

TMS320C80에서의 subband decomposition을 이용한 image coding

이 원희, 정 진현*

광운대학교 제어과 자동화 시스템 연구실

[Abstract]

In this paper, a realization of a subband coding with TMS320C80 is studied. TMS320C80 is a multi-media processor specially designed for an image process. A main topic of this paper, as mentioned above, is an application of TMS320C80 to subband coding. Subband coding is the coding that divides full image to several subbands and encodes each subband with different coding methods. As using that methods, good image compression can be obtained. First above all, goal of this paper deals with TMS320C80 in coding still image and uses it in expanding it's application to 3-D video coding .

keywords Subband , decomposition , TMS320C80

1. 서 론

Image compression 방법에는 여러 가지 종류가 존재한다. 각각의 compression 방법은 image source output의 특성에 따라 달리 적용됨으로써 큰 압축 효율을 얻을 수 있다. 예를 들어, vector quantization은 source의 block들이 높게 clustering화 되어 있을 경우 큰 효과를 얻을 수 있고, different encoding은 sample대 sample의 차이가 적을 때 더욱 효과적이다. 그리고 또 source output이 random하면, scalar quantization나 lattice vector quantization이 적합하다. 이 중 subband coding은 speech data compression에서도 자주 쓰이는 것으로 input image를 주파수성분에 따라 여러 가지 대역의 각 subbands들로 나누고 각 subbands에 대해서 encoding-decoding함으로써 압축 효과를 얻는 방법이다. 이는 다른 주파수 성분의 서로 다른 특성을 고려하여 각 subbands를 다르게 coding함으로써 가능하다. 이때 중요한 것은 바로 각 subbands로 나누기 위한 filtering 기술의 문제이다. 또 2차원의 coding 뿐만 아니라, 3차원 즉 시간 축까지 filtering하여 subband별로 coding하면 video coding에도 적용될 수 있다. 본 논문에서는 무엇보다도 이 subband coding을 수행함에 있어 multi-media processor인 TMS320C80을 이용한다는 것이다. TMS320C80은 image와 video를 위해 설계된 DSP chip이다. 이를 사용하여 image coding을 함으로써 다양한 응용으로의 접근을 시도한다.

2. 본 론

본 논문에서의 subband coding에 쓰여진 filter, encoder와 TMS320C80에 대한 설명과 전체 구성, 그리고 coding 결과를 살펴본다.

2.1 Subband coding

Subband coding에서 image는 먼저 각각 제한된 공간 주파수 범위를 갖는 subimage들을 얻어내기 위해 filtering 한다. 바로 이 subimage들을 subbands라고 한다. 이 subbands는 downsampling된 결과로 원래의 full band 이미지에 비해 그 band width가 줄어든 것이다. filtering과 subsampling 단계를 analysis 단계라고 한다. 일단 filtering으로 subbands들을 얻어내면 다른 coder들을 이용하여 encoding한다. 각 subband에 각각 다른 bit-rate나 다른 coding 기술을 사용할 수 있다. 복원 단계에서는 encoding의 역으로 얻어낸다. 이 단계를 synthesis 단계라고 한다. 이러한 접근 방법의 동기는 원 이미지보다 subbands들로 나누어 coding함으로써 원 이미지를 더 효과적으로 encoding 할 수 있기 때문이다. 그림 1은 일반적인 subband coding system의 block diagram을 나타낸다.

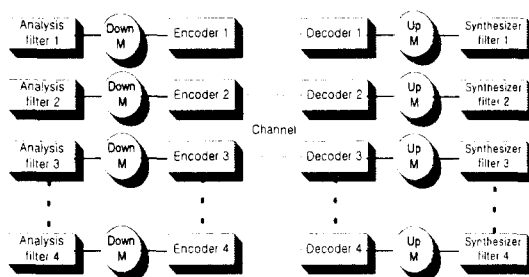


그림 1. Subband coding system의 encoding과 decoding

2.2 Filtering

2-D filtering에 대해서 알아보기 전에 1-D신호에 대해서 알아보자. 본 논문에서는 quadrature mirror filter(QMF)가 사용된다. 이 filter는 coding error없이 alias없는 복원을 가능하게 해 준다. QMF의 주파수 응답을 보면 overlapping으로 aliasing이 발생하지만 복원 시 synthesizer filter가 이 alias를 정확히 없애 줄 수 있도록 설계함으로써 overlapping된 analysis

