Journal of Korea Multimedia Society Vol. 13, No. 9, September 2010(pp. 1329-1336)

셀룰러 오토마타의 천이 파라미터를 이용한 영상의 잡음제거 방법

김태석[†], 이석기[††], 권순각[†††], 권오준[††††]

요 약

Cellular Automata는 자연계의 현상이 국부적인 관계에 의해 완전히 표현될 수 있는 이산적인 동적 시스템이며, 대상 영상에 대한 특징을 그대로 보존하면서 천이규칙에 따라 국부적으로 밝기값의 차이를 증가 및 감소시킬 수 있다. 본 논문에서는 Cellular Automata의 천이규칙을 이용한 잡음제거 방법을 제안하고, 잡음 특징에 따라 효율적인 천이규칙, 파라미터 선정, 이웃화소수의 선택 방법을 제시한다. 균일분포 잡음, 가우시안 잡음, 임펄스 잡음에서 연산을 달리하여 적응적인 상태를 실험하여 비교한다. 제안한 천이규칙은 랜덤잡음을 가진 대상 영상에 대해 빠른 수렴속도를 가지고 안정적인 결과가 나타남을 확인할 수 있다.

Noise Reduction Method for Image Using Transition-Parameter of Cellular Automata

Tai-Suk Kim[†], Seok-Ki Lee[††], Soon-Kak Kwon[†††], Oh-Jun Kwon[††††]

ABSTRACT

Cellular Automata is a discrete dynamical system which natural phenomena may be specified completely in terms of local relation, can increase and decrease the difference of luminance locally according to transition rule by keeping the characteristic of target image. In this paper, we propose a noise reduction method by keeping the characteristic using transition rule of Cellular Automata, also we propose methods of effective transition rule, the selection of parameters, the selection of number of neighborhood pixels. For uniform distribution noise, Gaussian noise, impulse noise, we do an experiment on adaptive state using different mathematical operations and compare its results. It was confirmed that the proposed transition rule is based on fast convergence speed and has stabile results.

Key words: Cellular Automata(셀룰러 오토마타), Noise Removal(잡음제거), Transition Rule(천이 규칙), Parameter(파라미터), PSNR(신호대 잡음비 최대값), sequential(순차), parallel(병렬)

1. 서 론

디지털 영상은 혼입되는 오차 및 입력장치 자체의 잡음 등으로 다른 요소에 의해 왜곡될 수 있다. 대부분의 영상 처리에서는 잡음 제거가 시스템 성능에 중요한 영향을 미치기 때문에 시스템 구성 시에 반드시 잡음의 영향을 고려해야한다. 잡음은 특정한 패턴을 갖는 경우도 있지만 도저히 예측할 수 없는 경우

※ 교신저자(Corresponding Author) : 김태석, 주소 : 부산광역시 진구 가야동 산24, 동의대학교 컴퓨터소프트웨어공학과(614-714), 전화 : 051)890-1707, FAX : 051)890-2629, (E-mail : tskim@deu.ac.kr)
접수일 : 2010년 2월 23일, 수정일 : 2010년 4월 29일
완료일 : 2010년 6월 9일
[†] 종신회원, 동의대학교 컴퓨터소프트웨어공학과 교수
[††] 정회원, 동의대학교 컴퓨터소프트웨어공학과 겸임교수 (E-mail : stone-7@deu.ac.kr)
[†††] 종신회원, 동의대학교 컴퓨터소프트웨어공학과 교수 (E-mail : skkwon@deu.ac.kr)
[††††] 종신회원, 동의대학교 컴퓨터소프트웨어공학과 교수 (E-mail : ojkwon@deu.ac.kr)
※ 이 논문은 2009학년도 동의대학교 교내연구비(2009AA179)에 의해 연구되었음.

도 있다. 일반적으로 잡음 자체를 정의하기도 어렵고 발생하는 형태도 매우 다양하다. 잡음은 패턴을 가질 수 있지만 랜덤한 경우가 대부분이다.잡음이 발생되는 분포의 특성을 고려해 균일분포잡음과 정규분포잡음 등으로 구분한다.

