Hausdorff Distance를 이용한 퍼지 하드웨어 구현

김종만, 변 오성, 문성룡
원광대학교 전자공학과
전화 : (0653) 850-6883 / 팩스 : (0653) 855-1798

Fuzzy Hardware Implementation using the Hausdorff Distance

Jong-Man Kim, Oh-Sung Byun, Sung-Ryong Moon
Department of Electronic Engineering Wonkwang University
E-mail : srmoon@wonkwang.ac.kr

Abstract

Hausdorff distance(HD) commonly used measures for object matching, and calculates the distance between two point set of pixels in two-dimentional binary images without establishing correspondence. And it is realized as the image filter applying the fuzzy.

In this paper, the fuzzy hardware realizes in order to construct the image filter applying HD, also, propose as the method for the noise removal using it in the image. MIN-MAX circuit designs the circuit using MAX-PLUS, and the fuzzy HD hardware results are obtained to the simulation. And then, the previous computer simulation is confirmed to the result by using MATLAB.

Ⅰ. 서론

서로 다른 두 개의 영상 집합사이에 비슷한 정도를 측정하는 영상 정합은 패턴 인식, 컴퓨터 비젼, 영상 해석에 있어서 아주 중요한 문제로 대두되고, 그리고 여러 가지 영상 정합 방법이 제안되어 왔다. 이 연산들은 특징 검출, 거리 변환, 정합도를 측정하여 영상의 유사도를 측정하게 된다. 여기에 많은 정합 알고리즘이 제안되었는데, hierarchical Chamfer matching algorithm (HCMA), Borgefors matching, HD등이 대표적인 예라 할 수 있다. HCMA는 물체의 픽셀로부터 특징 점을 얻은 후 특징 점 사이의 유사도에 의해 물체 정합을 수행하는 방법이다. 이에 비하여 HD 정합 방법은 픽셀로부터 특징 점을 구하지 않고 전체 픽셀 점 집합들 사이의 HD 정합에 의해 물체의 유사도를 판단하는 방법이다. 또한 HD정합은 max-min 거리를 사용하는 방법으로 실제 영상의 정합에 있어서 잡음에 대단히 민감한 결과를 보이게 된다[1][2].

본 논문에서는 HD 정합의 max-min 거리를 퍼지에 적용하여 설계를 하고, 또한 제안된 HD 연산자를 적용한 FCNN을 이용하여 영상의 잡음을 제거하고, 최적의 영상을 얻도록 한다. 그리고 설계된 HD 정합 필터의 결과 파형을 MAX-PLUS를 이용하여 얻고자 한다[4][5].

Ⅱ장에서는 HD 알고리즘을 다른 정합 알고리즘과 비교하여 수식적으로 설명하고, Ⅲ장에서는 Ⅱ장을 기반으로 MAX-PLUS을 이용하여 설계한 회로를 결과 파형을 가지고 설명하며, Ⅳ장 결론 순으로 본 논문을 서술한다.

Ⅱ. Hausdorff Distance 알고리즘

영상처리에 있어서 구조적인 원소의 크기가 큰 원소를 가지는 연산은 회로 구현 시 어려움이 있으므로, 형태학 연산자의 특징인 반복성을 이용하여 HD 연산 수행 시 구조적 원소를 분해하여 수행할 수 있어 파이프라인 연산 등을 이용할 수 있다. 여기서 HD는 물체 모델과 비교 영상의 픽셀 점 집합들 사이의 거리값을 계산하는 척

도로서 형태학 연산자인 erosion 연산의 반복성을 이용하여 연산을 수행하였다. HD 연산의 구성은 다음과 같은데 이는 픽셀의 집합이 각각 N_A와 N_B인 점 집합 $A=\{a_1, \ldots, a_{N_A}\}$와 $B=\{b_1, \ldots, b_{N_B}\}$사이의 거리 값을 계산하는 기존의 HD 척도는 식(1)로 정의된다[2].

$$H(A, B)=\max(h(A, B), h(B, A)) \quad (1)$$

여기서 $h(A, B)$와 $h(B, A)$는 점 집합 A와 B 사이의 방향성 HD를 나타낸다. 한점 a로부터 점 집합 B의 점들에 대한 거리를 $d_B(a)=\min_{b\in B}\|a-b\|$로 한 점 b로부터 집합 A의 점들에 대한 거리를 $d_A(b)=\min_{a\in A}\|b-a\|$로 정의하면, 방향성 HD, $h(A, B)$와 $h(B, A)$는 식(2)과 식(3)으로 정의한다[1][2].

$$h(A, B) = \max_{a\in A} d_B(a), \quad (2)$$

$$h(B, A) = \max_{b\in B} d_A(b) \quad (3)$$

$\|\cdot\|$는 유클리디안(Euclidean) norm 또는 L2를 나타낸다. 그러나 이 기존의 HD 척도는 잡음이나 겹침 등의 영상 훼손에 민감하다. 따라서 물체 정합을 위한 개선된 HD 척도들이 제안되었다.

