

# 이미지코드 알고리즘에서 주변영역 노이즈제거 효율성 향상 방안 연구

양민호<sup>o</sup> 김동철 정철호 한탁돈  
연세대학교 대학원 미디어시스템 연구실

{expertman<sup>o</sup>.dong, balgeum00, hantack }@msl.yonsei.ac.kr

## Perimeter-linked noise reduction in Algorithms for Image Code Recognition

Minho Yang<sup>o</sup> D.C. Kim C.H. Jung T.D. Han

Media System Lab, Department of Computer Science, Yonsei University

### 요 약

본 논문은 이미지코드의 전처리 단계에서 노이즈 제거시 방향성을 다르게 하였을 때 그 노이즈 제거율을 높일 수 있는 방법을 제시하였다. 이미지코드에서 전처리단계는 코드를 인식을 결정하는 중요한 단계로서 원활한 서비스와 인식률을 높이기 위해서는 그 성능을 높일 필요가 있다. 기존에 제시되었던 단방향성을 가지는 노이즈 제거 방식에서는 주변영역과 연결된 부분을 노이즈로 인식한다는데 있어서는 동일하지만 방향성을 가진 특성상 노이즈를 제거할 수 없는 부분이 있다는데서 착안되었다. 제시된 나선형 및 양방향성 마스크 방식을 가지고 노이즈 제거시 단방향으로는 제거할 수 없었던 부분의 제거율을 상당히 높일 수 있었고, 전처리 단계에서의 인식률도 높일 수 있게 되었다. 실험을 통해 제거된 노이즈의 픽셀을 단방향성, 나선형, 양방향성, 방식을 각각 비교 평가하였다. 단방향성 노이즈 제거방식에서는 노이즈 마스크가 방향성을 가지기 때문에 노이즈를 제거할 수 없는 부분이 있지만, 제안된 양방향성, 나선형 노이즈 마스크를 사용하면 단방향성보다 향상된 노이즈 제거율을 볼 수 있었다.

### 1. 서 론

최근 컴퓨터의 기술이 급격하게 발달하게 된 이후로 컴퓨터는 단순한 연산 작용을 넘어서 인간의 감각적인 측면을 효율적으로 표현하려는 연구들이 많이 적용되어 왔다. 그 중 대표적인 예가 시각적인 측면인데, 영상처리에 관한 많은 부분은 지금도 미흡한 것이 사실이다. 인간은 눈을 통해서 세상의 다양한 부분에 관한 정보를 얻고, 반응하고, 기억하게 된다. 눈은 인간에게 있어서 상당히 중요한 작용을 하는 측면을 고려하고, 컴퓨터와 인간과의 상호작용적인 측면을 고려해 보았을 때 컴퓨터에 있어서도 시각적인 측면이 상당히 중요한 부분임을 알 수 있다. 영상처리는 주어진 영상으로부터 필요한 데이터를 얻거나, 사람이 필요로 하는 영상으로 가공하는 기술을 말한다.[1] 영상처리의 대표적인 기술 중 하나인 코드 및 코드 인식기술은 현재 다양한 분야에서 많이 쓰이고 있다. 영상처리에 있어서 대표적으로 쓰이고 있는 기술은 바코드, Denso사의 QR코드 [2], 파손 오염시 복구율이 높은 Symbol Technologies사의 PDF 417[3], ColorCode<sup>TM</sup>[5] 등이 있다. 대부분의 코드는 인식을 용이하게 하기 위하여 흑백을 이용하는데, 기술이 발전할 수록 시각적인 측면의 요구와 디자인적인 측면의 요구가 증가하기 때문에 이미지 코드 사용의 요구가 한층 증가하고 있다[7]. Sony의 CyberCode를 보면 휴대폰이나 PDA의 낮은 성능의 CMOS나 CCD Camera를 이용하여 태그 리더로서 활용되고 있다.[4] 또한 Colorzip Media사의 ColorCode<sup>TM</sup>는 Mobile 기기의 카메라를 이용하여 태그를 인식하는 것과는 같지만, 태그를

흑백이 아니라 컬러 이미지를 활용하여 색채적인 효과를 나타낼 수 있고, 보다 큰 용량의 데이터를 저장할 수 있다. 이런 측면에서 보았을 때 ColorCode<sup>TM</sup>는 다양한 모바일 컴퓨팅 환경을 충족시키기 위해 발전하고, 그 중요성이 커지고 있다. 이미지코드 알고리즘에서 전처리단계는 코드의 인식을 결정하는 단계로서 원활한 서비스와 인식률을 높이기 위해 매우 중요한 단계이다.