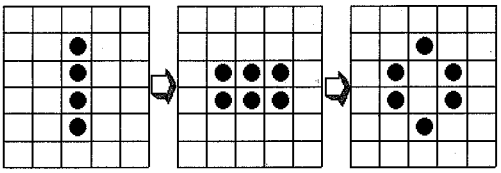
일반적으로 잡음은 주변 화소와 어울리지 않는 성격을 갖기 때문에 주변 화소의 밝기값을 조절함으로써 잡음 비율을 줄일 수 있다[1]. 영상의 잡음 제거 방법에는 공간 영역적 방법과 주파수 영역적 방법으로 나눌 수 있다. 공간 영역적 방법에는 평균(average)필터와 중간값(median)필터 등이 있다. 주파수 영역적 방법에는 저주파 통과(low-pass)필터가 있다. 평균 필터와 저주파 통과 필터는 가우시안(Gaussian) 잡음에 대해서는 적합하나 물체의 경계 부분과 같이 화소의 밝기값이 급격히 변화하는 경우에는 선명도를 흐리게 하는 단점이 있다. 중간값 필터는 임펄스 잡음 제거에는 적합하나 연산량이 많아지며, 전 영역에 일률적으로 같은 필터로 잡음을 제거하므로 유연한 대처가 어렵다. 영상의 세부 정보를 보존하면서도 잡음을 효과적으로 제거하기 위해 많은 알고리즘이 제안되었다. 예를 들면, Lee는 영상 압축과정의 전처리에서 잡음 제거에 적응적인 시공간적 필터를 제안하였다[2]. 그러나 제안한 잡음 제거 기법은 많은 연산을 해야만 하는 공간 영역적 방법이다. Chang은 중간값 필터를 응용한 알고리즘을 제안하였다. 효과적인 잡음 제거가 가능하지만 영상의 세부 정보를 잃게되며 연산량이 증가함에 따라 실시간으로 사용되기에는 적당하지 않다[3]. 이러한 기존의 단점을 보완하기 위한 새로운 방법으로 국소적인 특징에 유연히 대처 가능한 Cellular Automata 기법이 시도되고 있다. 그러나 Cellular Automata를 이용한 기존의 잡음제거 방법은 중심 화소의 밝기값이 일정하게 증가 또는 감소하여 천이속도가 향상되지 못하는 단점이 있었다[4].

본 논문에서는 Cellular Automata의 특성을 이용한 잡음 제거 알고리즘을 제안한다. 제안된 방법은 잡음 제거를 위해 이웃 화소들의 관계를 이용한 국부적인 천이 규칙과 파라미터의 비교이다. 각 천이 규칙은 이웃 화소들과의 관계를 정의한 것으로 대상 영상을 국부적으로 화소의 밝기값 차이를 크게 증가 및 감소시켜 영상의 잡음을 제거한다.

2. Cellular Automata의 천이 파라미터를 이용한 잡음 제거 알고리즘

2.1 Cellular Automata

Cellular Automata는 시간 및 공간, 상태가 모두 이산적인 동적 시스템으로, 각 화소들은 상호 연결된 이웃의 현재 상태와 국부적인 규칙에 따라 새로운 상태로 천이된다. 천이 규칙은 자신의 현재 상태와 주변 이웃의 상태에 의해 결정된다. 각 규칙에 따라 지속적인 성장과 번식, 죽음 등을 반복하게 된다[5]. Cellular Automata의 대표적인 예로는 John H. Conway의 생명게임이 있다. 이것은 화소의 상태를 0(사망), 1(출생)로 간주하고 8개의 이웃화소에 따라 모양이 변해가는 게임이다. 사용하는 규칙과 변화되는 모습은 그림 1에 나타난다[6-8].



천이 규칙
i) 중심화소가 1인 경우
이웃 화소: 0, 1개->0(죽음)
2, 3개->1(생존)
4개 이상->0(죽음)
ii) 중심화소가 0인 경우
이웃 화소: 3개 ->1(생성)

그림 1. Conway의 생명게임

본 논문에서는 Cellular Automata의 주변 이웃과의 관계에 의해 천이하며, 수렴하는 특성을 가지는 Potts automata를 이용해서 영상의 잡음을 제거한다[9,10].

