

論文2002-39SP-3-4

동질 영역의 기울기를 고려한 상보 쿼드트리

(A Complementary Quadtree in Consideration for Gradient of Homogeneous Regions)

金信鎮*, 李鍾燁**, 金榮模*, 高光植*

(Sinjin Kim, Jong Yup Lee, Young Mo Kim, and Kwang Sik Koh)

요약

만화 영상은 비교적 간단하고, 사용 색상의 수가 적으며 동일 색상이나 기울기를 가지는 동질 영역(homogeneous region)이 많이 존재한다. 본 논문에서는 이런 특징을 이용하여 만화 이미지에 효과적인 상보 쿼드트리 압축 방법을 제안하였다. 그리고 영상의 점진전송이 가능하게 하여, 데이터의 전송이 진행되는 동안 수신측에서는 낮은 해상도의 영상에서부터 점진적으로 더 높은 해상도의 영상으로 해상도를 향상시켜 나가게 한다. 이것은 데이터 전송의 초기에 영상의 가치를 판단하여 나머지 부분의 전송을 진행하거나 취소할 수 있어 제한된 전송 대역을 효과적으로 이용할 수 있다. 제안된 방법이 비손실의 점진전송이 가능한 방법이므로 이와 같은 기능을 가진 progressive PNG, progressive GIF와 압축 성능을 비교 하였다.

Abstract

Generally, cartoon images are simple and involve a small number of colors and often include large homogeneous regions with same color or gradient. In this paper, effective compression method for complementary quadtree was suggested for cartoon images, by using those properties. And with progressive transmission, this method 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. Since the proposed method is lossless and involves progressive transmission, it was compared with progressive PNG and progressive GIF, which had same functions.

Keyword : complementary quadtree, progressive transmission, cartoon image, gradient, lossless

I. 서론

컴퓨터 통신망의 대역폭은 모든 사용자가 만족할 만큼 충분하지 못한 경우가 많으며 제한된 용량의 전송 선로를 통하여 보다 많은 정보를 보내려는 노력이 오래 전 부터 심도 있게 진행되어 오고있다. 특히 영상통신을 위한 영상전송 부분에 있어서는 영상 부호화(Image Coding)를 통한 데이터의 압축에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 더욱이 영상 정보는 그 정보량

* 正會員, 慶北大學校 電子工學科

(Department of Electronics, Kyungpook National University)

** 正會員, 엔비캠 株式會社

(Envichem tech co.)

接受日字:2001年3月21日, 수정완료일:2002年4月15日

이 매우 많아, 전화선과 같이 낮은 대역폭을 가지는 전송선로를 통해서 정보를 전송할 경우에는 더욱 효율적인 데이터의 압축과 전송 방식이 요구된다.

전통적인 주사선 정렬 방식의 전송은 낮은 대역폭을 가지는 통신선로 상에서는 사용자가 어느 정도의 영상을 인식하기 위해서는 상당한 시간을 필요로 한다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 적은 양의 데이터 만으로도 표현될 수 있는 개략적인 영상을 먼저 보낸 뒤 점진적으로 해상도를 증가시킬 수 있는 계층적인 구조의 영상 전송방식을 이용하면, 이용자가 초기 단계에 영상의 유용성을 판단하여 계속적인 전송여부를 판단할 수 있는 기회를 가지게 된다. 이렇게 영상정보를 점진적으로 전송하는 것이 바람직한 경우가 많다.^[1-2]

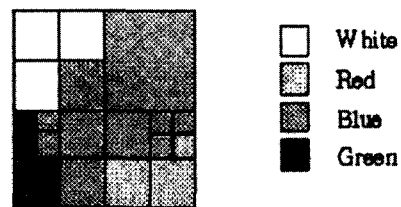
점진적 전송 방식은 전송의 초기 단계에 적은 양의 데이터로 대략적인 영상을 전송한 후에 수신측 사용자의 판단에 따라 전송을 계속하여 점진적으로 영상의 해상도를 증가시키는 방법이다. 이를 위해서는 계층적인 자료구조로 영상을 표현할 수 있어야 하며 본 논문에서는 이를 위하여 상보 쿼드트리 구조를 이용하였다. 상보쿼드트리 구조는 영상을 계층적으로 표현하는데 적합하며 트리구조 자체가 어느 정도의 비손실 압축을 실현한다. 구성된 트리 구조는 허프만 코딩 등을 통하여 다시 한번 더 압축되어 질 수 있다. 이 구조는 비손실의 압축을 실현 하며 점진적인 전송에 적합한 방법이다.

