

## Contour 영상의 효과적인 데이터 압축

김 증 분, 김 한 수, 김 성 대, 김 재 군.

한국 과학 기술 원

### An Efficient Data Compression Algorithm for Contour Image

Jonghun Kim, Hansoo Kim, Seongdae Kim, Jaekyoon Kim.

Korea Advanced Institute of Science and Technology

#### ABSTRACT

In this paper, we have proposed a new contour coding technique with a modified chain coding method. By using the Depth First Search procedure in the graph traversal algorithm, we can reduce the data allocation for unnecessary parts. The proposed coding scheme is efficient for contour images that have many branch type contours. Especially, if we apply to contour images obtained by split-merge segmentation[2] scheme, we can obtain high data compression ratio. (not coded twice).

#### 1. 서 론

새로운 영상 데이터 압축 방법의 하나로서 그림1과 같이 영상 영역화를 이용한 방법이 있다[1](region based image coding). 이 방법의 데이터 압축은 Texture coding과 Contour coding에서 이루어지는데, 여기서는 영역의 경계선인 contour의 정보를 압축하는데 있다. 일반적으로 contour 영상은 chain code에 의하여 부호화 한다[1,7]. 그러나 contour(graph) 영상을 chain code로 부호화 한다면 link에 데이터가 중복되며, 중복을 피하여 chain coding을 한다면 link에 할당되는 데이터를 50%가량 줄일 수 있지만 초기 절대좌표에 할당되는 데이터량이 상당하다.

본 연구는 graph traversal algorithm[3]중에서 Depth First Search(D.F.S)를 이용하여 chain code에 나타나는 중복성을 제거함으로써 contour 표현의 정보량을 압축하기 위한 것이다. 즉, 연결된 contour pel들을 끊임없이 부호화하고 체계적인 방법을 통하여 불필요한 code를 가능한 없앤 방식으로 이렇게 할 경우 적은 데이터량 으로서 손실없이 보낼 수 있다. 또한 chain difference code로서 부호화하고 Huffman coding을 이용한다면 더 좋은 압축효과를 얻게 된다.

이 논문은 contour 영상의 데이터 압축에 주안점을 두고 있으나 제안한 방식으로는 어떤 종류의 binary image도

부호화가 가능하므로 일반적인 부호화 방식으로 적용시킬 수 있다. 특히 지도 데이터와 같이 뭉쳐진 pel이 적고 node(vertex)가 많은 영상에 대해서는 좋은 압축 효과를 얻을 수 있다. Simulation에서는 region based image coding에 사용되는 영상과 지도 데이터, 그리고 임의의 binary 영상으로 edge 영상을 이용하여, 제안 방법을 chain coding, CCITT에서 표준화한 2-dimensional runlength coding[5] 방식인 Group4 방식과 비교 하였다.

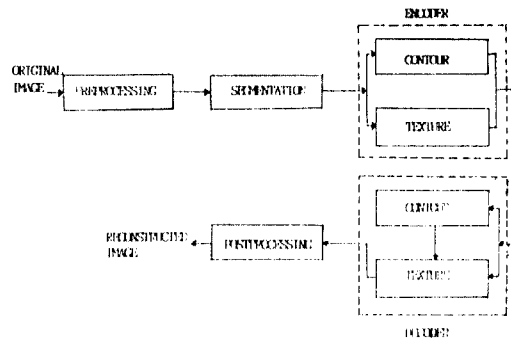


그림1 영상 영역에 근거한 영상 부호화기의 구성도.

#### 2. Chain code 및 제안 방식의 비교 설명

그림2-(c)를 chain code[1,7]로 부호화한다면 link에 데이터가 중복되며 chain의 시작점에 대한 초기 절대 좌표의 데이터량이 상당하다. 그러므로 데이터 압축 측면에서 비교하기 위해 link에 할당되는 데이터의 중복을 피하면서 chain code로 표현하면

$$(3,1), 6,6,6,5,5,(5,1), 6,6,6,6,6,5,6,(8,1),6,5,5,(8,4),6,6,4,4 \quad (1)$$

으로 여기서 ( )안의 값은 각각의 chain code에 대한 초기 절대 좌표 이다.

