

# 객체지향 영상압축에 있어서 윤곽선에 대한 새로운 변환 부호화

正會員 민 병 석\*, 정 제 창\*, 최 병 욱\*

## A New Transform Coding for Contours in Object-based Image Compression

Byongseok Min\*, Jechang Jeong\*, Byunguk Choi\* *Regular Members*

※본 연구는 한국통신 멀티미디어 연구소의 정보통신 기초연구비 지원에 의하여 수행되었음.

### 요 약

내용 기반 부호화에서는 장면내의 객체를 독립된 단위로 부호화를 수행하므로, 객체의 모양, 질감, 움직임 등의 정보가 중요한 부호화 대상이 된다. 특히, 객체의 모양 정보를 나타내는 윤곽선은 전체 정보량의 큰 부분을 차지 하면서 주관적 화질에 커다란 영향을 끼치므로 부호화시 심각한 왜곡이 발생하지 않도록 해야한다. 본 논문에서는 윤곽선 부호화를 위해 윤곽선 다각근사화와 이때 발생하는 오차신호를 보상하기 위해 이를 변환 부호화하는 방법을 제안한다. 제안하는 방법에서는, 윤곽선의 다각근사화시 발생하는 윤곽선의 단편들이 완만한 곡선의 형태를 갖고 오차신호의 양 끝점이 0이라는 특징을 고려해서, 르장드르 다항식에 기반한 새로운 기저를 설계해서 오차신호를 변환한다. 제안한 방법은, 원, 타원 등의 합성영상에 적용했을 경우 이산 여현 변환, 이산 정현 변환 등에 비해 변환부호화 이득면에서 전반적으로 우수한 결과를 얻었고, 자연 영상에 적용했을 경우에도 이산 여현보다 우수한 결과를 얻었으며, 이산 정현 변환과 대등한 결과를 얻었다.

### ABSTRACT

In the content-based image coding, where each object in the scene is encoded independently, the shape, texture and motion information are very important factors. Though the contours representing the shape of an object occupy a great amount of data in proportion to the whole information, they strongly affect the subjective image quality. Therefore, the distortion of contour coding has to be minimized as much as possible. In this paper, we propose a new method for the contour coding in which the contours are approximated to polygon and the error signal occurring from polygonal approximation are transformed with new basis functions. Considering the facts that contour segments occurring from polygonal approximation are smooth curves and error signals have two zero-ending

\*한양대학교 전자통신공학과  
論文番號:97161-0509  
接受日字:1997年 5月 9日

points, we design new basis functions based on the Legendre polynomial and then transform the error signals with them. When applied to synthetic images such as circles, ellipses and etc., the proposed method provides, in overall, outstanding results in respect to the transform coding gain compared with DCT and DST. And in the case when applied to natural images, the proposed method gives better image quality over DCT and comparable results with DST.

## I. 서 론

최근 이동통신, 초고속 통신망 등 유무선을 연계하는 통신망의 발달과 멀티미디어형 단말기의 개발로 영상 정보의 통신이 주목을 받고 있으며, 대용량의 영상 정보를 효율적으로 처리하기 위해 MPEG-1과 MPEG-2 등의 표준이 제정되어 사용되고 있다. 이와 같은 기존의 영상 부호화 방식은 화소 블록을 기본 처리 단위로 비디오 CD, DVD(Digital Versatile Disc) 등의 컴퓨터 멀티미디어 서비스, DBS(Direct Broadcasting via Satellite), CATV와 HDTV 등의 영상 전송 분야를 위한 부호화를 지향하고 있다[1, 2]. 그러나, 초저속(low bit rate) 영상 통신, 멀티미디어 데이터 베이스와 양방향 멀티미디어 서비스 등 차세대 영상 부호화의 중요한 응용 분야에서는, 효율적인 영상 압축 뿐만 아니라 양방향 정보의 처리(interactivity)를 위해 장면(scene)내의 객체를 독립적으로 표현하거나 액세스(access)를 필요로 하고 있다. 이러한 경우, 블록 변환 기반의 영상 부호화 방식을 적용하면 낮은 압축율에서 블로킹(blocking) 현상이 나타나고 흐려진(blurred) 영상을 복호함으로써, 객체의 윤곽선(contour)과 질감(texture) 등의 특징을 잘 표현하지 못하고, 객체에 대한 구조적 정보를 구성하기 어렵다. 또한, 특정 객체에 대한 양방향 처리가 필요한 경우, 기존의 방식으로 부호화된 데이터 열(data sequence) 내에서 독립적인 객체에 대한 정보의 추출이 곤란하다. 따라서, 낮은 압축율을 목표로 하고 객체의 형태 및 구조적인 성질의 보전하면서 독립된 객체 정보를 부호화하기 위해서는 내용 기반 부호화가 바람직하다[4, 5]. 영상의 부호화를 위한 내용 기반 부호화 방식에서 장면내의 객체를 표현할 때, 객체의 모양을 구성하는 윤곽선, 색상, 영역의 질감과 움직임(motion) 등의 정보가 필수적이다. 그러나, 윤곽선 정보는 부호화시 색상과 질감 정보에 비해 발생하는 비트량이 많은 반면 주관적 화질에 커다란 영향을 끼치므로 초저속 동영