2D 이미지는 카메라폰이나 PDA의 카메라에서 인식되어 들어온 것으로, 화면의 중앙부에 코드가 인식되고, 코드는 주변 잉여영역(quiet zone)이 있어서 분리가 될 수 있다. 카메라에 인식된 잡영영역(noise)은 카메라의 외곽 프레임에 걸쳐서 펼쳐져 있기 때문에 외곽부분의 픽셀과 연결되어 있는 부분들은 노이즈(noise)로 판단하여 제거를 하게 되면 중앙 코드 부분을 인식하는데 있어서 더욱 빠르고 효율적으로 찾을 수 있다. 여기서 인식률을 높일 수 있는 방법으로 여러 가지가 있지만 그 중에서도 주변 잡영 제거시 주변 영역의 노이즈의 제거 효율을 높이는 것이 중앙의 코드 부분을 빨리 찾을 수 있다는 것에서 본 연구를 시작하였다. 본 연구에서는 이미지코드 알고리즘에서 영상을 인식하는 전처리 단계에서 입력된 주변영역의 노이즈의 제거율을 효율적으로 향상시키는 방법에 관해서 연구하고자 한다.

### 2. 관련 연구

#### 2.1 전처리의 noise reduction 알고리즘

현재 이미지코드의 전처리 과정에서 사용되고 있는

perimeter-linked noise reduction은 코드영역의 외부에 있는 잡음영역들은 대부분 인식된 이미지의 프레임의 과과 연결된 부분이 많다는데서 착안된다. 이미지코드는 주변에 흰색으로 잉여여백(quiete zone)을 가지고 있어 인식된 이미지의 주위 배경과 분리를 시킬 수 있다. 이 진화된 이미지의 주변부분의 잡음은 외곽부분과 연결된 부분을 스캔하여 8-connectivity 연산에 의해서 제거를 할 수 있다[5].

- (1) Step 1. 주변 노이즈 이미지 외곽 영역을 회색값( $T_p$ )으로 채우기 (Mask\_Frame)
- (2) Step 2. Step1에서 채운 회색값과 연결된 배경 노이즈를 회색값( $T_p$ )으로 마스크하기(Mask\_Noise)
- (3) Step 3. 마스크된 배경 부분의 노이즈를 제거 (Noise\_Filter)

$$N_p(x, y) = T_p \quad \text{where} \quad \sum_{i=-1}^1 \sum_{j=-1}^1 N_p(x+i, y+j) - N_p(x, y) \geq T_p, \\ \text{if } (x, y) \in O_p, -2 \leq x \leq W-1, -2 \leq y \leq H-1$$

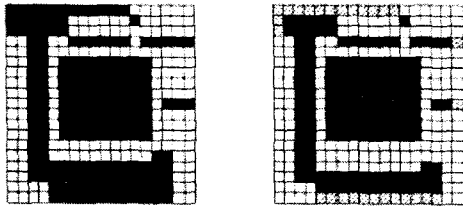


그림 1. 노이즈의 외곽을 회색( $T_p$ ) 이미지로 채우기

그림 1에서 노이즈의 외곽부분을 그레이 값으로 채우는 것을 볼 수 있다. 외곽 부분의 회색과 연결된 부분이 노이즈로 인식될 수 있도록 외곽부분을 그레이 값으로 변환시킨 후 그 값을 기준으로 다음에 적용될 마스크의 값으로 8-connectivity에 의해 연결된 부분을 노이즈(회색값( $T_p$ ))로 인식시킬 수 있다.

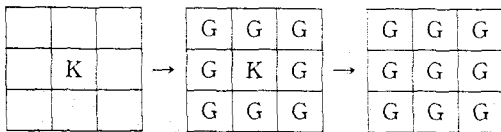


그림 2. 전처리 단계에서 사용하는 마스크

이미지코드에서 노이즈 제거시 사용되는 마스크의 크기는 3x3이다. 그림2에서 필터의 중앙값 K가 블랙이고, 주변 8방향의 픽셀에 하나라도 회색값( $T_p$ )이 있다면 필터의 중앙값 블랙(K)을 회색( $T_p$ )으로 변환시키는 원리이다.

