

# 상보쿼드 트리를 이용한 영상의 점진적 전송

김 신 진<sup>†</sup>·김 영 모<sup>††</sup>·고 광 식<sup>††</sup>

## 요 약

영상의 점진적 전송 방식은 데이터의 전송이 진행되는 동안 수신측에서 낮은 해상도의 영상에서부터 점진적으로 더 높은 해상도의 영상으로 해상도를 향상시켜나가는 방법이다. 이것은 데이터 전송의 초기에 영상의 가치를 판단하여 나머지 부분의 전송을 진행하거나 취소할 수 있어 제한된 전송 대역을 효과적으로 이용할 수 있다. 본 논문에서는 효율적인 영상의 점진적 전송을 실현하기 위하여 영상을 비트플레인으로 분리한 후 각 플레인을 상보 쿼드트리 구조로 재구성하였다. 그리고 상보 쿼드트리의 각 레벨과 각 비트플레인의 데이터를 적절한 순서로 전송하여 전송의 초기에 보다 적은 데이터로 영상의 내용을 대체적으로 파악할 수 있도록 하였다.

## Progressive Transmission of Image Using Compact Complementary Quadtree

Sinjin Kim<sup>†</sup>·Young Mo Kim<sup>††</sup>·Kwang Sik Koh<sup>††</sup>

## ABSTRACT

Progressive image transmission involves a progressive increase in the image resolution at the receiver from a lower to a higher resolution during the transmission of data. This is an effective way of using a limited transmission channel, because, after estimating the value of the data in the early transmission period, a decision can be made whether or not to proceed with the transmission of the remaining part. To realize more effective progressive image transmission, the current thesis divides an image into bit planes and then re-organizes each plane into a complementary quadtree structure. As a result, by transmitting the data on each bit plane and each level of the complementary quadtree in the appropriate order, the basic image contents can be understood with less data in the early period of transmission.

**키워드 :** 점진전송(progressive transmission), 비트플레인(bit plane), 쿼드트리(quadtree), 이미지(image), 비손실(lossless)

### 1. 서 론

최근 보편화되고 있는 인터넷의 경우 문자정보보다 정지 영상, 음성, 동영상 등의 멀티미디어 정보가 많은 부분을 차지하고 있으나 회선의 대역폭이 제한적이거나 서버의 성능이 모든 서비스를 처리하는데 충분하지 못한 경우가 많다. 특히 영상정보는 그 정보량이 많으므로 정보를 점진적으로 전송하는 방법은 영상의 초기 전송단계에 데이터의 유용성을 판단하여 전송의 계속적인 진행 여부를 판단할 수 있도록 하여 매우 큰 효과를 기대 할 수 있다[1, 2]. 특히 회선의 대역폭이 제한적이거나 많은 데이터를 동시에 처리하고자 할 경우에 영상의 점진적 전송은 더욱 유용하게 사용된다.

이러한 전송을 실현하기 위해서는 적은 정보량의 저해상도 영상으로도 이미지의 내용을 판단할 수 있도록 하는 효과적인 전시방법, 먼저 전송된 저해상도의 데이터를 고해상도 영상을 구현하는데 적절히 이용하여 다음 단계에서 필

요로 하는 부가적인 정보를 최소화하는 기술, 그리고 초기에 전송되는 적은 데이터량으로 영상의 내용을 어느 정도 판단할 수 있도록 하는 정보의 구성 및 전송순서 설정 등을 고려하여야 할 것이다.

본 논문에서는 영상의 점진적 전송을 크게 두 가지 방법으로 실현하였다. 첫째는 공간 계층화에 의한 공간 해상도를 이용한 점진적 전송 방식, 둘째는 그레이 스케일 계층화에 의한 그레이 스케일 해상도를 이용한 전송 방식이다. 그리고 위의 두 가지 방법을 적용하기 위하여 공간 계층화에는 상보 쿼드트리[1]를 그레이 스케일 계층화에는 비트 플레인[3]을 각각 이용하였다.