일반적인 Potts-Hamiltonians은 식(1)로 표현된다.

$$H(x) = -\frac{1}{2}\sum_{(i,j)\in V}\delta(x_i,x_j) + \sum_{i\in I}\delta^*(b_i,x_i) \qquad (1)$$

$$x_j \in Q \text{ and } b_i \in R$$

여기서 Q는 상태의 집합을 나타낸다. 위의 식(1)이 Lyapunov Function을 만족하면 수렴한다.

$$\forall i \in I : H_i(\tilde{x}) \leq H_i(x), \quad \forall x \in Q^n \qquad (2)$$

$$x = (x_1,\ldots,x_n),$$
$$\tilde{x} = (x_1,\ldots,x_{i-1},f_i(x),x_{i+1},\ldots,x_n)$$

2.2 잡음 제거 알고리즘의 제안

제안하는 천이 규칙은 다음과 같다.

$$f_i(x)=\begin{cases} x_i-T & \text{if}\,|\{j\in V_i|x_j<x_i\}|>\frac{|V_i|}{2},\ T=1,2,3,4,5\cdots \\ x_i+T & \text{if}\,|\{j\in V_i|x_j>x_i\}|>\frac{|V_i|}{2},\ T=1,2,3,4,5\cdots \\ x_i & otherwise \end{cases} \quad (3)$$

각 화소는 0에서 255까지의 밝기값의 상태를 가지며, 4방향 또는 8방향의 이웃을 가진다. $|V_i|$는 이웃의 개수를 나타내므로 $\frac{|V_i|}{2}$는 4방향일 경우에는 2가 되며 8방향일 경우에는 4가 된다.

본 논문에서 제안하는 잡음 제거 방법은 천이규칙에서 이웃 화소와의 관계에 의해 중심 화소의 밝기값을 증가 또는 감소시키는 형태를 나타낸다. 이웃 화소 중 중심 화소의 밝기값보다 큰 화소와 작은 화소를 측정한다. 그리고 (이웃 화소의 수)/2보다 큰 값의 화소 수가 많으면 중심 화소의 밝기값을 T(파라미터)만큼 증가시키고, 작은 값의 화소 수가 많으면 중심 화소의 밝기값을 T만큼 감소시킨다. 즉 이웃 화소들과 급격한 밝기값의 차이가 나는 영역에 대해서만 연산을 처리함으로써 더 나은 잡음 제거가 가능하며, T를 찾아 천이규칙을 구한다. 천이 규칙의 예제를 그림 2에서 나타낸다.

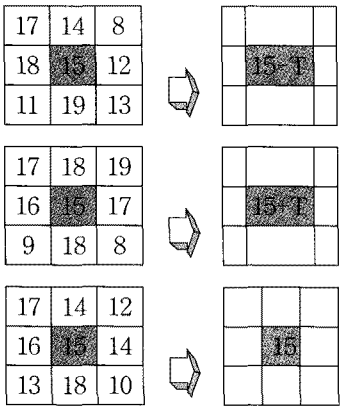


그림 2. 천이 규칙의 국소적인 변화

2.3 천이 규칙의 수렴

천이 규칙을 나타내는 식(3)은 식(1)에 대해서 $\delta(a,b)=\min(a,b)$, $\delta^*(a,b)=ab$, $b_i=\frac{|V_i|}{2}$로 표현할 수 있으며, 일반적인 Potts-Hamiltonian으로 나타내면 식(4)와 같다.

$$H(x)=-\frac{1}{2}\sum_{(i,j)\in V}\min(x_i,x_j)+\sum_{i\in I}\frac{|V_i|}{2}x_i \quad (4)$$

식(3)의 천이규칙은 순차(sequential)과 병렬(parallel) 두 가지 경우를 가진다. 순차인 경우에는 고정된 한 점으로 수렴되는 비교적 간단한 동적 특성을 나타낸다. 그러나 병렬인 경우에는 고정점 혹은 2주기를 가지는 좀 더 복잡한 특성을 가지게 된다. 순차인 경우에서 식(3)에 대해서 수렴성의 증명은 다음과 같다.

i번째의 천이 quantities은 식(5)와 같다.

$$H_i(x)=-\sum_{j\in V_i}\delta(x_i,x_j)+\delta^*(b_i,x_i) \quad (5)$$

식(5)에서부터

$$\begin{aligned}(\Delta H)_i &= H_i(\tilde{x})-H_i(x) \\ &= \sum_{j\in V_i}(-\min(f_i(x),x_j)+\min(x_i,x_j)) \\ &\quad +\frac{|V_i|}{2}(f_i(x)-x_i)\end{aligned} \quad (6)$$

이다. 식(6)을 이용해서 다음의 3가지 경우를 고려해 본다.

i) $f_i(x)=x_i \Rightarrow (\Delta H)_i=0$

따라서 $f_i(x)\neq x_i$경우만 고려한다.