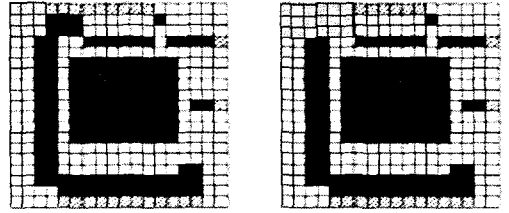


그림 3. 마스크를 적용하여 그레이값으로 변환

그림 3에서 3x3 크기의 마스크가 (0,0) 픽셀부터 차례로 탐색하면서 주변 영역과의 연결성을 판단하여 중앙의 블랙값을 회색( $T_p$ )값으로 변환시키고 있다. 하지만 위의 과정을 거쳐서 noise reduction을 하면 다양한 형태를 가질 수 있는 다음과 같은 이미지의 처리에 있어서 문제점(그림 4)을 가질 수 있다.

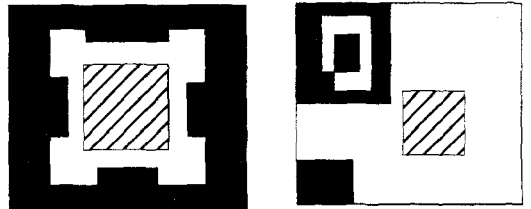


그림 4. 현 알고리즘으로 완벽한 제거가 불가능한 노이즈 사례 (중앙 빗금친부분이 코드영역임)

위의 그림 4를 보게 되면 기존 방법을 통해 단방향의 탐색을 실시하면 주변부분과 연결이 되어 있더라도 노이즈 제거를 할 수 없는 부분이 발생하게 된다. 그림 4(오른쪽)의 부분을 보더라도 중앙에 코드에 해당하는 부분이 있고 좌측 상단에 그림과 같은 이미지가 들어왔을 경우 해당하는 부분이 연결이 되어 있더라도 노이즈를 제거할 수가 없다.

### 3. 제안된 noise reduction algorithm

지금까지의 방법은 노이즈를 제거하는데 있어서 방향성을 가지고 있기 때문에 한쪽방향으로 탐색을 하는 방식은 노이즈를 제거하지 못하는 부분이 있다. 그래서 제안하는 방식은 노이즈를 탐색하는 방식에 있어서 한쪽방향으로만 탐색을 하는 것이 아니라 양방향성, 나선형으로의 탐색의 방식을 제안할 수 있다. 여기서 제안되는 방식은 방향성의 변화로 인해 제거할 수 있는 효율을 더욱 높이고자 한다.

#### 3.1 방향성의 변화

노이즈 제거시 Step 2에서는 3x3의 필터를 사용하여 주변부분의 회색부분과 연결된 부분을 (1,1) 픽셀부터 시작하여 마지막 픽셀까지 차례로 탐색을 하게 된다. (1,1)픽셀부터 한쪽 방향성을 가지고 탐색을 하게 되면

오른쪽 벽에서 돌출된 부분은 오른쪽 벽과 연결되어 있는 노이즈라 하더라도, 필터가 오른쪽 벽과 맞닿아 있지 않기 때문에 노이즈라고 판단할 수 없게 된다. 그래서 이런 노이즈를 제거하기 위해서 마지막 픽셀에서 시작하여 (1,1) 픽셀까지 똑같은 방식으로 노이즈 필터를 적용하여 탐색을 실시한다.

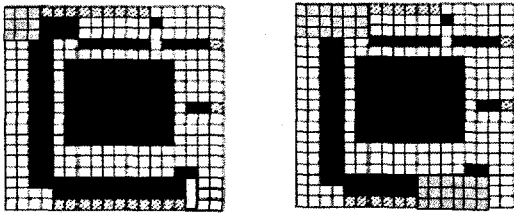


그림 5. 양방향성을 가지는 마스크 적용 단계

그림 5 과 같이 마지막 픽셀에서 마스킹을 하게 된다면 오른쪽 돌출된 부분도 필터의 크기(3×3)부분에 들어오기 때문에 노이즈로 탐색이 된다. 위와 같이 방향성을 추가하여 반대로 탐색을 하게 되면, 단방향 탐색에서 찾지 못한 부분을 찾을 수 있게 되어 노이즈 탐색 효율이 더욱더 높아 질 수 있게 된다.

