

論文94-31B-4-14

실시간 2차원 디지털 호모모र्फ필터의 하드웨어구현

(Hardware Realization of a Real Time 2-D Digital Homomorphic Filter)

安相昊*, 權奇龍**, 宋奎翼***, 金德奎***, 李健一***

(Sang Ho Ahn, Ki Lyong Kwon, Kyu Ik Sohng,
Duk Gyoo Kim and Kuhn Il Lee)

要約

실시간으로 영상신호(video signal)의 명암대비(contrast)향상을 위한 완전 디지털처리의 2차원 호모모र्फ필터를 하드웨어로 구현하였다. 본 필터에서의 자연대수 및 지수변환은 메모리를 이용한 룩업테이블 방식을 사용하였으며, 곱셈기가 필요없이 TTL소자들로 하드웨어를 구성하여 집적화가 용이하도록 하였다. 또한 명암대비크기는 외부에서 가변할 수 있으며, 호모모र्फ필터의 전달함수는 룩업테이블용 메모리에 데이터값을 변형 저장시킴으로써 임의로 변형시킬 수 있다.

Abstract

Hardware realization of a digital 2-D homomorphic filter for real time contrast enhancement of video signal is presented. In homomorphic filter, logarithmic and exponential conversion used the memory lookup table method and because the hardware is implemented by multiplierless TTL devices, it can be designed to specific IC. The contrast gain can be controlled externally and the transfer function of homomorphic filter can be easily varied by the change of lookup table memory data.

1. 서론

최근 디지털화상처리기술의 발달로 이들의 기술은 TV영상신호처리의 응용으로 점차 확대되고 있다. 그

리고 TV수신기가 점차 고화질화 및 디지털화 되고 있기 때문에 이에 따른 디지털 영상신호처리도 더욱 요구된다. 디지털화상처리기술을 TV영상신호처리로 적용하기 위하여는 이의 실시간처리가 가능한 하드웨어의 구현이 관건이 된다.

화상의 향상(image enhancement)기법은 화상의 생동폭(dynamic range) 및 명암대비변환을 통해 화질을 개선시키는 것으로서 히스토그램등화방식, 고역 통과필터방식 및 호모모र्फ필터방식등이 있다.^[1] 호모모र्फ필터방식은 화상의 조도(illumination)성분과 반사율(reflectance)성분을 분리하고 이들을 각각 변형 즉, 생동폭 및 명암대비를 동시에 변형시키는 방

* 正會員, 仁濟大學校 電子工學科

(Dept. of Elec. Eng., Inje Univ.)

** 正會員, 昌原專門大學 電子通信科

(Dept. of Elec. Comm., Changwon Junior College)

*** 正會員, 慶北大學校 電子工學科

(Dept. of Elec. Eng., Kyungpook Nat'l Univ.)

接受日字: 1993年 6月 16日

식으로서 우수한 성능을 가진다.^{[1] [5]} 한편 Vries^[3]는 국부통계적 기법을 이용한 호모모프필터방식을 제안하였다. 지금까지 화상의 향상은 대부분이 메모리에 저장된 화상데이터를 컴퓨터를 이용하여 처리해 왔었다. 그러나 1993년 Kaufman 등^[5]은 실시간의 2차원 호모모프필터를 하드웨어로 구현하였으며, 이 구현에서는 이산시간(discrete time)의 표본화데이터를 아날로그처리함으로써 명암대비를 향상시켰다. 그러나 신호처리를 아날로그로 함에 따라 그 정확도가 떨어지고, 시스템특성의 변형이 쉽지 않은 문제를 갖는다.

본 논문에서는 영상신호의 실시간 명암대비향상을 위한 완전 디지털처리의 2차원 호모모프필터를 하드웨어로 구현하였다. Vries의 방식에 의거하여 국부통계적 기법을 사용하였고, 본 필터에서의 자연대수 및 지수변환은 메모리를 이용한 룩업테이블방식을 사용하였으며, 곱셈기가 필요없이 TTL소자들로 하드웨어를 구성하여 집적화가 용이하도록 하였다. 또한 명암대비크기는 외부에서 가변할 수 있으며, 생동폭의 전달함수는 룩업테이블용 메모리에 데이터값을 변형 저장시킴으로써 임의로 변형시킬 수 있다.

