

IJG JPEG 부호기의 구조와 작동

채 회 중^o · 이 호 석
호서대학교 컴퓨터공학과

The overall structure and operation of the IJG JPEG compressor

Hui Joong Chae^o · Ho Suk Lee
Dept. Of Computer Engineering, Hoseo University

요 약

본 논문은 IJG(Independent JPEG Group)의 JPEG 부호기의 처리 과정과 동작을 기술한다. IJG JPEG 부호기의 구조는 color conversion, downsampling, preprocessing 과정과 MCU 처리, FDCT, quantization, entropy encoding(sequential 혹은 progressive, huffman 혹은 arithmetic)의 실제적인 JPEG 압축 과정인 JPEG proper 로 구성된다. 또한 이러한 모듈들 외에 시스템 전체 controller, marker 생성기, 기억장소 관리, 에러 처리를 위한 모듈들을 포함하고 있다. 이에 본 논문에서는 IJG JPEG 부호기의 전체 시스템 구조 및 controller 와 주요 모듈간 인터페이스, 시스템에서 사용하는 주요 자료 구조에 대하여 분석하고자 한다.

1. 서 론

JPEG(Joint Picture Experts Group)은 full color 와 gray scale 이미지에 대한 압축 방법의 표준으로서, 사진과 같은 자연 정지 영상을 압축하기 위해 ISO/CCITT 에 의해 설계되었다[1][2].

IJG(Independent JPEG Group)는 ISO/CCITT 와는 별개의 독립적인 기관으로서 ISO/CCITT 의 표준안에 따라 JPEG codec 을 독자적으로 개발하였으며 현재 version v.6b 까지 발표되었다[1].

IJG JPEG 은 많은 산업체에서 이미 사용하고 있는 JFIF(JPEG File Interchange Format)권고안을 사용함으로써 JPEG 파일 포맷에 대한 사실상의 표준을 빠르게 확산시키기 위한 목적으로 개발되었다. 따라서 이러한 목적에 알맞도록 IJG JPEG 은 높은 이식성(portability)을 지닌 C 프로그래밍 언어를 사용하였으며, 다양한 시스템에서 컴파일이 가능하도록 system-independent 한 특징도 지니고 있다. 프로그램의 각 부분들은 고수준으로 모듈화가 되어 있으며 각각의 모듈에 대한 작성 방법도 규칙화된 일련의 방법을 따르고 있다. 이에 대한 대표적인 예로서, 각 모듈들은 거의 대부분이 start routine 으로부터 시작하며 마지막 부분은 initialization routine 으로 구성되어 있다. 그리고 프로그램의 가독성(readability)을 높이기 위하여 각 모듈에서 동일한 function 을 사용하고 있으며,

이를 function pointer 를 사용하여 접근함으로써 혼동이 없도록 하고 있다[1].

IJG JPEG 부호기의 주요 모듈로는 jcmaster.c, jcmaint.c, jcpjpeg.c, jccoeff.c 등이 있으며 이 밖에 FDCT 를 위한 모듈, color conversion 과 sampling 을 위한 모듈, huffman 코딩을 위한 모듈등이 있다.

IJG JPEG 부호기는 압축하기 위해 필요한 많은 정보를 가지고 있는 거대한 자료 구조를 사용하고 있으며, 각 모듈에서는 모듈간 처리 과정에서 필요한 별도의 자료 구조를 사용하고 있다.

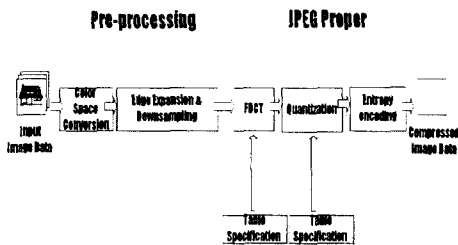
IJG JPEG 에서 지원할 수 있는 JPEG 파일에 대한 처리 기능으로는 baseline, extended-sequential, progressive 가 있으며, Adobe 사의 파일 포맷을 처리할 수 있는 기능도 가지고 있다.

IJG JPEG 에서 사용하고 있는 특징적인 개념으로는 MCU(Minimum Coded Unit)의 개념을 확장한 iMCU(interleaved MCU)와 rowgroup, context 가 있으며, 압축 과정에서는 Huffman optimization 을 위한 coefficient multiple scanning 과 downsampling, 그리고 다양한 방법의 DCT(Discrete Cosine Transform) 알고리즘등이 있다.