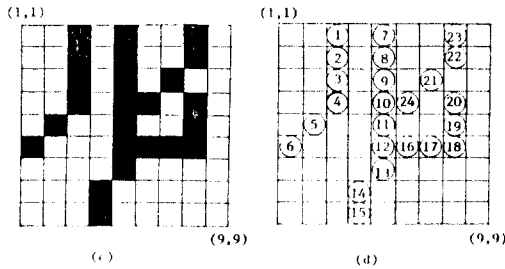
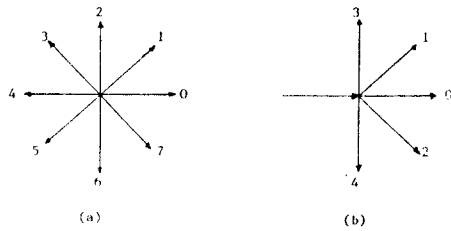


그림2 (a) 절대 방향에 대한 chain code.  
 (b) 진행 방향에 따른 chain difference code.  
 (c) 9×9 test 영상.  
 (d) D.F.S에 의한 search 순서.

한편, 제안된 방식은 (1)의 chain code와 달리 D.F.S를 이용하여 연결된 모든 pel을 끊임없이 부호화 하는 방식으로 다음과 같은 기본적인 순서를 따른다.

- (i) step 1 : Raster scan 하다가 부호화 하지 않은 pel를 만나면 초기 절대 좌표를 주고 연결된 pel을 따라 부호화 한다.
- (ii) step 2 : Search할 방향이 여러 방향인 pel(node, vertex)을 만나면 특수 code (방향성 포함)로서 부호화하고 그 위치를 stack에 pushing 한다. 그후 정해진 방향(시계 방향)으로 부호화가 안된 pel을 따라 부호화 한다.
- (iii) step 3 : 만일 search할 pel이 없거나, 이미 부호화된 pel이라면 수행을 멈추고 특수 code(terminal code)로서 부호화하고 stack을 check 한다.
- (iv) step 4 : Stack이 비어있을 경우에는 "step 1"을 수행하고 아닌 경우에는 popping하여 그 값의 위치에서 부호화를 시작한다.
- (v) step 5 : 부호화할 pel이 없을 때까지 (i)-(iv)를 반복 수행 한다.

그러나 이 순서에 따라서 그림 2-(c)를 부호화하면,

$$(3,1),6,6,6,5,5,X_1,(5,1),6,6,6,X_2,6,6,X_3,6,5,6,X_4,0,0,2,2,3,X_5,1,2,X_6,X_7 \quad (2)$$

로서 (1)의 chain code에 비해 초기 절대 좌표수는 줄어들지만 특수 code가 많이 생기게 된다. 특수 code는

node에 대한 정보를 나타내는 code( $X_2, X_3, X_5$ )와 search의 끝을 나타내는 terminal code( $X_1, X_4, X_6, X_7$ )가 있을 수 있다.

제안방식은 앞의 기본적인 순서와 함께 사용되는 특수 code의 양을 가능한 억제하기 위해 체계적인 방법(systematic method)을 이용한 부호화 방식이다. Node라고 정의할 수 있는 pel은 한 위치에서 search 할 수 있는 방향이 2개이상인 pel이다. Node의 형태(type)는 그림3과 같이 나타날 수 있는 경우가 매우 많으므로 각각의 방향에 따라 이와같이 많은 종류에 대해서 node type에 대한 특수 code를 할당한다면 bit수가 길어질 수 있다.

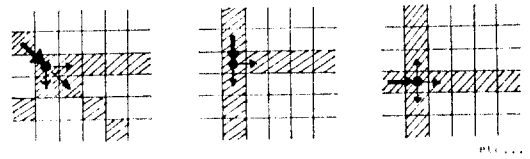


그림3 Node의 예

그러나 node point에 대해서 이전의 진행방향이 수평수직방향, 대각선방향인 2가지 경우로 구분한후 각각에 대하여 node type을 결정시킨다면 node type의 종류를 줄일 수 있다. 그림 4-(a)와 같이 2가지의 진행 방향에 대하여 search 순서를 설정한후, node point에서 먼저 진행할 방향 이외의 진행할 수 있는 방향이 수평 수직방향인 경우는 후에 진행해야할 방향으로 고려하고, 수평수직방향과 함께 대각선 방향으로도 진행방향이 존재하는 경우에는 대각선 방향은 후에 진행할 방향으로 고려하지 않는다. 이런 경우 그림4-(b)처럼 node type의 종류를 줄일 수 있으며, 당연히 node를 나타내는 특수 code의 bit수를 줄이게 된다. 즉 수평수직방향, 대각선 방향에 대해 각각 4가지 type의 node가 존재하며, 진행방향을 기억한다면 node type은 2bit로 표현이 가능하다.