본 논문에서는 256색상을 가지는 indexed color 영상에 대하여 쿼드트리 구조를 더욱 발전시켜 만화영상 혹은 그래픽 영상 즉 영상이 비교적 간단하고, 사용 색상의 수가 적으며, 색상 값이 비슷하거나 어떤 기울기를 가지며 변하여 동질 영역(homogeneous region)이 많이 존재 하는 영상에 대하여 더욱 좋은 성능을 가지는 쿼드트리 구조를 제안하였다. 현재 만화 영상 압축 방법으로는 JPEG, GIF, PNG와 같은 압축 포맷이 많이 사용되고 있다. JPEG은 손실 압축방식을 사용하여 높은 압축률을 가지지만 영상의 에지가 정확하게 표현될 필요가 있는 만화 영상에는 어느 정도의 단점을 가지며 본 논문에서 제안하는 비손실 압축 방법과 성질도 다소 다르므로^[3-4] GIF, PNG 와 제안된 방법과의 성능을 비교 하였다.

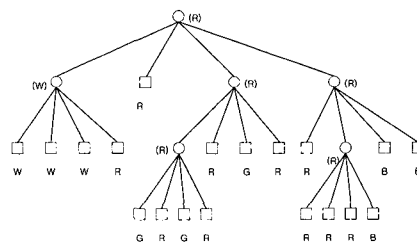
II. 상보 쿼드트리

쿼드트리는 각 노드(node)가 잎사귀(leaf)가 아니면 4개의 자손 노드(child node)를 발생하게 되는 나무(tree) 구조이며, 각 노드는 나무의 위치에 의해 특정 블록의 크기, 위치, 변화도의 정보를 지니게 된다. 자손 노드의 영역은 부모 노드(parent node) 크기의 4분의 1에 해당한다. 이러한 방법을 이용하여 초기 노드에서 시작하여 나무를 통해 8x8 크기를 가지는 말단 잎사귀에 이르게 된다. 그리고 8x8 크기의 말단 잎사귀에 의해 표현되는 블록을 대상으로 균일 영역의 존재 여부를 검사하여, 일정 조건을 만족하는 균일 영역이 발견되면 이 영역은 다른 블록과 독립적으로 부호화 처리를 행한다.^[5]

상보 쿼드트리를 구성하기 위해서는 각 노드에서 대표 색상과 형태부호, 색상부호를 구하여야 한다. 대표색상은 하위 마디의 색상 혹은 대표색상 중 가장 많은 영역을 차지하는 색상을 대표 색상(dominant color)으로 정의한다. 하위마디의 색상이 모두 달라 가장 많은 색상이 존재하지 않을 경우에는 미리 정해진 위치의 색상을 대표색상으로 한다. 형태부호는 대표색상이 존재하는 위치에 따라서 그림2에서와 같이 정해진다. 그리고 대표 색상에 속하지 않은 하위 마디의 색상과 대표



(a)



(b)

그림 1. (a) 보기 영상 (b) 쿼드트리 구조

Fig. 1. (a) simple example image.

(b) quadtree structure.

색상과의 차이값을 색상 부호로 정의한다.^[1] 쿼드트리를 구성한 후 breadth-first traversal 방식을 이용하여 값을 저장 및 전송 한다.^[6-7]

1 대표 색상

하위 단계 영상의 대표 색상으로 상위 단계의 형태를 구성한다. 대표 색상은 가장 많은 영역을 차지하는 색상으로 하고 가장 많은 영역을 차지하는 색이 존재하지 않을 경우는 아래 그림2의 형태부호 F, G, H, O와 같이 대표 색상을 정한다.