Huttenlocher 등은 잡음에 의해 손상되었거나 겹쳐 있는 정합을 위하여 유사도 측정을 위해 partial HD 척도를 제안하였다. 이 척도는 손상된 물체의 나머지 부분의 유사도를 판단한다. Partial HD의 방향성 HD $h_K(A, B)$는

$$h_K(A, B)=K^{th}_{a\in A} d_B(a) \quad (4)$$

와 같이 정의되고, $K^{th}_{a\in A}$는 순차적으로 정렬된 $d_B(a)$값의 집합들 중에 K번째에 해당하는 순서의 값을 나타낸다. 이 척도에서 물체의 훼손된 정도에 따른 물체의 유사도 판단을 위하여 partial fraction f를 정의했는데, f는 0부터 1사이의 값을 갖고, $K=fN_A$로 주어진다. 또한 partial HD의 변형된 형태로 Azencott 등은 잡음으로 인한 영상의 훼손 문제를 해결하기 위하여 CHD(Censored HD)를 제안하였다. CHD의 방향성 HD $h_{CHD}(A, B)$는 식(5)로 정의된다[1][2].

$$h_{CHD}(A, B)=K^{th}_{a\in A} L^{th}_{b\in B}\|a-b\| \quad (5)$$

$K^{th}_{a\in A}$는 순차적으로 나열된 $L^{th}_{b\in B}\|a-b\|$ 값들 중에서 K번째에 해당하는 값을 나타내고 $L^{th}_{b\in B}$는 순차적으로 나열된 유클리안 거리값 $\|a-b\|$의 L번째의 값을 나타낸다. 여기서는 영상의 훼손 정도에 따른 유사도 판단을 위해 파라미터 β, γ를 정의했는데, β는 0부터 1사이의 값을 갖고, $K=\beta N_A$로 주어지고, γ는 0부터 1사이의 값을 갖고, $L=\gamma N_B$로 주어진다.

Dubuisson과 Jain은 $D_B(A, B)$의 거리값들을 평균낸 형태의 MHD를 제안하여 4가지 형태의 잡음에 의해 손상된 합성 영상들에 대해 실험하였다. MHD (Modified HD)의 방향성 HD $h_{MHD}(A, B)$는

$$h_{MHD}(A, B)=\frac{1}{N_A}\sum_{a\in A} d_B(a) \quad (6)$$

로 정의된다. Partial HD가 1개의 파라미터를 CHD가 2개의 파라미터를 가지는 것에 비해, MHD는 파라미터가 없는 것이 장점이다.

CHD를 제외한 partial HD난 MHD는 HD값을 구하기 위해서는 픽셀 연산자에 의해 얻어진 모델 영상과 비교 영상의 한 점으로부터 점 집합에 대한 최소 거리는 아래 식(7)과 같은 계산과정이 필요하다.

$$d_B(a)=\min_{b\in B}\|a-b\|,$$
$$d_A(b)=\min_{a\in A}\|b-a\| \quad (7)$$

이 과정은 매우 간단한 연산에 의해 가능하지만 많은 계산량을 필요로 한다. 그리고 HD 연산자를 퍼지 형태학 알고리즘에 적용하기 위하여 E는 [0, 1]로 정규화하고 HD를 수행하기 위한 퍼지 형태학 알고리즘은 식(8), (9)과 같은 변수의 값을 갖는다.

$$\text{A=0, B=0, I=0,}$$
$$A_{fmin}=\text{ undefined, } A_{fmax}=\text{undefined,}$$
$$B_{fmax}=\text{undefined, } B_{fmin}=-S_{HD} \quad (8)$$

$$f_y(x)=f(v_{x'ij}(t))=\frac{1}{2}(\mid v_{\xi j}(t)+1\mid -\mid v_{\xi j}(t)-1\mid),$$

$t\in[0,\ 1]$ (9)

여기서 S_{a-LTS} = $\{-t:\ t\in S\}$이다.

Ⅲ. Hausdorff Distance 하드웨어

그림 1은 설계할 HD를 적용할 형태학 연산자 구조이고[3], 또한 영상 잡음 제거를 위한 흐름도로써 n(n+1)/2개의 HD와 n-1개의 Min 필터로 구성되었으며, 선형적으로 구조적 원소가 증가되고 입력 영상의 크기에 상관없이 전체적인 구조는 병렬구조와 파이프라인 형식으로 구성된다. 그림 2는 설계된 HD 하드웨어 전체 블록도이인데, 이는 입력 A의 9개인 3x3비트와 B인 9개 3x3비트의 입력을 가지고 있으며, 이것의 크기를 결정하는 절대값의 블록으로 입력된다. 이것에서 계산된 값은 MIN과 MAX 블록으로 입력되어 가장 적합한 값을 선택하여 결과 값으로 출력되는 구조로 되어있다. 이것은 연산 속도를 빠르게 하기위해 병렬 구조로 설계하였다. 또한 그림 3은 이에 따른 결과 파형이다. 여기서는 잡음을 0과 1로 놓고 잡음인 0과 1을 제거하는 과정을 설명하고 있다.