II. 이론

1. 생동폭 및 명암대비의 정의^[3]

화상 P에서 가장 밝은 값과 가장 어두운 값을 각각 P_{max} 및 P_{min}이라 할 때 이의 생동폭 D_p는

$$D_p = P_{max} / P_{min} \tag{1}$$

로 정의된다. 또한 화소 p(u, v)의 명암대비 α(u, v)는

$$\alpha_p(u, v) = |ld_p(u, v)| / lm_p(u, v) \tag{2}$$

로 정의된다. 여기서 ld_p 및 lm_p는 각각 국부영역내에서의 차이값 및 평균값으로서

$$ld_p(u, v) = p(u, v) - lm_p(u, v) \tag{3}$$

$$lm_p(u, v) = \sum_{m=M}^M \sum_{n=N}^N w(m, n) p(i-m, j-n) \tag{4}$$

이고, 여기서 w(m, n)은 Σ |ld_p(u, v)|²이 최소가 되도록 결정되는 하중값으로서 일반적으로 균일하중값을 사용한다.

2. 호모모프필터

화상은 물체로 부터 반사된 빛에 의해 형성되며, 이는 조명의 조도(illumination) i와 반사율(reflectance) r의 곱으로 모델화된다. 즉, u번째 행 및 v번째 열 화소의 화상값기 x(u, v)는

$$x(u, v) = i(u, v) \cdot r(u, v) \tag{5}$$

이다. 조도 i는 일반적으로 일정하거나 변화가 적으며, 생동폭을 결정지운다. 그리고 반사율 r은 물체의 종류와 형태에 따라 크게 변하며, 물체의 미세도를 나타낸다. 식 (5)에서 i(u, v)와 r(u, v)를 곱으로 부터 분리하기 위해 이에 자연대수를 취하면

$$\log x(u, v) = \log i(u, v) + \log r(u, v) \tag{6}$$

이 되며, log i(u, v)는 변화가 적은 성분이고, log r(u, v)는 변화가 큰 성분이므로 저역 및 고역필터를 이용해 각각 분리해 낼 수 있다. 이렇게 하여 분리한 생동폭성분을 감소시키고, 반사율성분을 증가시켜 명암대비를 향상시킨 후 이를 지수변환한다.^{[1] [2]}

1) 생동폭의 변환

비디오카메라 등으로 부터 얻는 화상의 생동폭와 모니터의 생동폭이 서로 정합이 되어야 좋은 화상을 재현할 수 있다. 그러나 화상의 생동폭은 그 종류에 따라 큰 차이가 있다. 즉, 일반 스튜디오의 균일조명에 의한 장면(scene)의 생동폭은 20 정도이지만 강한 햇빛에 의한 장면의 생동폭은 2000 정도나 된다. 전형적인 CRT모니터의 생동폭은 16 내지 32이므로 영상에 따라 그 생동폭은 CRT모니터의 것과 상당히 큰 차이가 있다. 따라서 이 둘간의 생동폭정합이 필요하다. 일반 CRT모니터에서 입력신호에 따른 밝기의 전달특성은 비선형이므로 비디오카메라에서 감마보정을 행하고 있으며 이도 생동폭정합의 일부이다. 또한 감시용카메라영상 또는 초음파화상과 같은 눈에 쉽게 구별이 가지 않는 특정 밝기의 부분 등 일반적으로 어두운 부분의 식별이 용이하도록 생동폭 전달함수의 변형이 필요하다. 이상의 생동폭정합을 위한 입력영상 x와 출력영상 y간의 전달관계는

$$y = a \cdot x^{\gamma_d} \tag{7}$$

을 사용한다. 여기서 a는 크기조정을 위한 상수로서

$$a = Y_{max} / (X_{max})^{\gamma_d} \tag{8}$$

이며, γ_d의 함수이다. γ_d는 생동폭의 확장 및 축소를

결정하는 상수로서 γ_d 가 1 보다 크면 생동폭이 확장 되고, 1 보다 적으면 생동폭이 축소된다. 식 (7)을 실현하기 위한 구성도는 그림 1에서와 같다.

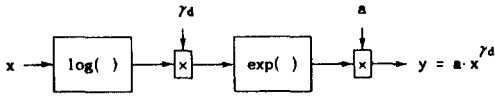


그림 1. $a \cdot x^{\gamma_d}$ 의 구현
Fig. 1. Implementation of $a \cdot x^{\gamma_d}$.

