

국소 천이규칙을 갖는 셀룰러 오토마타를 이용한 영상 첨예화

이석기*

*동의대학교 컴퓨터소프트웨어공학과

e-mail:stone-7@dongeui.ac.kr

Image Sharpening based on Cellular Automata with the Local Transition Rule

Seok-Ki Lee*

*Dept of Computer Software engineering, Dong-Eui University

요 약

영상 강조를 위하여 새로운 셀룰러 오토마타의 천이규칙을 제안하고 그것을 이용한 첨예화 알고리즘을 제안한다. 천이 규칙은 순차적이고 병렬적인 움직임을 가지며 Lyapunov 함수를 만족한다. 영상 첨예화는 셀룰러 오토마타의 고정된 점으로 수렴하는 동적인 특성을 이용하여 천이 규칙을 개발, 실험하였다. 영상에 대한 사전지식 없이 상대적으로 밝기값의 차이가 완만한 부분에 연산을 집중해 효율적인 첨예화된 영상을 얻을 수 있다.

ABSTRACT

We propose novel transition rule of cellular automata for image enhancement and sharpening algorithm using it. Transition rule present sequential and parallel behavior. it also satisfy Lyapunov function. This image sharpening was developed and experimented by using a dynamic feature of convergence to fixed points. We can obtain efficiently sharpened image by performing arithmetic operation at the gradual parts of difference of brightness without image information

1. 서론

영상 첨예화는 영상의 전체적인 특징을 변화시키지 않고, 미세한 부분을 강조하거나 뭉그러진 영상이나 영상 획득시 발생할 수 있는 잡음을 개선하는 효과를 가지는 영상 처리법이다[1]. 기본적인 영상 첨예화 기법은 각 화소간의 변화가 급격한 영역을 상대적으로 강조해 주는 고주파 통과 필터링에 기초를 두고 있으며, 고주파 통과 필터링이나 미분 필터링 등이 이에 속한다[2]. 그러나 영상 첨예화 기법은 영상내에서 강조나 개선되어야 할 특정 부분에 연산을 집중시키면 보다 나은 결과를 얻을 수 있다. 이와 같은 연산형태로 GST(gray scale transform)와 같은 비선형 연산이 주로 이용되거나 연속적인 연산이 불가능하다는 단점이 있다. 이같은 단점을 보완하기 위해 자신과 인접한 셀들 사이의 관계로 연산을 수행하는 비선형 연산인 셀룰러 오토마타(Cellular Automata: 이하 CA)를 적용할 수 있다[3].

본 논문에서는 3가지의 천이규칙을 이용해서 영상 첨예화 알고리즘을 제안한다. 각 천이 규칙은 이웃 화소와 관계를 정의한 것으로 대상 영상을 국부적으로 밝기값의 차이를 증가 및 감소시켜 영상을 첨예화한다. 반대의 과정으로 영상의 smoothing 효과도 낼 수 있다. 또한 본 방법을

통해 잡음이 섞인 영상에서도 효과를 가져온다.

2. 셀룰러 오토마타의 정의

CA는 인접한 화소들과 상호작용하는 동일하게 프로그램된 화소들의 컴퓨터 배열이다. 이는 각 화소마다 유한상태 오토마타(finite state automaton)를 갖춘 D-차원의 격자이다. 여기서 CA의 배열은 일반적으로 띠모양의 1차원 구조, 2차원 그리드 구조, 또는 3차원 입체구조 등의 공간적 형태를 가지고 있으며 시간에 따라 전체적인 분포가 변화한다. CA의 이웃(neighborhood)은 기본 이웃과 Von neumann이 제안한 이웃, Moore가 제안한 이웃이 있으며 일반적으로 4근방 이웃이나 8근방 이웃을 사용한다. 그 외에도 필요에 따라 여러 가지 다른 형태의 이웃 화소 모델을 정의할 수 있다. CA의 기본적 구성은 화소상태, 이웃, 규칙으로 되어있다. CA는 공간, 시간, 상태가 모두 이산적인 동적 시스템이다. 일정하게 배열된 공간 격자의 점을 화소라고 부르며, 이 점들은 유한개의 상태중의 한 가지를 가질 수 있다. 격자 구조 속의 화소상태는 국부적인 규칙에 의해서 수정(update)되는데, 주어진 시간에 화소상태는 바로 한 단계 이전 시간의 그 화소상태와 근방의 주변 화소들의 상태에 의해서만 변화한다. 그리고 격자내의 모든

화소들은 동기적인 시간에 따라 수정된다. CA는 그 원형을 Von Neumann의 자기복제에서 찾을 수 있으며, CA 역시 자기 복제의 기능을 가지고 있다[4][5].