2. 전체 시스템 구조

IJG JPEG 부호기는 양분된 두 개의 주된 처리 영

역으로 나누어 살펴볼 수 있다. 입력된 이미지는 실제적인 압축 처리 과정에 들어가기 전에 JPEG 압축 처리를 위한 객체 할당 및 초기화, 압축된 데이터를 저장할 파일 및 파일의 위치 지정, 색차 변환, edge expansion, downsampling 등의 preprocessing 과정을 거친다. Preprocessing 과정을 거친 후에는 실제적인 압축 알고리즘을 사용하는 MCU assembly, FDCT(Forward Discrete Cosine Transform), quantization, entropy encoding(sequential 혹은 progressive, Huffman 혹은 arithmetic)의 JPEG proper 과정을 수행한다. (그림 1)은 IJG JPEG 부호기의 전체적인 시스템 구조를 나타낸다.



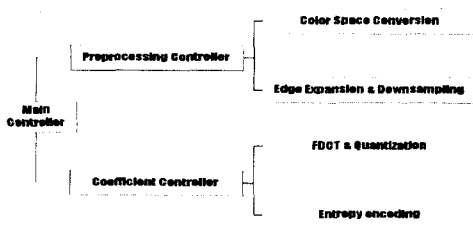
(그림 1) IJG JPEG 부호기 시스템 구조도

Preprocessing 과 JPEG proper 처리 과정외에 가장 핵심 모듈인 JPEG 처리 과정 전체를 제어하는 controllers 와 marker 생성기, 메모리 관리, 에러 제어의 추가적인 부분으로서 구성되어 있다.

3. 주요 모듈

3.1 Controller

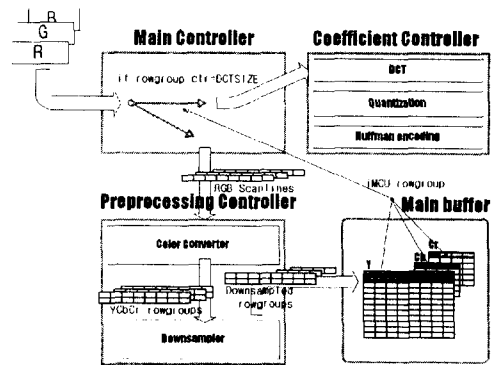
Controller 는 master controller 와 buffer controller 로 구분할 수 있다. Master controller 는 parameter 의 선택, 초기화, inter-pass control 을 한다. Buffer controller 는 main buffer controller, preprocessing buffer controller, coefficient buffer controller 로 구성되어 있다. (그림 2) 는 IJG JPEG 부호기의 controller 구성을 나타낸다.



(그림 2) IJG JPEG 부호기의 controller 구성

Main controller 는 입력된 이미지의 RGB scanline 을 이미지의 폭 만큼씩 잘라서 preprocessing controller 에 보낸다. Preprocessing controller 는 main controller 로부터 받은 RGB scanline 에 대해 color conversion 과 downsampling 을 한다.

Main buffer 는 preprocessor 와 JPEG proper 과정사이에 위치하며, preprocessor 에 의하여 처리된 data 가 iMCU row 단위로 저장되어 있다. iMCU 는 MCU 가 입력 이미지의 폭 만큼 연결되어 있는 것을 말한다. iMCU row 는 DCTSIZE 만큼 되었을때 main controller 는 coefficient controller 를 호출함으로써 JPEG proper 과정인 FDCT 와 quantization, Huffman encoding 의 과정을 수행하게 된다. (그림 3)은 각 controller 와 buffer 의 동작을 나타낸다.



(그림 3) 각 controller 와 buffer 의 동작

3.2 Colorspace Conversion

IJG JPEG 부호기에서의 color conversion 은 입력 이미지에 대한 scanline 의 RGB 값으로부터 YCbCr 값으로의 변환을 의미한다. Preprocessing controller 에 의해 입력 이미지의 폭을 길이로 갖는 pixel scanline 의 수 만큼 호출되는 color converter 는 아래의 (수식 1) 과 같은 변환식을 이용하여 scanline 단위로 처리한다.

$$Y = 0.29900 * R + 0.58700 * G + 0.11400 * B$$

$$Cb = -0.16874 * R - 0.33126 * G + 0.50000 * B + CENTERJSAMPLE$$

$$Cr = 0.50000 * R - 0.41869 * G - 0.08131 * B + CENTERJSAMPLE$$

(수식 1) IJG JPEG 의 색차 변환 공식

3.3 Downsampling

Downsampling 의 원리는 인간의 눈이 휘도(Y)의 변화에는 민감한 반면에, 색차(Cb,Cr) 신호의 변화에는 그보다 덜 민감하게 반응하는 성질을 이용한 압축 알고리즘이다. 시각에 민감한 성질을 갖는 이미지 데이터의 휘도(Y) 신호는 그대로 사용하며, 민감하지 않은 색차(Cb, Cr) 신호 값은 원래의 이미지 데이터 양의 반으로 줄이는 방법이다[4].