2) 명암대비향상

식 (6)에서 고역성분인 $\log r(u,v)$ 는 화상의 미세도를 나타내므로 이를 분리하여 강조시킴으로써 명암 대비를 향상시킬 수 있다. 자연대수를 취한 화상 즉, $z = \log(x)$ 는 조도성분과 반사율성분의 합이 되며, 조도 성분은 조명에 의한 저역성분으로 가정되므로 국부평균값 lm_z 로 구할 수 있다. 따라서 반사율성분은 z 에서 lm_z 를 뺀 성분인 국부영역 차이값 ld_z 로 각각 둘 수 있다. 이로 부터 구한 화상의 미세성분인 ld_z 를 강조시켜 이 부분의 명암대비를 향상시킨다. 이상의 생동폭변환 및 명암대비향상을 모두 포함한 호모모프필터의 블럭도는 그림 2에서와 같다. [3] 이의 출력 y 는

$$y = a \cdot x^{\gamma_d} \cdot r^{\gamma_c} \tag{9}$$

이다. 여기서 γ_{ω} 는 명암대비상수이며, 입력영상신호를 생동폭변환하고 반사율 r 을 증가시켜 명암대비를 향상시킨다.

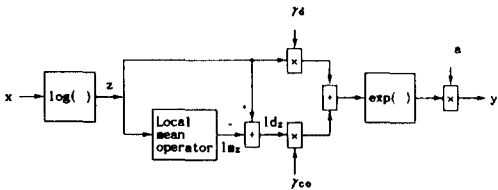


그림 2. 호모모프필터의 블럭도
Fig. 2. Block diagram of homomorphic filter.

III. 하드웨어의 구현

본 논문에서는 2차원 디지털 호모모프필터를 하드웨어로 구성하였으며, 이를 구동하고 확인하기 위한 전체 시스템블럭도는 그림 3에서와 같다. 흑백 비디오 카메라로 부터의 복합신호(composite signal)를

영상신호 및 동기신호로 분리하였으며, 영상신호는 8비트로 A/D변환하여 2차원 호모모프필터로 명암대비향상시킨 후 D/A변환한다. A/D 및 D/A의 클럭 주파수는 칼리신호주파수의 4배인 14.3 [MHz]를 사용하였으며, D/A한 영상신호는 다시 동기신호와 결합시켰다. 그림 3에서 점선이 쳐진 2차원 호모모프필터의 구성도는 그림 4에서와 같다. 하드웨어를 효율적으로 구현하기 위해 그림 2에서의 곱셈기위치를 그림 4와 같이 이동시켰다. 이 경우 출력 y 는

$$y = a \cdot x^{\gamma_d} \cdot r^{\gamma_c} \tag{10}$$

이다. γ_c 및 γ_d 는 상수값이므로 $\gamma_c \gamma_d = \gamma_{\omega}$ 라 두면 식 (9)와 서로 동일하다.

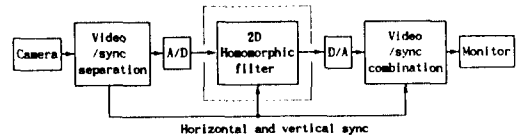


그림 3. 명암대비향상기의 시스템블럭도
Fig. 3. System block diagram of a contrast enhancer.

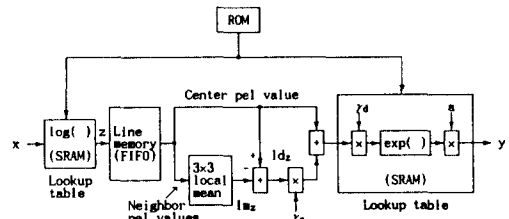


그림 4. 2차원 디지털 호모모프필터의 구성도
Fig. 4. Configuration of a 2-D digital homomorphic filter.