### 2. 영상의 계층적 표현

점진적 전송은 정보의 계층화를 통해 데이터를 중요도 순으로 조직화하여 나타냄으로써 영상전송 이외에도 여러 방법의 영상처리에 사용된다. 본 연구에서는 공간계층화와 그레이 스케일 계층화를 사용하여 이러한 점진전송을 실현하고 있으며 본 장에서는 이 두 가지 계층화에 대하여 설명한다.

<sup>†</sup> 준 회원 : 경북대학교 대학원 전자공학과

<sup>††</sup> 종신회원 : 경북대학교 전자공학과 교수

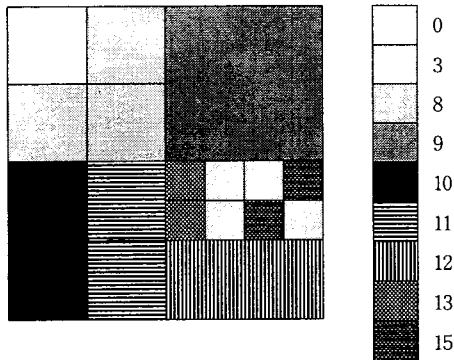
논문접수 : 2001년 3월 28일, 심사완료 : 2001년 12월 7일

2.1 공간 계층화

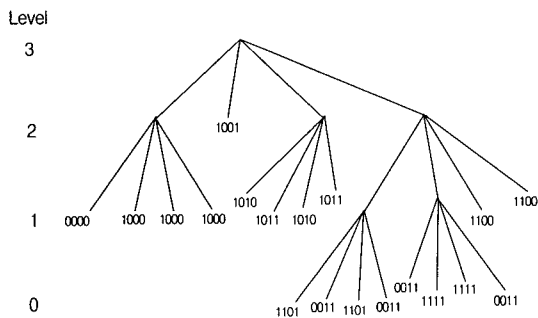
영상의 완전한 완만 현상은 가능하지 않기 때문에 전송은 단계적으로 수행되며 해상도 또한 단계적으로 향상되게 된다. 공간 해상도의 단계별 향상은 영상정보를 여러 가지 근사화 정의에 의해 피라미드 혹은 삼각뿔 형태로 배열하며 이때 영상의 넓은 영역에 영향을 미치는 중요한 정보는 피라미드의 상위 수준에 위치하도록 구성한다. 피라미드의 상위 수준에 있는 각 요소는 바로 다음의 하위수준에 있는 요소들로부터 얻어진다.

대표적인 영상의 계층적 분할은 나무구조 표현을 들 수 있다. 이차원 영상정보에 대해 많이 사용되는 공간 분할인 쿼드트리 구조는  $2^n \times 2^n$  원 영상(original image)을 같은 크기의 4개의 영역으로 분할하고, 분할된 각 영역은 모든 값이 균일할 때까지 혹은 명시된 해상도 수준까지 연속적으로 분할 과정을 반복하여 만들어지는 구조이다[4, 5]. 이러한 분할 과정에서 데이터량의 증가나 감소는 일어나지 않지만 잎마디(leaf node)가 나무구조의 최하위층 보다 윗층에서 나타날 경우 데이터량의 감소효과를 얻을 수 있다.

이러한 처리과정을 통하여 형성된 나무는 한 마디에 4개의 가지를 가진다. 최상위 마디는 전체 영상을 대표하며, 상위마디에 대한 4개의 하위 마디들은 상위마디의 4분면을 각각 대표한다. 잎마디(leaf node)는 균일한 값을 갖는 가장 큰 영역에 해당하고 나무의 어떤 수준(level)에서도 생길 수 있다. (그림 1)과 (그림 2)는 16계조(픽셀당 4비트)의  $8 \times 8$ 영상 배열의 블록 분할과 이에 대한 쿼드트리의 구조의 예를 나타내고 있다.



(그림 1) 간단한 영상의 블록분할 예



(그림 2) (그림 1)에 대한 쿼드트리 데이터 구조

2.2 그레이 스케일 계층화

그레이 스케일 해상도의 단계별 향상은 그레이 스케일 계층화에 의해 얻을 수 있다. 본 논문에서는 비트 플레인(bit plane)을 이용하여 그레이 스케일 계층화를 실현하였다. 한 픽셀이 k-비트로 표현되는 그레이 스케일 영상은 모든 픽셀의 같은 가중치를 갖는 비트로 구성되는 k개의 이진 영상으로 나누어질 수 있다. 또한 이렇게 비트 플레인으로 나누어진 영상들은 일반적으로 각 픽셀의 MSB로 구성된 이진 영상이 가장 중요한 영상정보를 포함하고 LSB쪽으로 갈수록 영상정보의 중요성은 낮아진다.