IJG JPEG downsampling 처리 과정은 색차 변환 처리된 rowgroup 단위로 처리된다. Rowgroup 은 preprocessing controller 에서 downsampler 모듈을 호출함으로서 수행된다. Color conversion routine 이 두 번 호출되어 수행될 때 downsampling routine 은 한 번 호출되어 수행된다. 그 이유는 (그림 3)에서 보는 바와 같이 각 콤포넌트마다 YCbCr rowgroup 을 두 개씩 쌍을 이루어 처리되기 때문이다. Downsampler 의 입력 데이터인 YCbCr rowgroup 들은 처리후에는 휘도(Y) 값은 두 개의 rowgroup 을 그대로 가지고 있지만 색차(Cb, Cr) 신호 값은 반으로 줄여든 한 개의 rowgroup 이 만들어진다.

3.4 FDCT

DCT 는 영상 압축을 위한 효과적인 코딩 기술인데 이를 이용하면 영상을 공간영역에서 주파수 영역으로 변환할 수 있으며, 영상 데이터는 변화가 적으므로 낮은 주파수, 특히 0 주파수(DC)성분이 큰 값을 가지게 되고 높은 주파수 성분은 상대적으로 낮은 값을 갖게 되므로서, 대부분의 정보가 낮은 주파수 쪽으로 몰리게 되어 quantization 과정을 적절히 거치면 높은 압축율로 우수한 화질의 압축 이미지를 얻을 수 있다[1][3][4].

IJG JPEG 부호기는 다양한 FDCT 방법을 사용하고 있다. 그 종류로는 처리 속도면에서는 다소 뒤떨어지지만 결과값이 매우 정확한 integer 를 사용하는 방법과 그 반대로 속도면에서는 매우 빠르지만 정확성이 조금 떨어지는 integer 사용 방법, 그리고 floating-point 연산을 사용하는 FDCT 방법이 사용되고 있다. 각각의 2-D FDCT 방법은 각 열에 대한 1-D FDCT 처리를 먼저 수행하고 그 다음에 각 행에 대한 1-D FDCT 처리를 수행한다. 여러 가지 DCT 방법 중에서 기본이라 할 수 있는. 처리 속도는 느리지만 계산을 정확하게 하는(slow-but-accurate) integer 를 사용하는 알고리즘은 C. Loeffler, A. Ligtenberg, G. Moschytz 의 'Practical Fast 1-D DCT algorithm'에 그 기반을 두고 있다[1]. 이 알고리즘에서의 연산 횟수는 11 번의 곱셈과 29 번의 덧셈만으로 1-D DCT 를 수

행할 수 있다. (수식 2)는 1-D FDCT(Forward DCT)에 대한 공식이다[3][4].

$$S(u) = \frac{C(u)}{2} \sum_{x=0}^{2} s(x) \cos[(2x+1)u\pi/16]$$

$$\text{where, } C(u) = 1/\sqrt{2} \quad \text{for } u=0$$

$$C(u) = 1 \quad \text{for } u>0$$

$$s(x) = 1 - D \quad \text{sample value}$$

$$S(u) = 1 - D \quad \text{DCT coefficient}$$

(수식 2) 1-D FDCT 공식

4. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 IJG JPEG 의 압축 과정을 통해 JPEG 압축 과정에서 사용되는 여러 알고리즘과 IJG JPEG 의 주요 특징을 분석 하였다. IJG JPEG 은 ISO/CCIT 의 표준에 따라 제작되었으며, 이식성이 높은 C 프로그래밍 언어를 사용하여 여러 종류의 시스템에서 컴파일 가능하도록 개발되었다. 또한 각 모듈들은 높은 수준으로 모듈화가 되어 있으며 각 모듈내의 일련의 규칙적인 순서로 코딩된 루틴들과 동일한 함수의 사용은 프로그램의 가독성을 높여주고 있다. 현재 IJG JPEG 에서 지원할 수 있는 ISO JPEG 표준은 baseline, extended-sequential, progressive 이며, hierarchical, loseless, arithmetic entropy encoding 은 지원하지 않는다.

향후 분석 과제로는 IJG JPEG 에서 지원할 수 있는 progressive JPEG 방법과 Huffman optimization 부분이다.

참고문헌

- [1] Thomas G. Lane, 'IJG(Independent JPEG Group)'s JPEG Library: Version 6a', *Independent JPEG Group*, 1996.
- [2] CCITT Recommendation T.81: PART 1 "Information Technology: Digital Compression and Coding Of Continuous-Tone Still Images: Requirements and Guidelines", *ITU(International Telecommunication Union)*, 1993.
- [3] Gregory K. Wallace, 'The JPEG Still Picture Compression Standard', *Communication Of the ACM*, Vol. 34 No. 4, pp. 30-44, April 1991.
- [4] William B. Pennebaker and Joan L. Mitchell, "JPEG Still Image Data Compression Standard", *Van Nostrand Reinhold*, 1993.
- [5] Rao K.R., and Yip P. "Discrete Cosine Transform: Algorithms, Advantages, Applications.", *Academic Press, Inc. London*, 1990.