ii) $f_i(x)=x_i+T$

$$(\Delta H)_i=\sum_{j\in V_i}(-x_i-T+x_i)+\frac{|V_i|}{2}$$

$$=-|\{j\in V_i|x_j>x_i\}|+\frac{|V_i|}{2}$$

$$f_i(x)=x_i+T \text{ iff } |\{j\in V_i|x_j>x_i\}|>\frac{|V_i|}{2}$$

$$\therefore (\Delta H)_i<0$$

iii) $f_i(x)=x_i-T$

$$(\Delta H)_i=|\{j\in V_i|x_j\geq x_i\}|-\frac{|V_i|}{2}$$

$$|\{j\in V_i\,|\,x_j<x_i\}|>\frac{|V_i|}{2}$$

$$\therefore (\Delta H)_i<0$$

따라서 순차인 경우 식(4)에 의해 제안된 천이 규

칙은 고정점으로 수렴함을 알 수 있다.

병렬인 경우 고정점 또는 2주기로 수렴한다는 것을 증명한다. 식(1)은 아래와 같이 표현할 수 있다.

$$E_{sy}(x(t)) = -\sum_{(i,j)\in V} \min(x_i(t), x_j(t-T)) + \sum_{i\in I} \frac{|V_i|}{2}(x_i(t)+x_i(t-T)) \quad (7)$$

식(7)에서

$$\Delta E_{sy} = \sum_{j\in V}(-\min(f_i(x), x_j)+\min(s, x_j)) + \frac{|V_i|}{2}(f_i(x)-x_i) \quad (8)$$

이며, $s = x_i, x_i + T$ 이다.

i) $f_i(x) = x_i \Rightarrow (\Delta E_{sy})_i = 0$

ii) $f_i(x) = x_i + T$

$$(\Delta E_{sy})_i = \sum_{j\in V_i}(-\min(x_i+T, x_j)+\min(s, x_j)) + \frac{|V_i|}{2}$$

$$= -\sum_{j\in V_i}\{x_i+T-x_i\} + \frac{|V_i|}{2} < 0$$

iii) $f_i(x) = x_i - T$

$$(\Delta E_{sy})_i = \sum_{j\in V_i}(\min(x_i-T, x_j)-\min(s, x_j)) - \frac{|V_i|}{2}$$

$$= \sum_{j\in V_i}\{x_i-T-x_i\} - \frac{|V_i|}{2} < 0$$

따라서 병렬인 경우도 수렴함을 알 수 있다.

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 Cellular Automata의 천이 파라미터에 따른 잡음 제거

실험은 Windows XP PC 환경에서 델파이로 구현한 프로그램을 사용하였다. 256*256의 크기를 가지는 256 밝기값 Lenna의 정지영상을 이용했다. 실험은 순차, 병렬에 대하여 각각 4방향과 8방향을 적용하였다. 이웃 화소는 잡음 제거 정도에 따라 결정 할 수 있는데, 범위가 넓어질수록 잡음 제거에는 강해지나 경계 부분이 뭉개어지는 경향이 심하게 된다. 따라서 3*3영역에서 4방향과 8방향의 이웃을 이용하였다. 순차인 경우에는 정의한 규칙에 따라 순차적으로 화소가 천이되어 고정된 한 점으로 수렴되는 간단한 동적 특성을 나타낸다. 병렬인 경우에는 동시에 모든 화소가 천이되어 고정점 혹은 2주기를 가지는 복잡한 특성을 가지게 된다. 본 논문에서는 사용한 잡음 모델은 균일분포 잡음, 가우시안 잡음, 임펄스 잡음이다. 균일분포 잡음은 원영상의 전 영역에 균일한 잡음을 첨가하여 임의로 작성하였으며, 가우시안 잡음은 밝기값이 높은 영역에 잡음이 존재하며, 임펄스 잡음은 원영상의 밝기값에 대칭되는 잡음을 첨가하였다.

PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)을 이용하면 결과 영상과 원영상의 유사도를 비교할 수 있다. PSNR은 두 영상의 화소 밝기값들의 차이에 대한 MSE(Mean Square Error)를 이용하여 구하며, 높은 값일수록 원영상과 유사하다. MSE는 식(9), PSNR은 식(10)와 같이 나타낸다.

$$MSE = \frac{1}{MN}\sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{N}|P(m,n)-Q(m,n)|^2 \quad (9)$$

단, $P(m,n)$: 원영상(m,n)의 밝기값, $Q(m,n)$: 천이영상(m,n)의 밝기값, MN : 영상의 총 화소수

$$PSNR = 10\log_{10}\frac{b^2}{MSE} \quad (10)$$

단, b : 화소에 대한 *peak* 값으로 8비트에서 255 $PSNR$은 데시벨(dB)로 표현

표 1에서는 영상 잡음에 따른 8방향 병렬방식을 적용하여 PSNR을 비교하였다. 균일분포 잡음은 $T=3$일 경우 FrameCnt는 5에서 최대PSNR을 보이고 있다. T가 증가할수록 FrameCnt도 점점 감소하며 최대PSNR을 보이고 있다. 가우시안 잡음은 $T=1$일 경우 FrameCnt는 20에서 최대PSNR을 보이고 있다. 임펄스 잡음은 극단적인 밝기값으로 실험하여 수치가 일정하지는 않지만 $T=1$일 경우 FrameCnt는 100에서 최대PSNR을 나타났다. 각각의 T에서 나타나는 최대PSNR은 FrameCnt가 감소하며 나타난다.

표 2에서는 4방향 병렬방식을 적용한 실험의 결과를 보이고 있다. 균일분포 잡음에서는 $T=3$일 경우 FrameCnt는 6에서 최대PSNR을 나타내며, 가우시안 잡음에서는 $T=1$일 경우 FrameCnt는 100일 때 최대PSNR을 보이고 있다. 임펄스 잡음은 $T=1$,

표 1. 잡음영상의 프레임카운터에 따른 PSNR비교(8방향 병렬)

Frame Cnt	균일분포잡음					가우시안잡음					임펄스잡음				
	파라미드					파라미드					파라미드				
	T=1	T=2	T=3	T=4	T=5	T=1	T=2	T=3	T=4	T=5	T=1	T=2	T=3	T=4	T=5
1	27.40	27.92	28.43	28.92	29.38	25.56	25.91	26.25	26.57	26.85	27.86	27.87	27.84	27.76	27.64
2	27.92	28.97	29.36	30.82	31.43	25.91	26.59	27.19	27.70	28.09	27.90	27.94	**27.95**	**27.92**	**27.85**
3	28.45	29.99	31.29	32.05	**32.12**	26.26	27.21	27.97	28.50	28.75	27.94	27.96	27.91	27.80	27.64
4	28.97	30.92	32.17	**32.30**	31.66	26.59	27.75	28.54	28.92	**28.95**	27.97	**27.98**	27.93	27.84	27.73
5	29.48	31.69	**32.46**	31.87	31.01	26.91	28.21	28.90	**29.05**	28.85	27.99	27.97	27.86	27.70	27.50
6	29.98	**32.22**	32.30	31.32	30.38	27.21	28.58	**29.08**	28.99	28.66	28.01	27.97	27.85	27.71	27.56
10	31.63	32.10	30.63	29.48	28.65	28.20	**29.17**	28.82	28.28	27.83	28.07	27.86	27.62	27.41	27.26
11	31.91	31.82	30.27	29.13	28.37	28.39	29.17	28.67	28.11	27.67	28.07	27.82	27.53	27.29	27.08
15	**32.40**	30.71	29.12	28.12	27.48	28.93	28.89	28.12	27.55	27.17	28.10	27.68	27.34	27.06	26.82
20	32.04	29.64	28.16	27.31	26.73	**29.20**	28.42	27.59	27.03	26.65	28.13	27.53	27.14	26.82	26.57
50	29.75	26.97	25.73	25.18	24.83	28.79	26.87	25.72	25.07	24.85	28.58	26.79	25.76	25.10	24.92
100	29.24	25.57	24.48	24.14	24.08	29.05	25.54	24.39	24.07	24.14	**29.71**	25.58	24.46	24.08	24.22

표 2 잡음영상의 프레임카운터에 따른 PSNR비교(4방향 병렬)