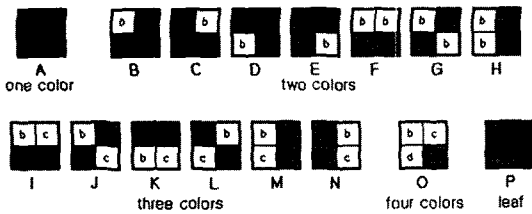


그림 2. 16개의 형태부호
Fig. 2. 16 type codes.

2 형태 부호

그림 2에서와 같이 형태 부호는 모두 16개가 존재한다. 영문자 a, b, c, d는 마디의 색상을 나타내며 a가 대표 색상으로 정해진다. 형태 부호 P는 4개의 노드가 같은 대표 색상을 가지고 각각의 노드 또한 부호 P를 가질 경우이며 더 이상의 가지가 발생하지 않고 그 아래는 모두 같은 색상을 가진다. 이와 같이 더 이상의 마디가 발생하지 않는 노드를 끝마디(leaf node)라고 한다. 같은 색상을 가진 영역이 넓게 존재할 때 이들은 하나의 P마디로 표현이 되며 이러한 영역이 많을수록 트리구조의 데이터량은 더 줄어든다.

3 색상 부호

대표색상 이외의 색상은 대표 색상과의 차이 값을 부호화한다. 일반적으로 이웃한 노드의 색상은 비슷한 값을 가지므로 이와 같은 방법은 부호화의 효율을 높인다. 그림2에서 알 수 있듯이 색상 부호의 수는 형태 부호에 따라 달라진다. 형태부호가 A인 경우는 4개의 노드가 모두 같은 색을 가지므로 대표색상과 형태부호만으로 충분하다. B, C, D, E, F, G, H 형태부호의 경우에는 두 가지의 색상을 가지므로 대표색상 외에 하나의 색상부호가 필요하다. 그리고 I, J, K, L, M, N은 두개, O는 세개의 색상부호가 각각 필요하다.

4 상보 쿼드트리 구성의 예

상보 쿼드트리에서 대표색상을 이용하여 형태부호와 색상부호로 영상에 대한 쿼드트리를 구성하면 최상위 레벨에서는 대표 색상과 형태부호, 색상부호를 가지며 그 외의 하위 노드들은 형태부호와 색상부호만을 가지며 대표 색상은 상위노드로부터 부여받게 된다.

아래의 그림 3은 8x8 보기 영상에 대한 상보 쿼드트리 구성의 간단한 예를 나타내며 최상위 노드의 대표 색상은 8, 형태부호는 J, 색상부호는 J형태에서 두개가 필요하며 -2, 3이 된다. (형태부호와 색상부호는 하위노드의 대표색상에 의해서 결정된다. II.1, II.2, II.3 참조)

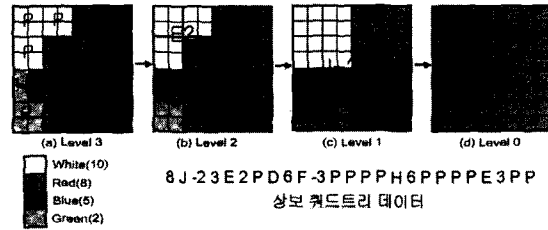


그림 3. 상보 쿼드트리를 이용한 압축의 예
Fig. 3. An example of compression using CCQ.

원 영상으로부터 Level 3의 데이터를 구하면 P P P P P P P P H 6 P P P P E 3 P P가 되지만 Level 2에서 P 형태가 발생하므로 Level 3의 두번째 P P P P는 생략된다. 형태 부호 색상부호의 한 예로 Level3의 H6은 형태코드(그림2 참조)가 H이고 색상의 차 즉 Red(8)와 Green(2)의 차이가 6임을 나타내고 있다.

쿼드트리의 생성은 하위 층에서부터 시작되지만 전송 및 재구성은 상위층에서 부터 시작되므로 데이터는 상위 level부터 하위 level로(8 J -2 3 E 2 P D 6 F -3 P P P P H 6 P P P P E 3 P P) 나열하여 데이터를 구성한다.