3. 점진적 전송 방식

영상의 점진적 전송은 송신측에서 단계별로 전송하는 영상정보를 이용하여 수신측에서 영상의 선명도를 증가시켜 나가는 방식이며, 영상의 선명도는 수신된 정보가 많을수록 점차 향상되어 최종적으로 모든 영상정보의 전송이 이루어지면 정확히 원 영상이 재구성된다. 따라서 영상의 점진전송은 전송이 완료된 시점에서는 순차적인 전송과 같은 결과를 가지지만 영상전송이 진행되고 있는 시점에서 영상의 정보를 파악하는데 도움을 주기 위한 방법이라 할 수 있다.

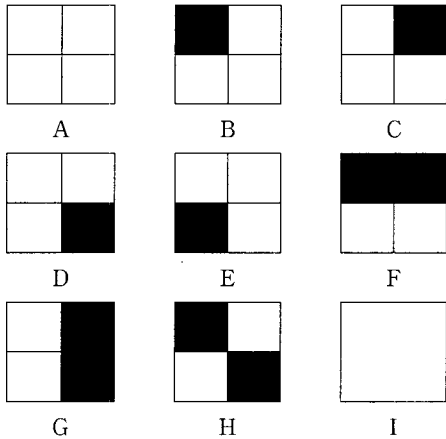
3.1 공간 해상도와 그레이 스케일 해상도를 이용한 점진전송

지금까지의 점진적 전송은 공간 해상도의 증가에 중점을 둔 방법이 주로 제시되었다. 공간 해상도에 따른 점진적 전송은 상위레벨에서 하위 레벨로 피라미드 데이터 구조를 전송함으로써 수신측에서는 점진적으로 향상되는 영상을 재구성한다. 그러나 위의 그레이 스케일계층화에서 보았듯이 각 픽셀의 정보 중 상위 비트는 하위비트와 비교해서 보다 중요한 정보를 포함하고 있다고 할 수 있으며 영상의 점진전송에 이러한 특성을 함께 이용함으로써 보다 효율적인 영상의 점진전송을 가능하게 할 수 있을 것이다.

본 연구에서는 공간적인 점진전송을 위하여 상보쿼드트리 방식을 이용하여 각 비트 플레인에 대하여 공간 계층화된 영상을 구성하였다. 또한 그레이 스케일 해상도를 이용한 점진전송을 위하여 영상은 비트 플레인으로 나누어지고 각 비트 플레인은 각각 독자적으로 상보쿼드트리 구조로 구성되었다. 따라서 그레이 영상에 대한 하나의 상보쿼드트리 구조가 구성되는 방식이 아니고 k개의 이진 영상에 대하여 k개의 상보쿼드트리가 구성된다.

이진영상에 대한 상보쿼드트리 구조는 대표값과 형태부호를 가지는 노드들로 구성되며 형태부호는 하나의 노드가 가지는 4개의 하위노드의 대표값으로 결정된다. 형태부호는 아래의 (그림 3)에서와 같이 앞서마디에 대한 8가지(A~H)와 앞서마디에 대한 1가지(I)로 구성된다. 그리고 대표값은 4개의 값 중 많은 것을 취하고 영역이 같을 경우는 특정위치의 값으로 미리 정하여둔다. 아래의 그림에서 흰 부분과 검은 부분은 하위 마디의 값을 나타내기 위한 것

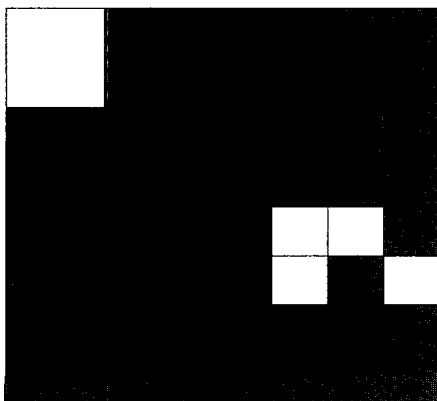
이 아니라 서로 다른 값이라는 것을 나타내며 실재값은 현재 마디의 대표값에 따라 달라진다. 예로 형태부호가 A이고 대표값이 '1'이면 4개의 값이 모두 '1'이며 형태부호가 A이지만 대표값이 0이면 하위 4개의 대표값은 모두 0이 된다.