Frame Cnt	균일분포잡음					가우시안잡음					임펄스잡음				
	파라미드					파라미드					파라미드				
	T=1	T=2	T=3	T=4	T=5	T=1	T=2	T=3	T=4	T=5	T=1	T=2	T=3	T=4	T=5
1	27.35	27.81	28.27	28.70	29.10	25.40	25.71	26.01	26.30	26.55	27.60	27.63	27.63	27.59	27.52
2	27.82	28.75	29.64	30.43	31.04	25.72	26.32	26.88	27.36	27.75	27.66	27.74	27.79	27.81	27.81
3	28.28	29.66	30.87	31.72	**32.01**	26.02	26.89	27.62	28.17	28.51	27.71	27.81	27.84	27.83	27.76
4	28.74	30.50	31.78	**32.24**	31.99	26.32	27.40	28.21	28.70	28.88	27.76	27.89	27.96	28.00	28.00
5	29.19	31.22	32.26	32.21	31.63	26.61	27.85	28.64	28.99	**29.00**	27.81	27.95	28.00	28.00	27.94
6	29.62	31.76	**32.35**	31.93	31.23	26.88	28.22	28.92	**29.12**	29.00	27.86	28.02	28.10	28.15	28.15
10	30.98	**32.23**	31.56	30.68	29.90	27.78	29.06	**29.23**	29.04	28.77	28.06	28.25	28.34	28.37	**28.37**
11	31.21	32.12	31.33	30.42	29.65	27.96	29.16	29.22	28.99	28.70	28.11	28.31	28.36	28.33	28.26
15	**31.61**	31.58	30.54	29.61	28.90	28.50	29.29	29.13	28.80	28.45	28.30	28.54	28.56	28.45	28.29
20	31.46	30.97	29.84	28.91	28.26	28.86	29.30	28.99	28.55	28.07	28.56	28.84	**28.77**	**28.55**	28.26
50	30.70	29.53	28.09	26.94	26.30	29.62	**29.39**	28.02	26.87	26.19	30.43	**29.96**	28.43	27.19	26.55
100	30.65	29.02	27.17	25.80	25.11	**30.68**	28.94	27.14	25.73	25.07	**33.14**	29.77	27.65	25.96	25.38

FrameCnt는 100에서 최대PSNR을 보이고 있다.

이전 논문에서 균일분포 잡음, 가우시안 잡음, 임펄스 잡음이 포함된 영상에 대하여 다양한 필터를 적용하여 실험하였다. 평균 필터를 적용하여 실험하면 각각의 잡음에 PSNR은 28.63dB, 25.09dB, 27.35dB이었다. 저주파 통과 필터로 실험하면 각각 18.25dB, 24.96dB, 26.73dB이었다. 중간값 필터로는 28.37dB, 25.12dB, 28.48dB, 가우시안 필터로는 23.17dB, 23.49dB, 22.57d)이었다. 제안된 방법의 결과 영상이 PSNR의 수치가 향상되어 효과적인 잡음 제거가 되었다.

3.2 Cellular Automata의 천이 파라미터에 따른 천이횟수

최대PSNR의 비교를 통하여 균일분포 잡음, 가우시안 잡음, 임펄스 잡음에 대하여 최적의 파라미터와

FrameCnt, TransCnt, 평균천이를 구하는 실험을 하였다. PSNR은 원영상과의 유사도를 비교하는 수치이며 높은 값일수록 유사함을 나타낸다. FrameCnt는 프레임의 천이 횟수를 나타내며 최대PSNR이 나타나는 결과를 보이고있다. TransCnt는 찾아낸 FrameCnt만큼 진행되는 동안 천이된 화소의 합을 나타낸다. 평균천이는 TransCnt를 화소의 수(65536개)로 나누어 각 화소의 천이 횟수를 나타내며 평균적으로 화소 당 천이된 횟수를 나타낸다.

표 3은 8방향에 대하여 병렬과 순차방식을 실험한 수치이다. 파라미터가 증가할수록 최대PSNR은 조금씩 감소하지만 FrameCnt는 현저히 줄어드는 결과를 보인다. 이는 평균천이횟수에도 수치가 줄어드는 것으로 알 수 있다. 병렬방식을 적용한 실험이 안정적이고 우수한 결과를 보인다. 표 3에서 균일분포 잡음은 8방향 병렬방식에서 $T=3$일 때 좋은 결과를 보인다. 가우시안 잡음은 4방향 순차방식에서 $T=2$일 때 가장 적절한 결과를 보인다. 임펄스잡음은 4방향 병렬방식에서 $T=1$일 때 좋은 결과가 나타났다. 표에서 임펄스 잡음의 결과가 일정하지 않은 이유는 극단적인 화소 값을 대입하여 실험하였기 때문이다.

