. Global Operation(FFT)

출력화소의 계산이 입력영상에 대부분 의존하고, global 한 특징을 갖는 이 알고리즘은 수학적인 변환을 이용한다.⁵⁾ FFT는 intensity의 sine과 cosine variation을 갖는 kernel과 입력 신호사이의 콘볼루션을 수행하는 것으로서 이 콘볼루션값은 입력화소의 sine