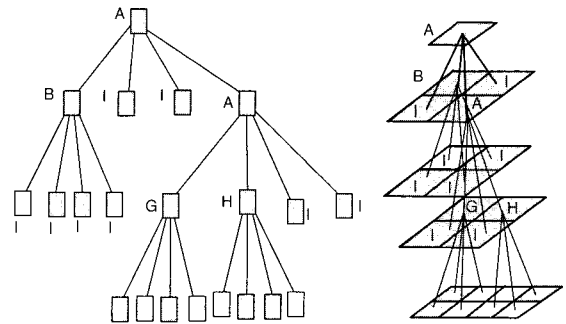
(그림 3) 형태부호

형태부호 'A'는 하위마디가 모두 동일한 대표색을 가진다는 것을 나타낸다. (그림 4)는 (그림 1)의 그레이 스케일 영상에 대한 MSB비트 플레인 영상을 나타낸 것이며, (그림 5)는 이것을 이진 영상에 대한 상보코드트리 구조로 나타낸 것이다. 마디의 형태부호는 규정된 순서(breadth-first, 즉, 위에서 아래로, 왼쪽에서 오른쪽으로)로 전송된다. 따라서 (그림 5)의 이진영상은 "1, A, B1A,1111GH11"로 부호화가 된다. 여기서 맨 앞의 '1'은 최상위층에서의 대표 값이 '1'이라는 것이며 뿌리의 색이 검은색임을 나타낸다. 그 이하의 층들은 상위층의 대표 값과 형태부호에 의해서 대표 값이 정해지므로 이를 부호화에 포함시킬 필요가 없다. 예를 들어서 최상위 층이 '1A'이므로 다음 층의 마디는 모두 대표값으로 '1'을 가지며, 두 번째 층의 첫 번째 마디는 형태부호가 'B' 대표값이 1이므로 그 아래 마디는 각각 '0' '1' '1' '1'의 대표값을 가지게 된다.

수신기는 전송되어오는 정보의 순서와 형태부호에 대한 정보를 미리 가지고 있어 이미지를 정확하게 재구성 해낼 수 있다.



(그림 4) (그림 1)의 MSB 플레인에 대한 이진 영상

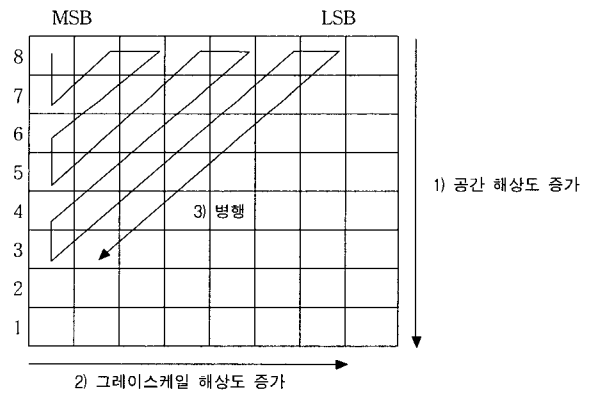


(그림 5) 상보 코드트리로 재 정의된 이진영상의 나무구조

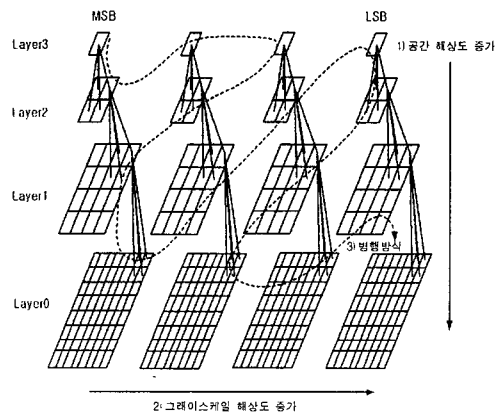
### 3.2 공간 해상도와 그레이 스케일 해상도를 병행한 방식

(그림 6)은 각각의 전송방식을 나타낸다. 먼저 1) 공간 해상도로 표시된 것은, 공간 해상도에 따른 전송으로 이것은 정해진 공간 수준에 따라 전송하는 것이며, 2)의 그레이 스케일 해상도에 따른 전송은 MSB플레인에서 LSB플레인으로 점진적인 전송을 실시한 것이다.