그림 3은 Lenna의 원영상을 이용하여 각각의 잡음이 포함된 영상과 적응형 영상을 실험한 결과이다. (a)는 원영상, (b)는 균일분포 잡음이 포함된 영상을 8방향 병렬방식에서 $T=3$을 적용한 영상을 나타낸다. (c)는 가우시안 잡음이 포함된 영상을 4방향 순차방식에서 $T=2$을 적용한 영상을 나타낸다. (d)는 임펄스 잡음이 포함된 영상을 4방향 병렬방식에서 $T=1$을 적용한 영상을 나타낸다. 원영상의 히스토그램과 유사한 형태를 나타내며 효과적인 영상의 잡음제거와 복구가 되었음을 알 수 있다.

4. 결 론

대부분의 영상처리에서 잡음 제거가 시스템 성능에 중요한 영향을 미친다. 그러나 기존의 방법은 전체 영상에 대해서 일괄적인 연산 처리를 하여 영상의 정보를 왜곡하며, 각 영상에 대해 최적의 필터를 선별적으로 선택해야한다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 고정점으로 수렴하는 Cellular Automata를 이용하여 영상의 잡음 제거 기법을 제안하였다. 그리고 PSNR, FrameCnt, TransCnt, 평균 천이횟수의 비교를 통하여 파라미터를 도출하였다.

표 3. 균일분포 잡음, 가우시안 잡음, 임펄스 잡음 제거 영상분석

		8방향 병렬				8방향 순차			
		최대PSNR	FrameCnt	TransCnt	평균천이	최대PSNR	FrameCnt	TransCnt	평균천이
균일분포잡음	Original	0.00	0	0	0.00	0.00	0	0	0.00
	Noise	26.89	0	0	0.00	26.88	0	0	0.00
	T=1	32.55	15	564348	8.61	32.51	15	564641	8.62
	T=2	32.64	8	342515	5.23	32.45	7	325838	4.97
	T=3	32.58	5	233809	3.57	32.00	4	207104	3.16
	T=4	32.42	4	192527	2.94	31.52	3	164362	2.51
	T=5	32.23	3	149703	2.28	30.94	2	114292	1.74
	Noise	25.10	0	0	0	25.22	0	0	0
	T=1	29.19	142	739973	11.29	29.24	22	620240	9.46
	T=2	29.32	10	390611	5.96	28.84	9	379937	5.80
	T=3	29.26	7	303828	4.64	28.47	5	246765	3.77
	T=4	29.18	5	231291	3.53	28.11	3	161048	2.46
	T=5	29.08	4	192932	2.94	27.74	2	112932	1.72
임펄스잡음	Noise	27.85	0	0	0	28.13	0	0	0
	T=1	29.98	200	313657	4.79	29.99	200	314994	4.81
	T=2	28.08	4	124579	1.90	27.59	2	74835	1.14
	T=3	28.05	2	74648	1.14	27.54	1	43706	0.67
	T=4	28.01	2	77740	1.19	27.45	1	45363	0.69
	T=5	27.94	2	79646	1.22	27.31	1	46478	0.71

(a) 원영상 (b) 8방향병렬,T=3 균일분포잡음영상 (c) 4방향순차,T=2 가우시안잡음영상 (d) 4방향병렬,T=1 임펄스잡음영상

그림 3. 잡음이 포함된 영상과 FrameCnt와 PSNR을 비교한 최적영상

균일분포 잡음이 포함된 영상에서의 실험은 $T=3$를 적용하여 8방향 병렬방식일 때 최대PSNR는 32.58(dB)이며 파라미터에 따른 차이가 별로 없다. 그러나 FrameCnt는 5로 많이 줄어들었으며 각 화소의 평균천이는 3.57로 많이 줄어들어 가장 좋은 결과가 나타났다. 가우시안 잡음이 포함된 영상에서의 실험은 $T=2$를 적용하여 4방향 순차방식일 때 최대 PSNR은 29.16(dB)로 최대 PSNR에서 조금 낮아졌지만 FrameCnt는 11로 줄어들고 각 화소의 평균천이가 5.22로 줄어 가장 적절한 결과가 나타났다. 임펄스 잡음이 포함된 영상에서의 실험은 $T=1$을 적용하여 4방향 병렬방식에서 최대PSNR이 나타났으며 각 화소의 평균천이가 낮아 좋은 결과가 나타났다.

제안된 방법은 상대적으로 화소 밝기값의 차이가 급격한 영역에 연산을 집중한다. 따라서 대상 연산의 모든 화소의 밝기값을 변화시키지 않고 필요한 부분만 처리를 하므로 기존의 방법보다 효과적인 결과를 얻을 수 있었다. 또한 천이규칙에 의한 최적의 상태로 수렴하므로 최적의 결과를 얻기 위해 인위적인 반복 조작이 필요하지 않다.