인코딩 된 데이터 중 타입데이터는 아스키 코드로 그리고 색상 정보는 바이트단위의 이진 값으로 저장되며 이들은 허프만 코딩을 통하여 압축된다.

영상의 복원은 압축할 때와 반대의 과정으로 이루어진다.

Ⅲ. 기울기 형태 부호를 추가한 상보 쿼드트리

만화 영상과 같이 동질 영역(homogeneous region)이 많이 존재할 경우 상보 쿼드트리를 적용하면 형태 부호 P가 많이 발생하여 데이터의 크기를 줄일 수 있을 것을 앞에서 살펴보았다. 그러나 만화 영상 혹은 컴퓨터 그래픽 영상은 같은 색상을 가지는 영역 이외에 색상 값이 일정한 기울기로 변하는 영역 또한 많이 존재한다. 최근의 컴퓨터 일러스트레이션을 통하여 만들어진 만화 영상에서는 이런 영역이 더욱 많이 존재한다. 따라서 이 16개의 형태부호에 색상의 기울기를 나타내는 부호를 추가함으로써 압축성능을 더욱 높일 수가 있을 것이다.

이를 위하여 앞서 보았던 16개의 형태 부호 외에 영상의 색상이 서서히 변하는 영역을 표현하기 위한 형태 부호 4개를 추가 하였다. 추가된 기울기 형태 부호는 앞의 16개 형태 부호에 포함되는 것이지만 같은 기울기 형태로 두 레벨 이상 반복될 때 이를 기울기 형태 부호로써 정의한다. 앞의 16개 형태 부호에 대해서는 각각에 따른 색상 부호를 정의하고, 4개의 기울기 형태 부호에 대해서는 색상 부호가 아닌 기울기 값을 정의한다. 이로써 제안한 알고리즘의 데이터는 최상위 레벨에서의 대표값과 각 레벨에서의 형태 부호, 그리고 각 형태 부호에 따른 색상 부호 혹은 기울기 값으로 구성된다.

1 형태 부호

그림 4에 기울기에 따른 형태 부호를 나열하였다. 이는 앞에서 언급한 상보 쿼드트리의 16개 형태 부호에 추가되는 것이다.

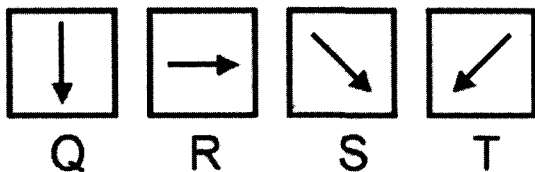


그림 4. 기울기 형태 부호
Fig. 4. Gradient type code.

위의 4가지 기울기 방향은 기울기 값이 음수인 경우를 고려하면 8방향의 기울기를 다룰 수 있으며 쿼드트

리에서는 2×2 크기로 형태부호를 정하므로 기본단위 내에서의 가능한 모든 방향을 포함한다.

2 기울기

기울기 값은 레벨에 따라서 다르게 계산되어야 한다. 위의 예에서 레벨 3(최하위 레벨)에서 인근 마디와의 차이가 d라면 그 기울기는 d가 되고, 레벨 2에서는 인근 마디와의 차이가 d이면 그 기울기는 d/2가 되며, 레벨 1에서는 d/4가 된다. 2n × 2n 크기의 영상에 대해 어떤 level에서 이웃 화소간의 색상 차이가 d라면 기울기는 (식 3.1)과 같이 구해질 수 있다.