그림 4에서, A/D변환한 디지털 영상신호는 메모리를 이용한 룩업테이블방식의 자연대수변환을 취한다. 본 연구에서 사용한 샘플주파수는 14.3 [MHz]로서 실시간의 자연대수변환이 되기 위해서는 약 70 [ns] 이하의 액세스시간을 갖는 고속의 SRAM을 이용하였다. 룩업테이블에 들어가는 데이터는 ROM에 저장시키고 전원이 켜진 초기 ROM의 데이터를 SRAM으로 전송시켜 사용한다. 식 (10)에서 반사율 r 은 x 에 비해 작은 값이라 가정할 수 있으므로 크기 조정상수 a 는 γ_d 의 함수로 근사화할 수 있다. 따라서 γ_d 의 곱셈, 지수변환 및 a 의 곱셈은 γ_d 의 값만 결정되면 가능한 입력값에 대한 출력값을 계산하여 룩업

테이블로 만들 수 있다. γ_1 의 변형은 룩업테이블의 데이터만 바꾸면 되므로 호모모프필터 전달함수특성을 쉽게 변형할 수 있다. 또한 여러 γ_1 에 대한 룩업테이블 데이터를 미리 메모리에 저장하여 두고 적당한 γ_1 에 해당하는 데이터를 선택하도록 설계할 수 있다. 따라서 γ_1 및 a 의 곱셈은 룩업테이블용 메모리로 대체하였고, γ_1 는 2의 정수배값으로 두어 곱셈기가 모두 필요 없도록 설계하였다. 국부영역의 평균은 3×3 화소 중 중앙값을 제외한 8개 화소들의 평균으로 계산하게 하였다. 3×3 화소값을 구하기 위해 라인메모리가 필요하며 이에 FIFO를 사용하였다. 호모모프필터시스템을 하드웨어로 구현한 실물사진은 그림 5에서와 같다.

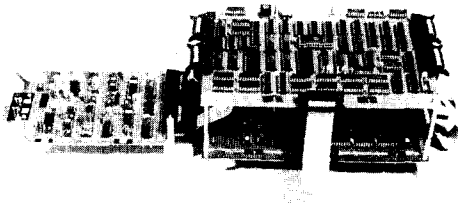


그림 5. 제작한 호모모프필터시스템
Fig. 5. Prototype breadboarding.

IV. 시뮬레이션 및 실험결과

본 호모모프필터의 성능을 확인하기 위해 정상인의 장축단면 심초음파 화상에 대한 시뮬레이션을 하였다. 이 화상은 2.25 [MHz] 트랜스듀서로 구성된 표준스캐너(standard phased-array scanner: Meridian, IREX)를 사용하여 1/2인치 VTR로 얻었다. 이 심초음파도로부터 정지영상을 얻기 위해 동적트랙추적기능이 있는 1인치 VTR(SONY, BVH-1100A)에 다시 녹화하여 1 프레임 씩 재생시켰으며, 이를 디지털타이저(DT, 2853)로 양자화시켰다. 이로써 구한 256×256 의 1프레임의 화상은 그림 6(a)에서와 같았으며, 본 호모모프필터를 이용하여 화상을 향상시킨 결과화상은 그림 6(b)에서와 같았다. 여기서 γ_1 는 2, γ_2 는 0.25로 두었다. γ_1 는 사용자의 관점에서 가변할 수 있으나, γ_2 는 화상의 성질에 따라 그 값을 정해야 한다. 본 연구에서는 영상의 히스토그램과 그의 누적분포함수를 구하여 이와 유사한 γ_2 를 선택하여 사용하였다. 그림에서 나타난 바와 같이 심실 중벽 및 승모판 등 각 부위가 원 화상보다

월등히 잘 나타남을 알 수 있다.

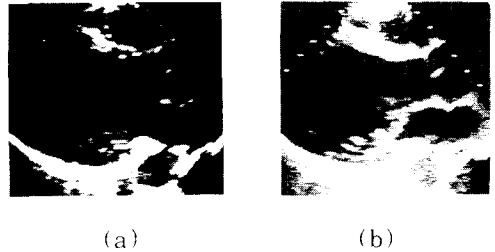


그림 6. (a) 원 화상 및 (b) 시뮬레이션한 결과 화상
Fig. 6. (a) Original image and, (b) simulated image.