filter의 사용이 가능한 것이다. filtering을 거치고 factor 2에 의해 downsampling후에 output은

$$Y_1(z) = \frac{1}{2} [H_1(z^{\frac{1}{2}}) \cdot X(z^{\frac{1}{2}}) + H_1(-z^{\frac{1}{2}}) \cdot X(-z^{\frac{1}{2}})] \quad (1)$$

$$Y_2(z) = \frac{1}{2} [H_2(z^{\frac{1}{2}}) \cdot X(z^{\frac{1}{2}}) + H_2(-z^{\frac{1}{2}}) \cdot X(-z^{\frac{1}{2}})] \quad (2)$$

여기서 $Y_1(z)$ 는 low frequency 부분을 $Y_2(z)$ 는 high frequency 부분을 나타낸다. 그리고, upsampling후의 복원 신호는

$$\hat{X}(z) = \hat{Y}_1(z) \cdot G_1(z) + \hat{Y}_2(z) \cdot G_2(z) \quad (3)$$

여기서, $X(z)$ 는 입력 이미지, $H(z)$ 는 그 impulse response이다. 식(3)은 다음과 같이 간단히 표현 될 수 있다.

$$\hat{X}(z) = \frac{1}{2} [H_1(z) \cdot G_1(z) + H_2(z) \cdot G_2(z)] \cdot X(z) + \frac{1}{2} [H_1(-z) \cdot G_1(z) + H_2(-z) \cdot G_2(z)] \cdot X(-z) \quad (4)$$

여기서 $G_1(z)$ 와 $G_2(z)$ 는 각각 다음과 같이 된다.

$$\begin{aligned} G_1(z) &= 2H_1(z) \\ G_2(z) &= -2H_2(z) \end{aligned} \quad (5)$$

이제 위의 filter를 2-D 신호에 확장하면, separable filter로써의 2-D QMF가 필요하다. 1-D filter를 먼저 한 dimension에 적용하고 그런 다음 다른 dimension에 적용하는 방법과 2-D filter를 직접 사용하는 방법이 있다. 그러나 계산 시간이나 복잡성을 고려하여 앞의 filter를 사용하였다. 본 논문에서는 MP에서의 연산을 고려하여 8-tap filter를 구성한다. 이런 과정을 거치면 $N \times N$ 이미지는 첫 번째 단계에서 $N \times \frac{N}{2}$ 이미지로 다음 단계에서 $\frac{N}{2} \times \frac{N}{2}$ 크기의 이미지 4개가 얻어진다. 위와 같은 방법으로 band를 더 확장 해 나갈 수 있다. 여기서 대부분의 정보는 low band인 L-L에 존재하게 된다. 각 subband를 더 작은 subbands로 나누어 원 이미지가 원하는 subband로 나누어지게 되면 각 band에 적합한 coding 방법을 적용하여 coding 한 다음 decoder측으로 전송하면 된다. 많이 사용되는 방법으로는 low frequency subband에는 DPCM방법이 high frequency subband에는 PCM이나 VQ방법이 있다. 보통의 subband coding이라 함은 이 방법들을 포함한다.

2.3 TMS320C80에의 적용

본 논문에서 사용한 TMS320C80 PCI-Bus Board는 하나의 MP(Master Processor)라 불리는 floating-point RISC unit과 4개의 PP(Parallel Processor)라 불리는 integer DSP와 다양한 controller, 여러가지 interface를 가지고 있다. 여기에서는 Master processor만을 이용한다. 전체적 개요를 보면 다음과 같다. CCTV camera로의 입력을 이용하여 위의 subband coding을 적용한다. TMS320C80의 전체 블록도를 보면 그림 3과 같다. Video 입력으로부터 들어온 신호는 RAMDAC을 통해 NTSC신호로 직접 나가거나 밀의 PCI Bus를 통해서 나

가게 되고 RAMDAC에 있는 입력 신호를 추출해 subband coding 하고 그 결과를 PC의 모니터에서 확인 할 수 있도록 한다. 원 이미지를 각 subband들로 나누어 coding할 때의 압축율, 계산, 복잡성 등을 비교 검토한다. 그리고, 나아가 subband를 이용한 video coding을 제안한다.