$$\text{기울기값} = \frac{d}{2^{n-\text{level}}} \quad (\text{식 3.1})$$

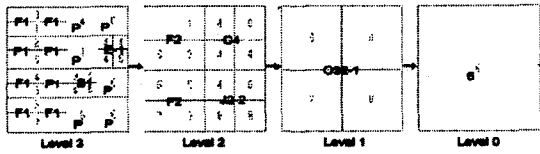
같은 방향, 같은 기울기로 변하는 영역이 넓게 존재한다면 각 레벨에서의 형태 부호와 기울기 값을 모두 저장하지 않고, 그 영역을 포함하는 최상위 레벨에서만 형태 부호와 기울기를 저장하면 될 것이다. 2장에서 살펴본 상보 쿼드트리에서는 P타입의 형태 부호에서만 하위 레벨의 형태 부호 P를 줄일 수 있었지만, 제안된 방법을 이용하면 동일한 색상의 영역 즉 P타입 뿐만 아니라, 색상이 어떠한 기울기를 가지면서 변화하는 영역의 형태부호(Q, R, S, T)를 줄일 수 있으므로 향상된 압축률을 기대할 수 있을 것이다. 그리고 최하위 레벨 이외의 레벨에서 기울기형태(Q, R, S, T)는 P 타입에서와 같이 하위의 노드가 모두 현재노드와 같은 형태와 기울기를 가질 경우이어야 한다. 만약 이 조건이 만족되지 않으면 기울기를 고려하지 않은 형태(F, H, J, L)로 결정된다.

3 압축, 복원의 예

기울기 형태 부호를 적용하지 않고 압축하는 예와 기울기를 적용한 경우를 그림 5와 그림6에 나타내었다.

그림 6의 기울기를 적용한 경우는 레벨2에 Q1이 있으므로 레벨3의 Q1은 모두 생략된다. 따라서 레벨 3의 부호화 값은 PPPE-1B1PPP가 된다. 그림 5와 그림 6에서 각각의 형태, 색상, 기울기를 비교하면 기울기를 가지는 영역이 존재하는 영상을 부호화 할 때, 기울기에 따른 형태 부호를 추가하면 효과적인 이미지 코딩이 가능함을 알 수 있다.

복원된 영상은 압축의 반대 과정을 거쳐서 얻을 수 있다.

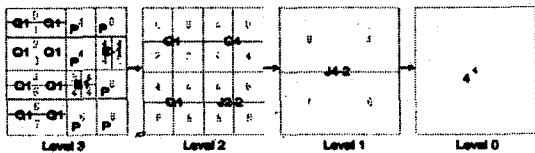


(a) 쿼드트리 구성과정
(a) process of making quadtree.

Level 0 : 6
 Level 1 : O 3 2 -1
 Level 2 : F2 C4 F2 J2-2
 Level 3 : F1F1F1F1 PPPE-1 F1F1F1F1 B1PPP

(b) 각 단계의 형태 부호, 색상 부호, 기울기
(b) type, color difference, gradient data of each layer.

그림 5. 상보 쿼드트리 압축의 예
Fig. 5. An example of compression using CCQ.



(a) 쿼드트리 구성과정
(a) process of making quadtree.

Level 0 : 4
 Level 1 : J4-2
 Level 2 : Q1 C4 Q1 J2-2
 Level 3 : PPPE-1 B1PPP

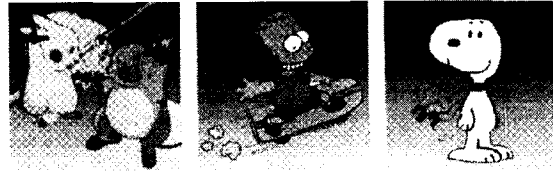
(b) 각 단계의 형태 부호, 색상 부호, 기울기
(b) type, color difference, gradient data of each layer.

그림 6. 기울기를 적용한 상보 쿼드트리 압축의 예
Fig. 6. An example of compression using gradient applied CCQ.

VI. 실험 결과 및 고찰

아래의 그림 7의 세가지 만화 영상을 실험 데이터로 사용하여 기존의 잘 알려진 무손실, 점진전송이 가능한 압축 파일 포맷인 PNG와 GIF를 제안된 방법과 비교하였다.

표 1 에서 비교한 압축 방식들은 모두 영상을 점진 전송 하는 방식들이며 영상에서 기울기를 가지는 영역 이 많이 존재하는 경우 본 논문에서 제안한 방법이



(a) Pikachu (b) Simpson (c) Snoopy

그림 7. 실험 영상
Fig. 7. Experimental Images.

표 1. 압축률의 비교
Table 1. Comparison of compression ratio.