본 논문에서는 3)으로 표시된 것과 같이 MSB플레인과 공간해상도의 높은 레이어에 대해서 우선적으로 전송을 하여 초기에 원 영상에 좀더 근사화된 영상을 얻을 수 있도록 하였다. 전송 가능한 시퀀스 수는 많기 때문에 완전한



a) 각 전송방식의 표현



b) 각 전송방식의 쿼드트리 표현

(그림 6) 각 전송 방식의 도시

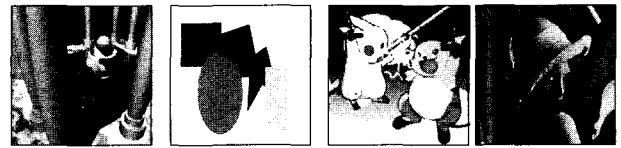
최적 시퀀스를 찾는 것은 매우 어렵고 영상의 종류와 응용에 따라 최적 시퀀스는 달라질 수 있으며 본 연구에서는 (그림 6)의 3)병행방식의 순서로 데이터를 전송하였다. (그림 6)의 b)는 (그림 6) a)의 이해를 돕기 위해서 픽셀당 4비트(16계조)의 8×8 영상에 대한 데이터 전송 순서를 쿼드트리 구조의 그림과 함께 나타내었다

4. 실험 및 고찰

사용된 실험 영상은 256×256크기의 8비트 그레이 영상으로 삼차원 그래픽 영상, 그래픽 영상, 만화영상, 자연영상이며 64K byte 크기이고 모두 픽셀당 8비트(8개의 비트 플레인)와 8단계의 공간 레벨을 갖고 있다. 각 쿼드트리 데이터는 허프만 코딩 등의 엔트로피 코딩을 통하여 더욱 압축되어 지지만 본 논문에서는 점진 전송방식의 특성을 비교하기 위하여 압축되지 않은 데이터를 그대로 사용하였다. Gif방식을 포함하여 각 방식은 압축률에 있어서 서로 크게 다르지 않으므로 압축되지 않은 데이터의 비교만으로도 충분히 의미를 가진다고 볼 수 있을 것이다. 또한 일반적으로 많이 사용되는 영상 포맷 중 쿼드트리가 가지는 비손실 압축과 점진전송의 특성도 어느 정도 가지는 'interlaced gif' 전송과도 비교하였다.

(그림 7)에 원 영상을 나타내었고 다음의 (그림 8)에는 위의 네 가지 방식 각각에 대하여 전송 데이터량에 따른 복원영상을 나타내었다. (그림 8)에서 수직으로는 데이터의

증가에 따라 이미지가 점진적으로 향상되는 것을 볼 수 있고 수평으로는 같은 데이터량 일 때 전송방식에 따라 재현된 이미지의 차이를 확인 할 수 있다. 복원이미지에서 알 수 있듯이 전송의 초기단계에서 interlaced gif형식의 전송방식보다 쿼드트리 구조를 이용한 점진전송이 전반적으로 전체 이미지의 윤곽을 잘 보여주고 있으며 그 중에서도 공간 해상도와 그레이 스케일 해상도를 병행한 점진전송이 더 좋은 결과를 보여줌을 알 수 있다.