또한 search의 끝을 나타내는 terminal code는, 초기 시작점이나 stack으로부터 pop된 위치에서 search를 시작하여 search할 pel이 없는 경우에 할당한다(그림5 참조). 그러나 만일 search 하다가 주위에 search할 수 있는 pel이 모두 부호화 되어 있으면 search를 멈추고 앞의 "step 3"을 수행하고, 부호화된 pel과 아닌 pel이 같이 존재하는 경우엔 다른 종류의 특수 code(expanding code)를 할당하여 이 위치를 초기 시작점으로 생각한후 처음과 같이 수행한다. 이와 같은 탐색은 항상 search를 1회한 이후부터 하도록 한다. 이와함께 (2)에서  $X_2$ 처럼 code에 불필요한 node도 있는데, Node에 할당된 특수 code의 변경또는 제거는 stack에서 데이터를 popping 하였을 때 이루어 진다. Pop된 위치는 node로서 node type에 따라 search할 방향이 결정된다. 그러나 이미 search 되어있을 수 있으므로 이런 경우에는 node의 type을 변경 시켜야 하고, search해야할 방향이 모두 부호화 되어 있다면 그 node는 제거할 수 있다. 그림5는

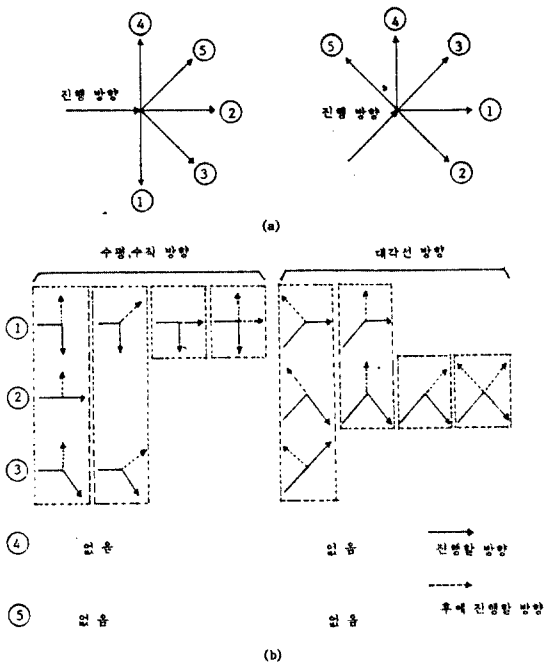


그림4 (a) 탐색 순서  
(b) 진행 방향에 따른 node 형태.

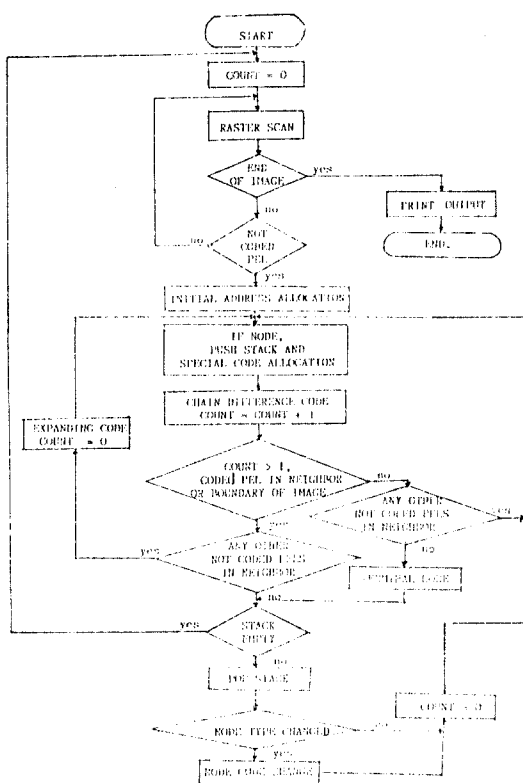


그림5 신호 흐름도.(Coding flow diagram)

지금까지 언급한 내용을 토대로 한 제안 방법의 신호 흐름도(flow diagram)이다.