압축방식	interlaced GIF	interlaced PNG	CCQ	제안 방법
Pikachu	0.467	0.447	0.454	0.347
Simpson	0.327	0.286	0.390	0.233
Snoopy	0.255	0.234	0.323	0.178

압축률은 압축된 데이터와 원영상의 데이터의 비이며 표 1에 나타내었다. GIF, PNG, CCQ 보다 더 좋은 압축률을 가짐을 알 수 있다.

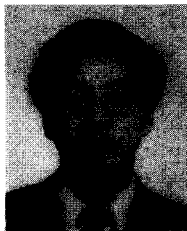
V. 결론

만화 영상은 대체적으로 단순하고 색상의 수가 적다. 그리고 경계가 뚜렷하며 색상이 균일한 영역이나, 색상이 일정한 비율(기울기)로 변하는 동질 영역(homogeneous region)을 많이 가진다. 본 논문에서는 이러한 만화 영상의 특징을 고려해서 기울기를 가지는 영상에서 보다 향상된 압축률을 가지는 알고리즘을 제안하였다. 점진전송이 가능한 GIF와 PNG를 비교 대상으로 하여 제안된 알고리즘의 성능을 평가 하였으며 두 방식보다 좋은 압축률을 보여 주었다. 그리고 이미지 전송의 초기에 전송된 데이터로 전체적인 영상의 윤곽을 희미하게나마 보여주고 레벨이 증가함에 따라 전체 영상이 또렷해지는 쿼드트리 전송 방식이 스캔 라인을 따라 화소를 채워 가면서 전송하는 PNG나 GIF보다 데이터의 전송 초기에 이미지의 윤곽을 더 빨리 판단 할 수 있었다.

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 Display of Binary Objects for Efficient Network Browsing," Journal of Visual Communication and Image Representation, vol. 9, no. 4, pp. 271-286, 1998.
- [3] Part3 of the JHPEG Standard ITU-T Recommendation T.84 of ISO/IEC 10913-8
- [4] W.B. Penmaker and J.L. Mitchell, "JPEG: Still Image Data Compression Standard", Van Nostrand Reinhold, New York, NY, 1993.
- [5] Chen chunling, Wang shaodi and Shan bingzhe, "A Fractal Image Coding Based on The Quadtree," Proceedings of ICSP, pp. 783-786, 1998.
- [6] Jason Knipe and Xiaobo Li, "On the Reconstruction of Quadtree Data," IEEE Transactions on Image Processing, vol. 7, no. 12, pp. 1653-1660, 1998.
- [7] Jung-Gen Wu and Kuo-Liang Chung, "A New Binary Image Representation : Logicodes," Journal of Visual Communication and Image Representation, vol. 8, no. 3, pp. 291-298, 1997.
- [8] Hon Wai Cheung and Gunther Schrack, "Progressive Image Transmission by Linear Quadtree Coding and Wavelet Transformation," Proceedings of the 1997 13th Conference on Digital Signal Processing, vol. 2, pp. 475-478, 1997.
- [9] Tsong-Wuu Lin, "Lossless Compression for Storing Similar Binary Images," International Journal of Imaging System and Technology, vol. 8, no. 1, 1999.

저 자 소 개



金 信 鎮(正會員)
 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>



李 鍾 燁(正會員)
 1999년 : 경북대학교 전자공학과 졸업(학사). 2001년 : 경북대학교 대학원 전자공학과(공학 석사). 2001년~현재 : 엠비캠 재직중. <관심분야 : 영상처리, 멀티미디어, 공장자동화, 리눅스>



金 榮 模(正會員)
 1980년 : 경북대학교(공학사-전자공학). 1983년 : 한국과학기술원(공학석사-전자공학). 1989년 : 한국과학기술원(공학박사-전자공학). 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, 영상처리>



高 光 植(正會員)
 1980년 : 경의 모래알처럼 많은북대학교(공학사-전자공학). 1983년 : 한국과학기술원(공학석사-전자공학). 1985년 : 경북대학교 전자공학과 전임강사. 1988년 : 경북대학교 전자공학과 조교수. 1993년 : 경북대학교 전자공학과 부교수. <관심분야 : 디지털시스템 설계, Statistical signal processing, Vision system, 병렬처리 컴퓨터>