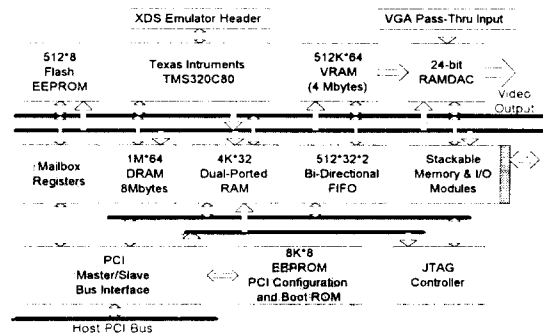


그림 2. TMS320C80의 Block Diagram

3. 결과

3.1 실험 고찰

PC에서 256×256 lena image를 가지고 각각의 band로 나누어 각 band에 원하는 coding한 결과를 TMS320C80에 적용한다. 그림 3은 TMS320C80에서 CCTV camera를 이용하여 얻어낸 입력 이미지의 4 band로 나눈 160×120 크기를 갖는 4개의 subband를 나타낸다.

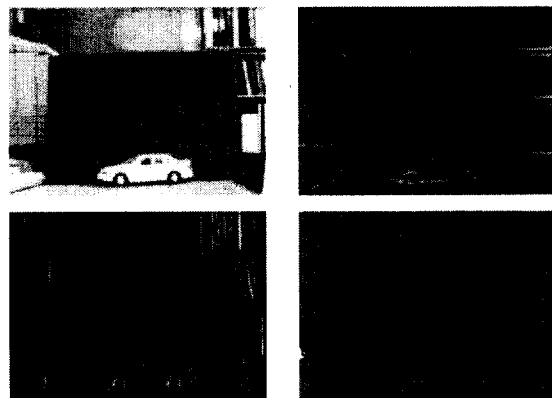


그림 3. 그림 5의 subband 이미지

그림 3은 입력 이미지를 4개의 subband로 나눈 결과로 PC에서 실험한 결과와 동일한 결과를 얻었다. low subband 영역과 high subband 영역을 나누어 coding 하면 압축 효율이 좋아지지만 계산량이 많아진다. TMS320C80에서 구현하는데 복잡성과 계산속도를 고려하여 subband에 lossless coding 방법인 DPCM방법을 사용한 결과와 lossy coding인 VQ coding 방법을 적용한다. 이때 각각 entropy와 bpp(bit per pixel)값을 비교하여 위치럼 subband로 나누어 코딩 하는 것이 더 효과적임을 알아 본다. 우선 각 band에 DPCM방법을 사용 했을때를

비교 하여 보자. 이 방법에서 DPCM의 predictor는 3차 global predictor을 사용하였다. lossless 방법은 주로 entropy coding에 의해 이루어 지므로 여기서는 entropy 를 이용하여 비교하도록 한다.

	Each subband	Subband에 DPCM적용
Subband11	6.44675	3.71870
Subband12	3.30792	3.11764
Subband21	3.32817	3.11300
Subband22	2.28655	2.71782
Average	3.84234	3.16679

표 1. 각 subband에 따른 entropy

위에서 볼 수 있듯이 각 subband 로 나누면 low subband를 제외하고는 그 entropy 가 줄어든다. 이부분에 원 영상 대부분의 정보가 존재 하기 때문이다. 그리고 각 subband에 DPCM을 사용하면 그 entropy값이 subband로만 나누었을 때보다 더 작아 짐을 볼 수 있다. 그리고 그림 4는 DPCM 방법을 이용하여 coding 하고 이로부터 역 filtering과정을 거쳐 복원해 낸 이미지와 원 이미지와의 차이를 보여주는 이미지를 나타낸다.