### 3. Simulation 결과 및 고찰.

제안 방식은 모든 종류의 binary영상에 대해서 부호화가 가능하다. 그러므로 region based image coding에 쓰이는 contour영상과 임의의 binary 영상에 대하여 simulation을 하였다.[1,6]

Region based image coding에서의 contour영상은 대부분 split-merge, RAG(region adjacency graph)[1,4]등을 이용하여 만든다. 이렇게 만들어진 영상은 4-방향성이므로 이 논문에서도 4-방향성 영상에 대해서 simulation을 하였다. 사실상 4-방향성 영상이라면 앞의 contour pel 탐색 순서에서 대각선 방향은 무시할 수 있으므로 특수code없이 표현이 가능하다. 사용 영상은 256×256 Cronkite 및 House영상들, split-merge의 최소 window의 크기를 2×2로 하여 적절히 segmentation한 영상이다. 임의의 binary영상으로는 256×256 Girl영상에 Sobel operator를 취한 영상과, 256×256 지도 영상이다. 표1과 그림6에 사용 영상의 특성이 나타나 있다.

영 상	전체 pel수	전체 임역수
Cron-kite의 contour 영상	9222	273
House의 contour 영상	9702	254

(표1) Contour 영상의 특성

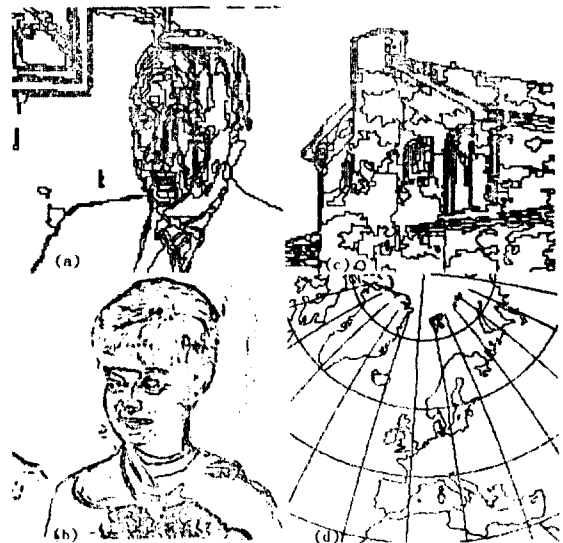


그림6 사용되는 contour 및 edge, 지도 영상.  
(a),(c) contour 영상  
(b) edge 영상  
(d) 지도 영상

표2는 Cronkite 및 House의 contour영상에 대하여, 제안 방식과 중복을 피한 chain code 방식과의 비교이다. 여기에는 chain code에 사용된 초기 절대 좌표의 전체에 대한 비율과 제안 방식에서 사용된 특수code의 비율, 그리고 entropy를 나타내었다. 표3은 제안 방식에 zero run의 huffman run-length coding을 적용시킨 것과 영상의 특성을 이용하여 split-merge의 최소 window의 크기가 2×2이므로 1개의 code로 2개의 pel을 나타내어 여기에 Huffman coding을 적용한 결과이다. 최종적으로 중복을 피한 chain code에 비해 60%이상 데이터 감축이 되었다.