3. 국소 천이규칙

영상의 경우 각 화소가 가질 수 있는 상태값은 256개, 이웃은 4개, 화소의 개수를 n 이라고 하면 각 화소는 다음 단계에서 가질 수 있는 상태값은 $n \cdot 256^4$ 가 된다. 따라서 규칙의 설정이 잘못되면 다음 상태로 천이가 무한히 일어나는 오류를 가질 수 있다. 따라서 본 논문에서는 무한 루프에 빠지지 않는 3가지의 천이 규칙을 가지며, 영상의 각 화소에서 4연결 이웃과 자유 경계조건을 가지는 CA를 제안한다. 각 규칙은 각각 고유한 특징을 가지면서 영상을 침체화한다. 또한 이러한 CA는 순차적이고 병렬적인 움직임을 가지며, Lyapunov functional을 만족하는 감소함수로 표현된다. CA 자체가 발산이나 무한 루프에 빠지지않고 안정화되어 매우 빠른 속도로 하나의 고정된 값으로 수렴하게된다. 국소 천이규칙의 동적 행동은 Lyapunov 함수를 만족하는 양자화함수로 아래와 같이 식(1)로 표현된다.

$$H(x) = -\frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \sum_{j \in N_i} a^{(x_i - x_j)} \quad (1)$$

단, $a > d = \max |N_i|$

이 함수가 순차적 반복 환경에서 Lyapunov함수가 성립하기 위해서는 다음의 조건을 만족해야 한다.

$$\Delta H = H(x') - H(x) \leq 0$$

(2)

단, $x' = (x'_1, \dots, x'_n)$, $x'_i = x_j$ 이며 모든 $j \neq i$ 일 때 $x'_i = f(x_j; j \in N_i)$ 이다.

<천이 규칙>

▷규칙1: 현재 자신의 밝기값이 이웃의 최대 및 최소와 비교하여 그 값의 차이가 작은 쪽의 값으로 천이된다.

▷규칙2: 이웃 화소의 합을 구하고, 자신의 밝기값에 이웃의 개수와 곱한 후, 그 차이를 구해 0보다 큰 경우 최소, 0보다 작은 경우 최대의 값으로 천이된다.

▷규칙3: 현재 자신의 밝기값과 이웃의 밝기값과 비교하여 이웃보다 큰 개수와 작은 개수들 중 같거나 많은 경우 이웃의 최대값으로, 그 반대의 경우 최소값으로 천이된다.

단, 모든 3가지 규칙은 현재의 밝기값이 이웃의 최대와 최소값의 사이에 존재해야 하고, 그렇지 않은 경우에는 자신의 밝기값으로 다음 상태로 천이가 이루어진다.

4. 실험 결과 및 고찰

그림 2의 (a)는 원영상을 나타내고, 그림2(b)-(d)는 3가지 천이 규칙을 적용한 후 침체화된 영상을 나타낸다. 각 천이 규칙들은 고유한 특성을 나타내면서 영상을 침체화하였다. 그림 2(b)는 규칙 1을 659회 단계를 거쳐 안정된 영상으로 밝기값의 차이가 완만한 부분에 그 차이를 나타낸다. 그림 2(c)는 규칙 2를 적용한 영상으로 머리 부분이 보다 강조되었다. 수행 단계는 약 849회의 연산을 수행하였다. 그림 2(d)는 규칙 3을 적용한 영상으로 영상에서 비교적 비슷한 밝기값을 갖는 넓은 영역에서의 구분은 확실하나, 머리카락 영역이 뭉개지는 효과를 나타내었다. 연산 횟수는 2340회였다. 그림 2(e)는 가우시안 잡음이 들어간 원 영상에 규칙 2를 적용한 것으로 잡음이 섞인 경우에도 비교적 좋은 침체화 결과를 보였다.



(a) Lenna 원 영상



(b) 규칙 1을 적용한 영상



(c) 규칙 2을 적용한 영상



(d) 규칙 3을 적용한 영상



(e) 가우시안 잡음이 들어간 원영상에 규칙2를 적용한 영상

(그림 2) 제안한 규칙의 영상 침예화

5. 결론

영상의 침예화는 각 영역의 밝기값의 차이를 증가 시켜, 세밀한 부분을 강조하거나 뭉그러진 영상을 개선하는 영상처리 방법이다. 본 논문에서는 CA의 고정된 점으로 수렴하는 동적인 특성을 이용하여 3개의 영상 침예화 친이 규칙을 개발, 실험하였다. 이 방법은 영상에 대한 사전 지식 없이 침예화가 필요한 영역 즉, 상대적으로 밝기값의 차이가 완만한 부분에 연산을 집중해 기존의 일괄적인 방법보다 나은 영상 침예화를 할 수 있다.

향후의 연구는 다양한 영상 처리를 위해 고유의 특성을 가지는 CA 친이 규칙의 개발과 각 친이 규칙에 따른 처리 시간의 수학적 모델링, 원영상과의 차이를 정량적으로 계산할 수 있는 수식적 작업이 필요하다.

참고문헌

- [1] Winter M.E, Winter E.M, Beaven S,G, Ratkowski A.J, "Hyperspectral Image Sharpening Using Multispectral Data", Aerospace Conference,2007 IEEE, pp. 1-9, 2007.
- [2] Desjardins A.E, Vakoc B.J, Suter M.J, Seok-Hyun Yun, Tearney G.J, Bouma B.E, "Real-Time FPGA Processing for High-Speed Optical Frequency Domain Image", Medical Imaging, IEEE Transactions on, Vol. 28, pp. 1468-1472, 2009.
- [3] B. Viher, A. Dobnikar, and D. Zazula, "Follicle recognition in ultrasonic image using the cellular automata", in Proc, 10th IEEE Symp., Computer-based Medical Systems, pp. 11-13, 1997.
- [4] C. Langton, "Artificial Life", Addison-Wesley, pp.1-47, 1989.
- [5] Rosin, P.L, "Training cellular automata for image processing", Image Processing IEEE Transaction, Vol. 15(7), pp. 2076-2087, 2006.