### 3.2 나선형으로 탐색

3.1에서 설명했던 양방향성을 가진 알고리즘은 (1,1)에서 마지막 픽셀까지 탐색하여 잡을 수 없던 부분을 마지막 픽셀에서 (1,1)픽셀까지 역으로 탐색을 실행하여 탐색방향의 변화를 주어 잡아낼 수 없는 부분을 잡을 수 있게 하였다. 이런 방법의 알고리즘에 더불어 나선형으로 탐색하는 방식을 제안한다.

나선형으로 매핑한다는 방식은 3.1에서 제안한 양방향성을 가진다는 측면에서는 동일한 방식이나, 3.1에서는 왼쪽에서 오른쪽으로, 오른쪽에서 왼쪽으로 가는 양방향성 탐색이므로, 이 방향성을 나선형으로 탐색하고자 하는 방법이다.

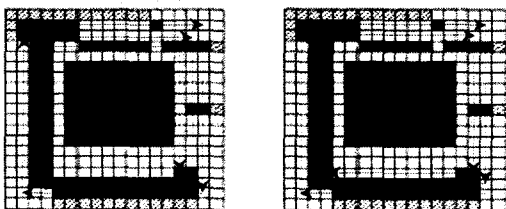


그림 6. 나선형으로 매핑하는 마스크 단계

그림 6과 같이 나선형으로 픽셀을 탐색하게 되면 3.1에서 제안했던 방식의 양방향성의 특징에서 4방향성을 가지는 특징이 나타나게 된다. 양방향성을 가진 양방향성의 알고리즘은 좌에서 우로 우에서 좌로의 방향성을

가질 수 있지만 위의 그림에서 보면 알 수 있듯이 위에서 아래로 아래에서 위로의 방향성을 가질 수 있다. 탐색 효율에 있어서도 그림 4와 같은 노이즈가 들어오더라도 방향성의 변화를 주었기 때문에 노이즈의 크기를 더욱더 줄일 수 있다.

## 4. 성능평가 및 실험 결과

### 4.1 노이즈 제거상태 비교 평가

실험은 입력된 이미지를 C++로 제한한 알고리즘을 구현하였다. 이를 이용하여 주변영역의 그레이 값이 제거된 양을 측정하고자 한다. 실험 샘플을 가지고 단방향성 탐색, 양방향성 탐색, 나선형 탐색의 각각의 제거율을 비교하여 결과 값을 도출한다.

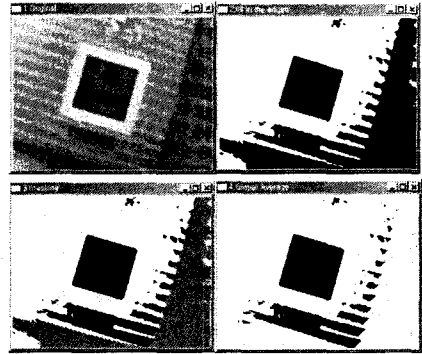


그림 7. 단방향성 마스킹을 적용한 과정 및 결과

그림 7은 기존의 단방향성으로 마스킹 하였을 때 주변 영역의 이미지가 제거되는 모습을 보여주는 것이다. 단방향성만을 가지고 있기 때문에 그림과 같이 외곽부분과 연결된 노이즈를 가지고 있을지라도 제거되지 않는 부분이 생긴다. 하지만 밑의 그림8 은 양방향성을 가지고 마스킹을 적용한 결과의 모습을 보여주는데, 양방향성을 가지고 있기 때문에 주변 영역과 연결되어 있는 부분은 그림과 같이 상당부분 제거가 되어 있는 모습을 볼 수 있다.