표4는 edge영상과 지도영상에 대한 제안 방식의 simulation결과로서, 이 경우는 faximile에서 많이 쓰이는 2-dimensional runlength code인 Group4방식과 비교 하였다.[6]

영상	부호화 방식	전체 bit수	Link의 code의 percentage(%)	Bit/Contour pel	Entropy
Cronkite의 contour 영상	중복을 피한 chain code	22924(320)	22.3	2.486	2.34
	중복을 피한 chain difference code	22924(320)	22.3	2.486	1.474
	제안 방식	18882(8)	5.9	2.047	1.675
House의 contour 영상	중복을 피한 chain code	23548(296)	20.1	2.427	2.315
	중복을 피한 chain difference code	23548(296)	20.1	2.427	1.439
	제안 방식	19836(8)	5.5	2.04	1.699

(표2) Contour영상에 대한 제안 방식의 성능 비교. (원호안의 값은 code에 사용된 초기 절대 좌표의 갯수)

영상	부호화 방식	전체 bit수	Bit/Contour pel
Cronkite의 contour 영상	Huffman run-length coding의 적용	12008	1.302
	영상의 특성및 Huffman coding의 적용	8525	0.924
House의 contour 영상	Huffman run-length coding의 적용	13060	1.346
	영상의 특성및 Huffman coding의 적용	9064	0.934

(표3) 제안 방식에 다른 감축 기법을 적용한 경우의 감축율 (10개 이하의 zero run은 run으로 고려하지 않음)

이상의 결과를 살펴보면 contour영상에 대해서는 감축효과가 좋게 얻어진다. 그 이유는 split-merge를 통하여 얻어진 영상에는 일반적으로 직선성분이 많이 나타나고, 4-방향성 영상은 특수code가 필요 없으며, 또한 대부분의 contour가 연결되어 있어서 고립 영역(isolated region)이 아닌한 초기 절대좌표가 필요없기 때문이다.

이와는 반대로 edge영상은 상대적으로 효율이 많이 떨어지는데, 제안 방식으로 뭉쳐져 있는 pel들을 부호화하려면 앞의 내용처럼 특수code(expanding code, terminal code)를 반드시 사용하여야하고 고립 영역이나 pel들에는 항상 절대좌표가 필요하기 때문이다.

영상	부호화 방식	특수code의 비율(%)	전체 bit수	bit/pel
Edge 영상	Group 4		19649	0.30
	제안 방식	27.3	32452	0.495
	제안 방식에 H.coding의 적용		30639	0.468
지도 영상	Group 4		23159	0.353
	제안 방식	12.1	21352	0.326
	제안 방식에 H.coding의 적용		18757	0.286

(표4) Edge, 지도 영상에 대한 제안 방식의 성능 비교.

#### 4. 결 론

이 논문에서는 contour영상을 감축시키기 위하여 Depth First Search Algorithm을 이용 하였다. 이렇게 함으로서 중복을 피한 chain code에 비해 초기 절대 좌표를 거의 없앨 수 있었으며, 여기에 contour pel의 search순서 조절 및 사용되는 특수code의 양을 줄여 데이터 감축 효과를 높였다. 물론, chain code에 비해 약간의 복잡성과 수행 시간이 요구되지만 이와 같은 문제점은 신호 흐름도를 좀더 간략화시키고 특수code의 사용을 더 연구함으로써 개선되리라 생각 된다.

제안 방식은 contour영상 뿐만아니라, 앞의 simulation결과에서처럼 지도 영상에서도 기대할 만한 감축 효과가 얻어 졌다. 이 방식으로는 어떤 종류의 binary영상도 부호화가 가능하지만, 데이터 감축 측면에서 효율적으로 사용하려면 가능한 뭉쳐진 pel들이 적고(지도..), 대부분의 pel들이 연결되어 있는 영상(contour 영상)에 적합 하다.

#### <참 고 문 헌>

- (1) M.Kunt, M.Kocher, "Second Generation Image Coding Technique", Proc.IEEE, 1985,4.
- (2) E.Horowitz, Pavlidis, "Picture segmentation by a tree traversal Algorithm", JACM, Vol 23, Mo 2, 1976, 4.
- (3) E.Horowitz, S.Sahni, Fundamentals of Data Structures in Pascal, Computer Science Press, 1982.
- (4) M.Kocher, "Adaptive region growing technique using polynomial functions for image approximation", Signal Processing 11, 1986.
- (5) N.S. Jayant, Peter noll, Digital coding of Waveforms, prentice hall, Ch10, 1984.
- (6) Iichko Song, S.A. Kassin, "A new noiseless coding technique for binary image", IEEE Trans.Commun., 1986
- (7) H.Freeman, "Boundary encoding and processing", New York University, ???