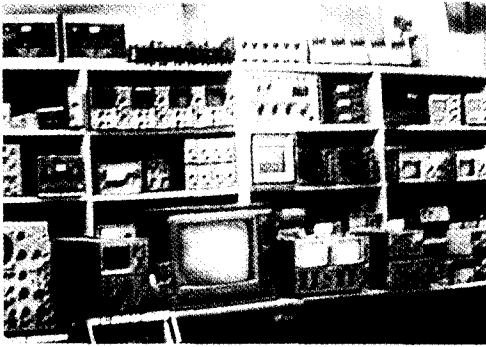
본 논문에서 제작한 호모모프필터를 이용하여 영상 신호를 처리한 결과의 한 예는 그림 7에서와 같았다. 그림 7에서, (a)는 원 화상이며, (b) 및 (c)는 γ_1 를 모두 0.9, γ_2 를 각각 1 및 2로 두었을 때의 결과 화상이다. 이 그림에서 나타난 바와 같이 윤곽부분이



(a)



(b)



(c)

그림 7. (a) 원화상, (b) $\gamma=1$ 일 때의 결과화상 및 (c) $\gamma=2$ 일 때의 결과화상

Fig. 7. (a) Original image, (b) processed image at $\gamma=1$, and (c) processed image at $\gamma=2$.

강조되었고 탁자 아래의 어두운 부분이 더욱 뚜렷이 나타났음을 알 수 있다. 그러나 본 시스템은 모두 8비트로 영상신호를 행하였으므로 자연대수를 취했을 때 밝은 부분의 양자화오차가 커져서 밝은 평탄영역에서 등고선무늬가 발생하였다. 비트수를 더욱 증가시켜 양자화오차를 줄이면 이러한 현상은 줄일 수 있다.

본 시스템을 칼라화상의 휘도에 적용하면 칼라화상의 화질도 향상할 수 있을 것이고, 의용초음파화상 또는 감시용카메라화상과 같은 화상이 불명확한 화상의 분석에도 적용 가능하리라 사료된다.

V. 결론

본 논문에서는 영상신호의 실시간 명암대비향상을 위한 완전 디지털처리의 2차원 호모모프필터를 하드

웨어로 구현하였다. 본 필터에서의 자연대수 및 지수 변환은 메모리를 이용한 룩업테이블방식을 사용하였으며, 곱셈기가 필요없이 TTL소자들로 하드웨어를 구성하여 집적화가 용이하도록 하였다. 또한 명암대비크기는 외부에서 가변할 수 있으며, 호모모프필터의 전달함수는 룩업테이블용 메모리에 데이터값을 변형 저장시킴으로써 임의로 변형시킬 수 있다.

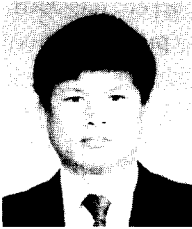
參考文獻

- [1] Jae S. Lim, *Two-dimensional signal and image processing*. Prentice-Hall international editions, pp. 453-465, 1990.
- [2] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, *Digital image processing*. Addison Wesley, pp. 213-218, 1992.
- [3] De Vries, "Automatic, adaptive, brightness independent contrast enhancement," *Signal processing*, vol. 21, no. 2, pp. 169-182, Oct. 1990.
- [4] 이창우, 안상호, 조진호, 이진일, "명암 향상에 의한 B-모드 심초음파도의 심실 윤곽선명화 및 심실운동 분석," 대한전자공학회 하계종합학술대회 논문집, 제14 권 제1호, pp. 393-396, 1991년 6월.
- [5] H. J. Kaufman and M. A. Sid-Ahmed, "Hardware realization of a 2-D IIR semisystolic filter with application to real-time homomorphic filtering," *IEEE Trans. on Circuits and systems for video technology*, vol. 3, no. 1, pp. 2-14, Feb. 1993.

著 者 紹 介

安 相 昊(正會員) 第 30卷 B編 第 7號 參照
 현재 인제대학교 전자공학과 전임
 강사

宋 奎 翼(正會員) 第 30卷 B編 第 7號 參照
 현재 경북대학교 전자공학과 부교수



權 奇 龍(正會員)
 1960年 2月 10日生. 1986年 2月
 경북대학교 전자공학과 졸업(공학
 사). 1990年 2月 경북대학교 대학
 원 전자공학과 졸업(공학석사).
 1990年 3月 ~ 현재 경북대학교
 전자공학과 박사과정. 1986年 ~
 1988年 3月 현대자동차 승용생산기술부 근무. 1991
 年 9月 ~ 현재 창원전문대학 전자통신과 전임강사.
 주관심 분야는 적응신호처리, 소음제거 및 음향공학,
 비디오공학 등임.

金 德 奎(正會員) 第 30卷 B編 第 7號 參照
 현재 경북대학교 전자공학과 부교수

李 健 一(正會員) 第 24卷 第 4號 參照
 현재 경북대학교 전자공학과 교수