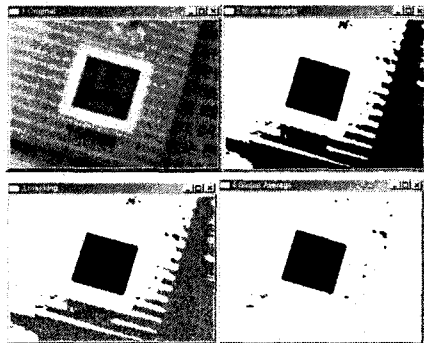


그림 8. 양방향성 마스킹 적용 결과

나선형 노이즈 제거 방식을 적용해 보았을 때 노이즈 제거율은 양방향성 노이즈 제거방식과 마찬가지로 단방향 방식보다 증가되었다는 것을 확인할 수 있다[그림9]. 양방향성 노이즈 제거방식과 나선형 노이즈 제거방식에 있어서 서로의 특징이 있기 때문에 어느 것이 더 향상되었다고 말할 수 없지만, 어느 특정상황이나 빛이 들어왔을 때 양방향성이 더 효율이 좋을 수 있고, 다른 상황에서는 나선형이 더 좋을 수 있겠다.

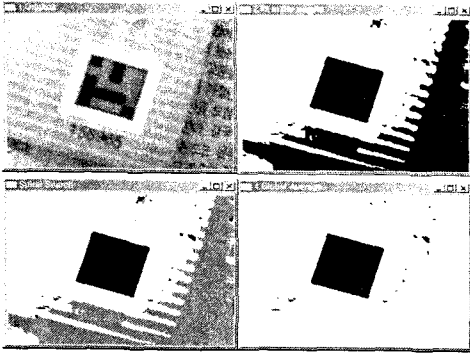


그림 9. 나선형 탐색을 실시한 과정 및 결과

픽셀의 수가 많다는 것을 볼 수 있다. 이것은 노이즈 제거가 더욱 향상되었다는 것을 의미한다. 양방향성 방식과 나선형 방식의 비교를 보면 전체적으로는 거의 대등하나 양방향성 노이즈 제거 방식이 근소하게 높은 것을 볼 수 있다. 양방향성 노이즈 제거는 2개의 방향으로 전체사진을 탐색하고, 나선형은 4개의 방향을 가지고 탐색을 하지만 나선형은 안쪽으로 모아지면서 탐색하기 때문에 제거방식에서 차이가 있다. 나선형과 양방향성 방식을 상호 보완하여 동시에 적용하면 그림11와 같이 나선형 방식에서도 제거할 수 없었던 부분을 오른쪽 그림과 같이 제거할 수 있는 것을 볼 수 있다.

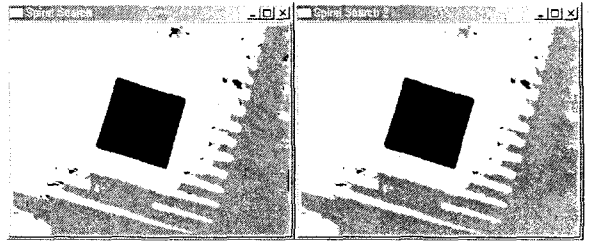


그림 11. 나선형 방식과 양방향성방식과 나선형방식의 통합

#### 4.2 실험 결과

실험은 3번째 마스킹 단계에서 회색값( $T_p$ )으로 들어간 픽셀의 수를 가지고 노이즈가 얼마나 제거되었는지를 알아 보았다. 회색의 픽셀수는 제거된 노이즈를 나타내기 때문에 들어온 각각의 이미지를 가지고 회색으로 마스킹 된 픽셀의 수를 평균 내어 회색의 픽셀을 많이 가지고 있을 수록 향상된 것으로 보았다.

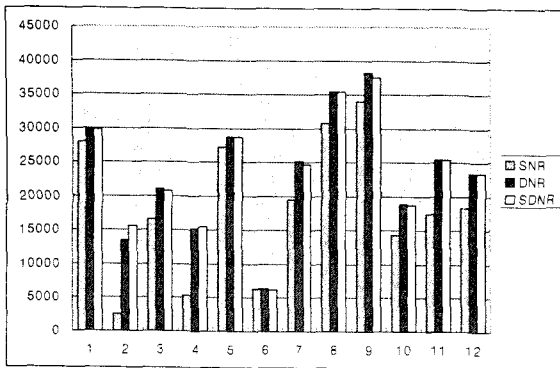


그림 10. 회색값( $T_p$ )으로 마스킹된 픽셀 수 비교

SNR(Single Noise Reduction)은 단방향성을 가진 마스킹의 값이고, DNR(Double Noise Reduction)는 양방향성, SDNR(Spiral Double Noise Reduction)은 나선형 마스킹 방법의 값을 나타낸 것이다. 그림을 보면 단방향성의 그레이 픽셀 수 보다는 양방향성, 나선형 그레이