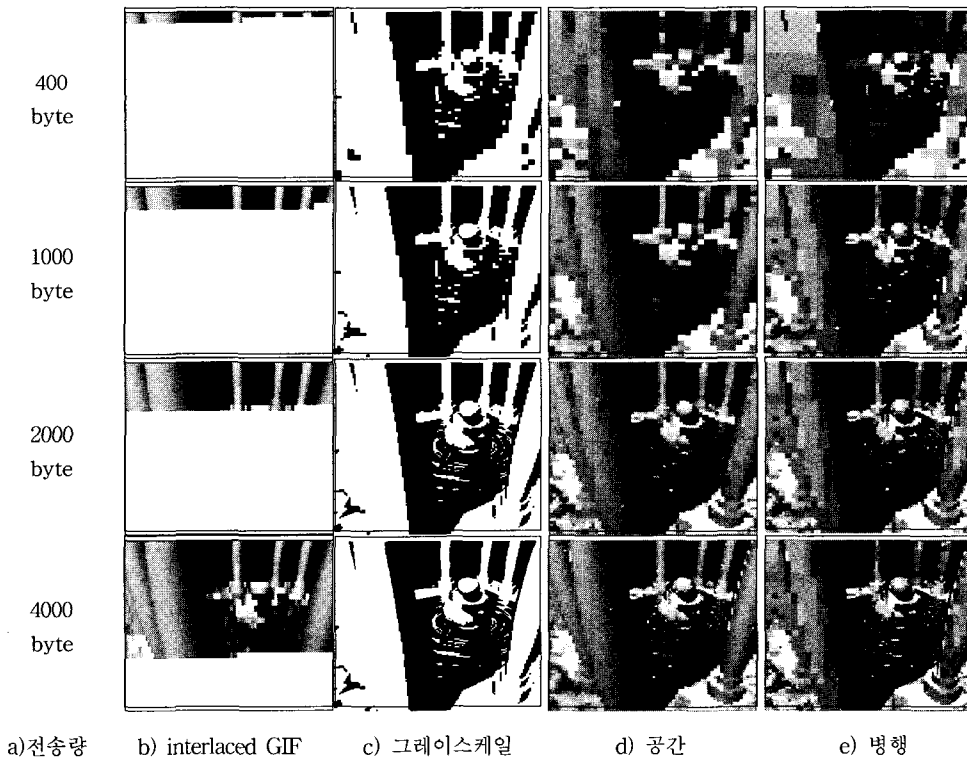


(a) 3D 그래픽 영상 (b) 그래픽영상 (c) 만화영상 (d) 자연영상  
(그림 7) 실험에 사용된 원영상

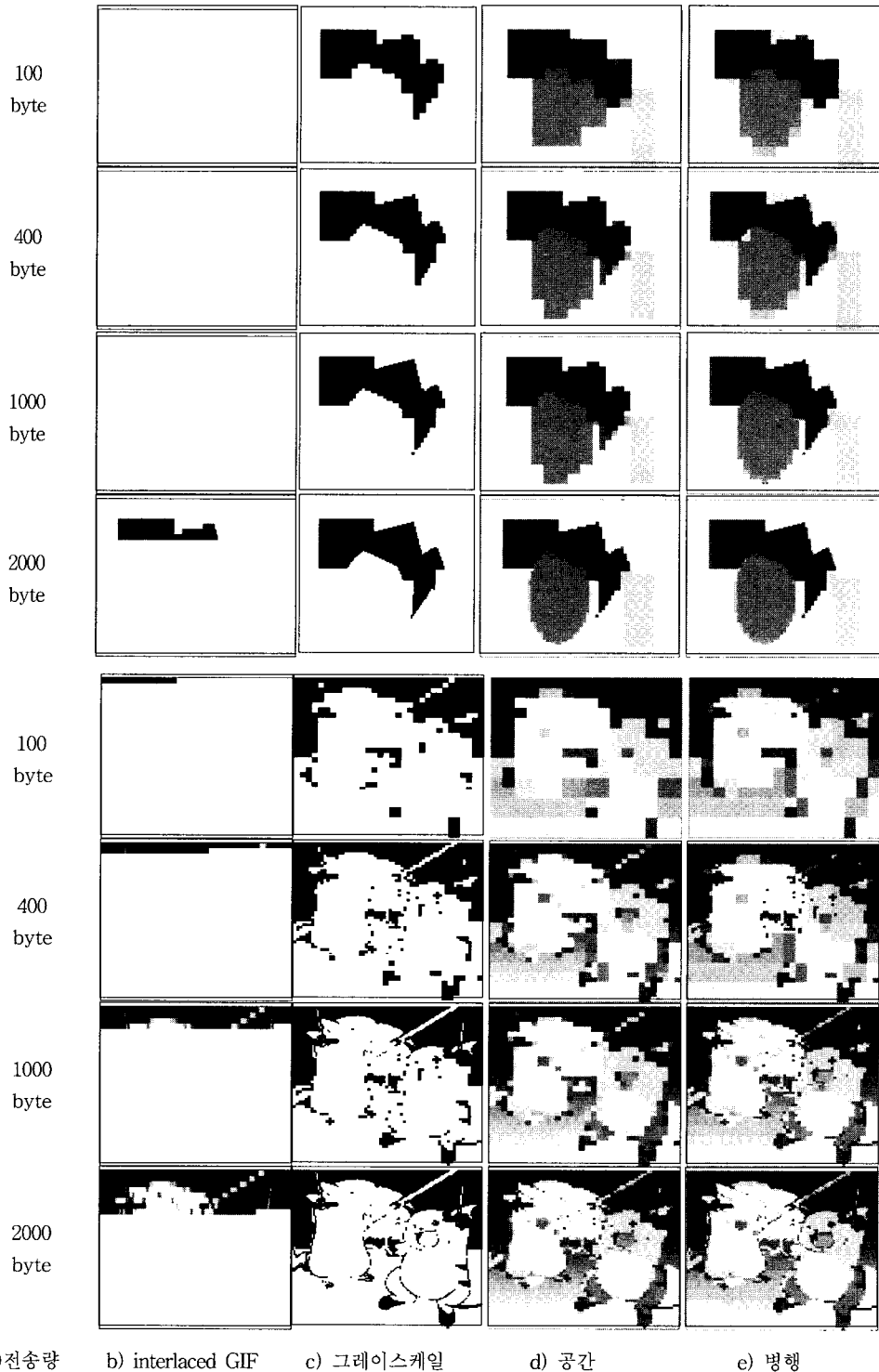
5. 결 론

본 논문에서는 영상데이터의 전송시 전체 영상의 대체적인 윤곽을 판단하는데 도움이 되는 데이터를 먼저 전송하여 데이터의 전송 초기에 영상의 유용성을 판단할 수 있는 전송방식에 관하여 기술하였다.