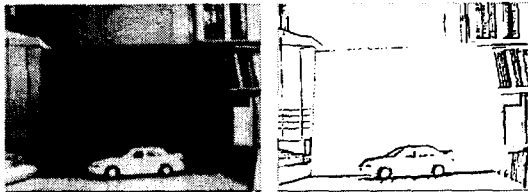


그림 4. 각 subband 로부터 복원해 낸 이미지와 원 이미지와의 차이

다음으로 각 band에 Vector quantization을 사용 했을 때의 경우를 알아보자. Vector quantization table은 임의의 160×120 이미지들로 부터 code book 크기는 64~4096까지 각각의 비트율에 맞도록 만들었다. 그리고 그림 5,6은 각 codebook을 이용하여 vector quantization하고 그 band 들로부터 역 filtering을 거쳐 복원해 낸 이미지와 각 비트율에서의 PSNR 값을 보여 준다. 여기서 PSNR값은 신호 대 잡음비를 나타내는 것으로 식 (6)과 같이 정의 된다.

$$PSNR = 10 \log_{10} (255^2 / MSE) \text{ dB} \quad (6)$$

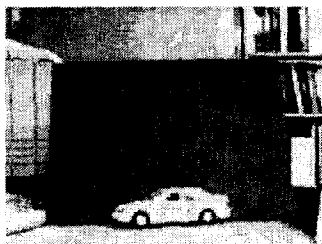


그림 5. VQ를 이용하여 coding하고 복원한 이미지 (bpp = 0.375 ,PSNR = 28.86769)

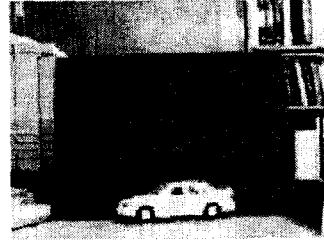


그림 6. VQ를 이용하여 coding하고 복원한 이미지 (bpp = 0.585 , PSNR = 32.43330)

지금까지 이미지를 subband로 나누어 코딩하는 것이 적은 비트율로 효과적으로 이미지를 표현 할 수 있음을 보았다. 이제부터 본 논문에서는 위의 subband구조를 간단한 방법으로 3차원으로 확장 시켜 sequence coding에 적용한다. 이를 앞에서의 2-D subband 구조를 3차원으로 확장 시키면 그림 7과 같이 구성할 수 있다.

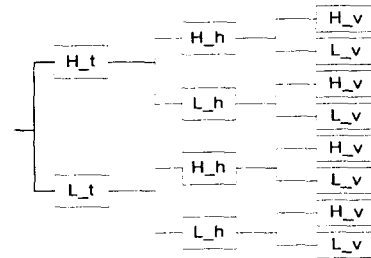


그림 7 . 3-D subband 구조

그림 7은 이미지 sequence 2 frame으로 구성된 것이고 각각의 첨자는 time, horizontal, vertical 방향을 나타낸다. 그림1과 같은 pyramid 구조의 band를 갖는다. encoder쪽에서는 이 2 frame의 subband를 coder를 이용하여 coding 하고 decoder쪽에 전송하여 준다. Decoder쪽에서는 이 정보를 이용하여 이미지를 복원 해 낸다. 보통 video coding에는 움직임 벡터를 추정하여 decoder쪽에서는 이 정보를 이용하여 이미지를 복원 해 낸다. 그러나, BMA와 같은 방법은 block화 현상이 나타날 수 있는데 위의 방법을 이용하면 이 현상을 피할수 있고 band별로 coding을 하기 때문에 저비트율로 전송이 가능하다. 또 한가지 특징은 움직임을 찾기 위한 추가적인 연산이 필요하지 않다는 것이다. 비교를 위하여 mobile & calendar 이미지와 garden 이미지를 test image로 하여 실험하였다. 각 각 2 frame의 계산에 의해 복원된 2번째 frame의 이미지를 대상으로 다음의 결과를 얻었다.