제안한 잡음 제거 방법은 의료 영상 등의 밝기값이 중요한 분야에 응용이 가능할 것이다. 향후 영상인식 등의 다양한 영상처리를 위한 고유 특성을 가지는 천이 규칙의 개발과 컬러 영상의 적용에 대한 연구가 필요할 것이다.

참 고 문 헌

[1] K. Tsirikolias and B. G. Mertzios, "Image feature extraction using coordinate logic filter," *Digital Signal Processing Proceedings, 1997. DSP 97., 1997 13th International Conference*, Vol. 1, pp. 295-298, 1997.

[2] S. W. Lee, V. Maik, J. Jang, J. Shin, and J. Paik, "Noise-adaptive spatio-temporal filter for real-time noise removal in low light level images," *Consumer Electronics, IEEE Transactions*. Vol. 51, issue. 2, pp. 648-653, 2005.

[3] J. Y. Chang and J. L. Chen, "Classifier-Augmented Median Filters for Image Restoration," *Instrumentation and Measurement, IEEE Transations*, Vol. 53, issue. 2, pp. 351-356, Apr. 2004.

[4] Eric Goles and Servet Martinez, *Neural and Automata Networks*, Kluwer Academic Publisher, 1990.

[5] S.J. Cho, U.S. Choi, Y.H. Hwang, and H.D. Kim, "Analysis of Hybrid Group Cellular Automata," *Lecture Notes in Computer Science*, pp. 222-231, Sep. 2006.

[6] C. Langton, *Artifical Life*, Addison Wesley, pp. 1-47, 1989.

[7] 이석기, 김석태, 조성진 "Potts Automata를 이용한 영상의 잡음 제거 및 에지 추출," *한국통신학회논문지, 제 28권*, 3호, pp. 327-335, 2003.

[8] Rosin, P.L, "Training cellular automata for image processing," *Image Processing, IEEE Transaction*, Vol. 15, issue. 7, pp. 2076-2087, 2006.

[9] Y.F.Wu, *"The Potts Model,"* Rev. of Modern Phys., Vol. 54(1), pp. 235-315, 1982.

[10] Q. Zhou, K.W. Wong, X. Liao, T. Xiang, and Y. Hu, "Parallel Image Encryption Algorithm based on discretized chaotic map," *Chaos, Solitons and Fractals*, Vol. 38, issue 4, pp 1081-1092, 2008.

김 태 석

1992년 3월 일본KEIO대학 이공학부 계산기과학전공 공학박사
1992년 3월 일본 KEIO대학 이공학부 객원연구원
1993년 일본 국제전신전화연구소(KDD) 기술고문.
1993년 3월~현재 동의대학교 컴퓨터소프트웨어공학과 교수
동의대학교 전산정보원장, (재)부산테크노파크 운영위원(동의대분소장)
동의대학교 교무처장 역임
관심분야: 인터넷응용, 원격강의, 자연어처리

이 석 기

1997년 2월 동아대학교 수학과 이학사
1999년 2월 동아대학교 대학원 수학과 이학석사
2004년 2월 부경대학교 정보통신공학과 공학박사
1999년 3월~현재 (주)EGvision 기술이사
2008년 9월~현재 동의대학교 컴퓨터소프트웨어공학과 겸임교수
관심분야: 영상처리, 패턴인식, Cellular Automata론

권 순 각

1990년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업
1992년 2월 KAIST 전기및전자공학과 석사
1998년 2월 KAIST 전기및전자공학과 박사
1997년 3월~1998년 8월 한국전자통신연구원 연구원
1998년 9월~2001년 2월 기술신용보증기금 기술평가센터 팀장
2003년 9월~2004년 8월 Univ. of Texas at Arlington 교환 교수
2001년 3월~현재 동의대학교 컴퓨터소프트웨어공학과 교수
관심분야: 멀티미디어신호처리, 영상통신

권 오 준

1986년 경북대학교 전자공학과(공학사)
1992년 충남대학교 전산학과(이학석사)
1998년 포항공대 전자계산학과(공학박사)
1986년~2002년 한국전자통신연구원 선임연구원
2000년 3월~현재 동의대학교 컴퓨터소프트웨어공학과 교수
관심분야: 컴퓨터네트워크, 정보보호, 패턴인식, 인공신경망