픽셀 값의 특정 비트들로만 구성된 비트 플레인을 만들고 각 비트 플레인은 상보 쿼드트리를 이용하여 점진 전송이 가능하게



(그림 8) 실험영상에 대한 각 전송방식의 비교

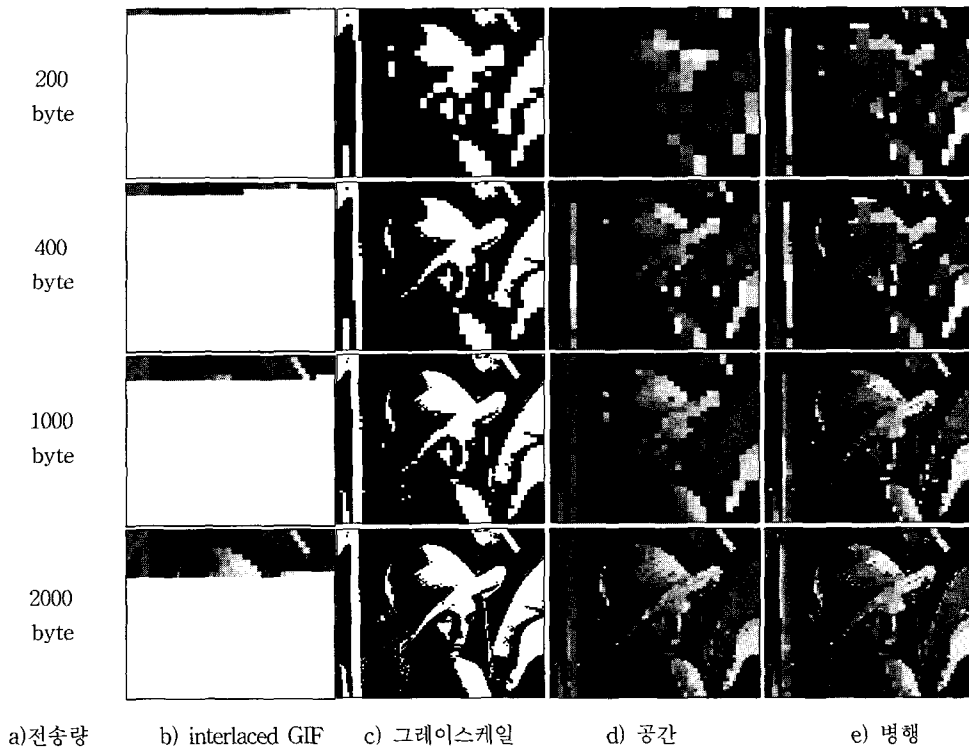


(그림 8) 실험영상에 대한 각 전송방식의 비교(계속)

재구성되었다. 그리고 이들을 적절한 순서에 의해 전송함으로써 기존의 방법들과 달리 공간 계층화와 그레이 스케일 계층화를 동시에 적용할 수 있었다. 그리하여 낮은 대역폭을 가지는 채널에서 데이터 전송의 초기 단계에 영상을 인식하는데 도움을 줄 수 있어 전송 채널의 효율적인 사용이 가능하도록 하였다.

참 고 문 헌

[1] Young-Mo Kim, "Complementary Quadtree," *Image and Vision Computing*, IVC-221, Vol.16, pp.93-99, 1993.  
 [2] I-Pin Chen, "Recursive Representation and Progressive Di-



(그림 8) 실험영상에 대한 각 전송방식의 비교(계속)

splay of Binary Objects for Efficient Network Browsing," *Journal of Visual Communication and Image Representation*, Vol.9, No.4, pp.271-286, 1998.

[3] M. Rabbani, and P. Jones. *Digital Image Compression Techniques*. Washington : SPIE PRESS, 1991.

[4] H. Samet, "The quadtree and related hierarchical data structure," *ACM Comput. Surv.*, Vol.16, pp.187-260, June, 1984.

[5] H. Samet and R. Webber, "Hierarchical data structure and algorithms for computer graphics, Part I : Fundamentals, and Part II : Applications," *IEEE Comp, Graph. and Appl.*, Vol.8, No.3 pp.48-68 May, 1988, and No.4, pp.59-75, July, 1988.

[6] S. Tanimoto, "Image transmission with gross information first," *Comput. Graphics Image Processing*, Vol.9, pp.72-76, Jan. 1979.

[7] K. Sloan and S. Tanimoto, "Progressive refinement of raster images," *IEEE Trans. Comput.*, Vol.C-28, pp.871-874, Nov. 1979.



**김 신 진**

e-mail : ksinj@palgong.knu.ac.kr  
 1989년 경북대학교 전자공학과 졸업 (학사)  
 1991년 경북대학교 대학원 전자공학과 (공학 석사)  
 1991년~1998년 국방과학연구소 연구원  
 1997년~현재 경북대학교 대학원 전자공학과(박사과정)

관심분야 : 영상처리, 내장형 시스템, 공장자동화, 리눅스



**김 영 모**

e-mail : ymkim@ee.knu.ac.kr  
 1980년 경북대학교 전자공학(공학사)  
 1983년 한국과학기술원 전자공학(공학석사)  
 1989년 한국과학기술원 전자공학(공학박사)  
 1985년~1988년 경북대학교 전자공학과  
 전임강사

1988년~1992년 경북대학교 전자공학과 조교수  
 1992년~1997년 경북대학교 전자공학과 부교수  
 1997년~현재 경북대학교 전자공학과 교수  
 관심분야 : 컴퓨터 그래픽스, 멀티미디어, 비주얼 컴퓨팅, 영상 처리



**고 광 식**

e-mail : kskoh@ee.knu.ac.kr  
 1980년 경북대학교 전자공학(공학사)  
 1983년 한국과학기술원 전자공학(공학석사)  
 1985년 경북대학교 전자공학과 전임강사  
 1988년 경북대학교 전자공학과 조교수  
 1993년~현재 경북대학교 전자공학과  
 부교수

관심분야 : 디지털시스템 설계, Statistical signal processing, Vision system, 병렬처리 컴퓨터