그림 8. BMA로 복원한 2번째 frame



그림 9 . 3-D subband system으로 부터 복원한 2번째 frame

그림 8와 9에서 볼 수 있듯이 subband를 이용한 방법은 이미지가 약간 smooth해지는 경향이 있지만 블록화 현상이 없고 특히, 그림 10와 11에서 볼 수 있듯이 첫번째 frame에서 없던 부분이 두번째 frame에 나타났을때 이를 더 정확히 표현 할 수 있다. 표 2는 이 실험 결과의 PSNR의 변화값을 나타낸다.

	Mobile&calrndar	Garden
BMA	18.8765	20.7535
3-D subband	20.16572	21.30663

표 2. BMA와 3-D subband coding에 의한 PSNR 값

3.2 결론

본 논문에서는 1차 QMF filter를 이용한 subband coding을 TMS320C80에 적용하여 보았는데, full image를 각각의 주파수 영역으로 나누어 다른 방법과 조합하여 coding함으로써 압축효과를 거둘 수 있음을 보았다. 즉 원 영상을 각 subband로 decomposition하고 다른 영상 코딩 방법을 부과 함으로써 효과적으로 영상을 표현 할 수 있음을 보았다. 위와 같이 각 subband로 나누어 코딩 함으로써 효과적인 coding을 할 수 있을 뿐 아니라 multi-resolution coding이나 multi-rate coding, hierarchical coding과 같은 다른 응용에도 쉽게 이용 될 수 있다. 또 위의 coding을 TMS320C80을 이용하여 실현 하였는데 이는 기존에 다른 processor를 이용하여 입력 이미지를 처리하던 것보다 훨씬 빠른 효과를 기대 할 수 있다.

4. 추후 과제

본 논문에서의 coding 방법을 적용할 때 압축면에서는 효과적임을 볼 수 있었으나 위에서 subband coding을 하는데 있어 1-D QMF filter를 이용하여 각각의 subband를 구하였는데, 각 subband의 filtering단계에서 convolution을 수행 할 때 shift되는 현상을 볼 수 있었다. 이런 문제점을 해결 하기 위해서 2-D filter를 설계해서 위의 subband coding을 실현 하면 더 좋은 효과가 기대 된다. 본 논문에서는 각 subbands에 일괄적인 coding을 적용하였는데 low band와 high band에 각각의 특성

에 맞는 coding을 사용함으로써 더 효과적인 coding을 얻어낼 수 있다. 또 TMS320C80을 이용하는데 있어 본 논문에서는 Master processor 만을 이용하였는데 이외에 4개의 Parallel processor를 이용하면 더 빠르고 효과적인 coding이 기대 된다.

[참 고 문 헌]

- [1] Majid Rabbani&Paul W.jones, "Digital Image Compression Techniques" .Eastman Kodak Company
- [2] P.P.Vaidyanathan, "Quadrature mirror filter banks,M-band extensions and perfect-reconstruction techniques." IEEE ASSP Magazine, 4(3).4-20(1987).
- [3] C.R. Galand and H.J.Nussbaumer, "New quadrature mirror filter structure." IEEE Trans Acous., Speech, Signal Proc., ASSP-32(3),522-530(1984).
- [4] Khalid Sayood. "Introduction to Data compression". Morgan Kaufmann Publis- hers, Inc., California
- [5] J.W.Woods and S.D.O'Neil, "Subband coding of image." IEEE Trans.Acous. Speech Signal Processing. ASSP -34(5), 1278-1288(1986).
- [6] Gonzalez&Woods. "Digital Image Processing", Addison- Wesley Publishing Co- mpany
- [7] P.H.Westerink, D.E.Boekee, J.Biemond, and J.W.Woods, "Sub -band coding of images using vector quantization," IEEE Trans.Commun., COM-36(6), 713-719(1988)
- [8] "TMS320C80(MVP) User's Guide" . Texas Instruments, 1995.