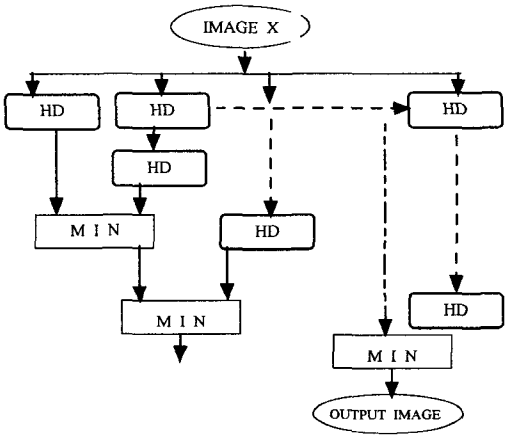

그림 1 HD연산자를 적용한 병렬처리 하드웨어 구조
Fig. 2 The parallel processing hardware structure applying HD operators

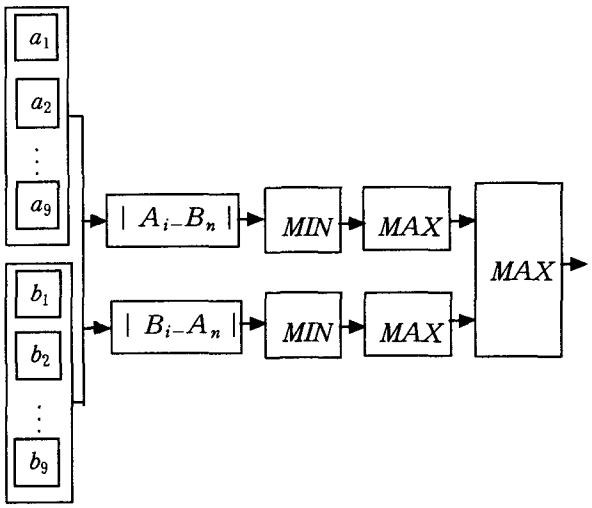

그림 2 HD의 전체 블록도
Fig. 2 The total block of HD

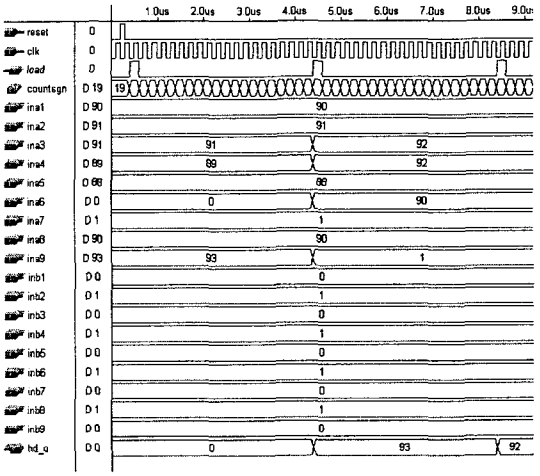

그림 3 결과 파형
Fig. 3 The result wave

Ⅳ. 결론

본 논문은 HD 연산자를 적용한 병렬 처리 하드웨어를 설계하였다. 이는 연산시간이 많다는 단점을 제외하고 필터링 부분에서는 거의 잡음을 제거하는 우수한 복원 능력을 가지고 있다. 전체적인 하드웨어 구성은 MAX-PLUS를 이용하여 실제적으로 VHDL 코딩을 하 구현을 하였다. 또한 설계를 할 때 기존의 형태학 연산

자를 적용한 FCNN은 복잡한 연산 수행으로 인한 계산량 이 많으나, 여기서 제안하는 HD 연산은 그 계산량을 최소화하는 연산만을 수행하는 부분으로 전체하드웨를 구성하였다.

앞으로는 설계된 HD를 이용한 퍼지하드웨어는 칼라 영상의 복원 및 정합 필터링에 사용할 수 있도록 더욱 더 개선할 수 있도록 연구할 것이다.

참고문헌

[1] O. K Kwon, D. G Sim, R. H Park, "Object Matching Algorithm Using Robust Hausdorff Distance Measure," IEEE Trans, Vol. 8, No 3, pp. 1057-7149, March, 1999.

[2] Hertog Nugroho, Shinji Ozawa, "Tracking Multiple Moving Objects form Monocular Image Sequences with Hausdorff Distance and Context Information," T.IEE Japan, Vol. 118-C, No. 7/8, pp. 1138-1149, 1998.

[3] M. Brucoli, L. Carnimeo, and A. Dingankar, "Discrete-Time Cellular Neural Networks for Associative Memories with Learning and Forgetting Capabilities", IEEE Trans on Circuits and Systems, Vol. 42, Num. 7, pp. 396399, July 1995.

[4] S. K Choi, O. S Byun, C. H Lee, S. R Moon, "The Edge Detection of Image using the quantization FCNN with the variable template", Journal of IEEK, Vol. 35-S, Num. 11, pp. 1606 - 1613, Nov 1998.

[5] J. You, P. Bhattacharya, S. Hungenahally, "Real-time Object Recognition: Hierarchical Image Matching in A Parallel Virtual Environment", IEEE trans, pp. 275-277, 1998.