#### 5. 결론

본 논문에서는 이미지코드의 전처리 단계에서 노이즈 제거의 향상방안에 대해서 연구하였다. 현재 쓰고 있는 노이즈 제거방식은 단방향의 탐색을 통해서 주위 외곽부분과 연결되어 있는 부분과 커넥션 체크를 하여 커넥션이 되어 있으면 노이즈로 인식하여 제거하는 방식이었다. 이 방식은 탐색마스킹의 방향성으로 인해 노이즈를 제거할 수 없는 부분이 생기므로, 양방향성, 나선형 노이즈 제거방식을 제안하였다. 나선형으로의 탐색을 하여 노이즈를 제거하게 되면, 탐색방향이 4방향으로 설정되므로 단방향으로 할 수 없었던 부분을 제거할 수가 있었고, 양방향성 노이즈 제거방식을 사용하였을 때에도 단방향성 노이즈 제거방식보다 더욱 효과적으로 노이즈를 제거할 수 있었다. 양방향성 방식과 나선형 방식을 비교해 보았을 때에 두 방식의 노이즈 제거 효율성 측면에서는 거의 같은 성능을 나타내지만, 양방향성 노이즈 제거방식이 약간 높은 성능을 보여주었다. 하지만 두 방식은 상황에 따라서 제거 할 수 있는 노이즈가 다르기 때문에 두 방식을 상호 보완하여 적용하면 노이즈를 더욱 효율적으로 제거할 수 있었다. 주변영역 노이즈 제거는 외곽 부분과 연결되어 있는 노이즈를 제거할 수 있으므로, 노이즈와 외곽선의 커넥션 체크시에도 활용될 수 있었다.

본 논문에서는 주변영역 노이즈를 제거하기 위해서  $3 \times 3$  마스크를 이용하여 주변외곽 영역(픽셀)과 연결성을 통해서 노이즈로 판단하여 제거하는 방법을 제안하였다. 하지만 위의 개선된 방법에도 불구하고 연결이 되어 있더라도 미세하게 제거할 수 없는 사례를 발견하게 되었다. 그래서 어떤 이미지나 영상이 들어오더라도, 완벽한 노이즈 제거를 위해선 경계선 추적자 알고리즘(Simple Boundary Follower)를 활용하거나 BFS (Breath-first search)를 활용하여 노이즈를 제거하는 방법의 연구가 필요하다[6].

- [1] 이철우., “고급 디지털 영상처리 IPL,OpenCV를 사용한 영상처리 프로그래밍” , 누리전자 정보가전 인력양성 사업단. pp.1, 2006.
- 0) ISO/IEC 18004:2000 Information technology - automatic identification and data capture techniques - Bar code symbology - QR Code, 2000.
- 0) T. Pavlidis, J. Swartz, and Y. P. Wang 'Information Encoding with Two-Dimensional Bar Codes', IEEE Computer Magazine, 25(June 1992), pp. 18-28.
- [4] J.Rekimoto, Y. Ayatsuka, "Cyber Code : Designing Augmented Reality Environments with Visual Tags," Proc. Designing augmented reality environments(DARE 2000), pp. 1-10, 2000.
- [5] C.Cheong, N.-K. Lee, T.-D. Han, Apparatus and method for recognizing code, US Patent 6,981,644,Jan. #, 2006.
- [6] 정철호, 한탁돈 “개선된 간단한 경계선 추적자 알고리즘”, 한국정보과학회, 2005.
- [7] 김동철, 서종훈, 양민호, 정철호, 한탁돈, "한국 전통 문양을 이용한 이미지 기반 코드 설계", 한국컴퓨터종합학술대회(KCC 2006), Vol. 33, pp. 373-375, 2006년 6월