상 부호화시 중요한 문제로 연구되고 있다[6, 7].

일반적으로 윤곽선 부호화를 위해서 사용되는 방법에는 크게 무손실 부호화(lossless coding)와 손실 부호화(lossy coding) 방식이 있다[8, 9]. 손실 부호화 방식의 대표적인 방법으로는 체인 코드(chain code)가 널리 사용되고 있지만, 제한된 조건하에서 실험된 결과에 의하면 윤곽선 화소당 최소 엔트로피가 1.2 비트를 필요로 하고 있어[8], 초저속 전송시 색상, 질감과 움직임 정보를 희생해야 하는 단점이 있다. 손실 부호화 방식은 푸리에 급수(Fourier series)를 이용한 방법, 다각근사화(polygonal approximation), 스플라인(spline) 부호화 등이 사용되고 있으나 낮은 비트율에서 모양의 기하학적 심각한 왜곡을 초래한다[9, 10]. 벡터 양자화 방법은 낮은 비트율을 위해 적용될 수 있으나 코드북을 저장하기 위한 기억 장치가 필요하고, 코드북의 성능을 개선하기 위해 적응적인 방법을 사용하면 코드북 갱신에 따른 부가적인 처리가 필요하다[12].

본 논문에서는 윤곽선의 효율적인 부호화를 위해 다각근사화를 수행하고 이때 발생하는 윤곽선과 근사화된 직선간의 오차신호에 대한 변환부호화를 수행함으로써 정보량을 감축하는 방식을 제안한다. 첫 번째 단계로, 윤곽선상에서 최대 거리를 갖는 꼭지점들을 탐색해서 다각근사화를 수행한다. 두 번째 단계로, 발생하는 실제 윤곽선과 근사화된 다각형 사이에서 발생하는 오차 신호를 다각형의 각 변을 따라 일차원 변환 부호화를 수행한다. 그림 1은 윤곽선 부호화의 전체적인 구성을 나타내고 있으며, 본 논문에서 제안하고자 하는 부분은 오차(reconstruction error)를 효율적으로 부호화하기 위한 새로운 기저를 갖는 변환이다. 인공적인 3차원 물체는 약 85%가 평면, 구, 원통과 원뿔 등 4개의 프리미티브(primitive)로 구성되어 있으므로[11], 합성된 영상내의 객체는 프리미티브의 2차원 영상 즉 직선, 원과 타원 등으로 나타난다. 따라서, 이러한 형태를 갖는 객체경우 윤곽선 부

호화를 위한 변환의 기저가 완전한 곡선의 형태를 갖는 것이 바람직하다. 기존의 변환으로는 입력신호의 통계적 특성에 의존하는 KLT(Karhunen-Loeve transform)가 있으나, 기저가 신호의 통계적 특성에 의존하므로 실용적이지 못하다. 그 밖에, 정현 함수(sinusoidal function)를 기저로 하는 푸리에 변환, 이산 여현 변환 등이 있지만, 윤곽선과 다각근사화된 신호간의 오차신호가 양 끝점에서 0이라는 중요한 특징을 이용하지 못하고 있다. 그리고, 첫 번째 기저인 직선 성분은 다각근사화에서 포함하고 있으므로, 불필요하게 사용되어 정보량을 증가시키는 단점이 있다. 따라서, 본 논문에서는 이러한 특징을 잘 반영하기 위해서 르장드르 다항식을 기반으로 하는 새로운 정규 직교 기저를 설계해서 변환 부호화하는 방식을 제안한다. 일반적으로 신호의 압축을 위한 정규 직교 변환은 변환된 계수의 에너지 집중도를 의미하는 변환 부호화 이득(transform coding gain)[13]이라는 기준으로 비교 평가한다. 이것을 기준으로 제안하는 변환을 적용했을 때, 원과 타원 등의 인공적인 영상에서는 이산 여현 변환, 이산 정현 변환 등과 비교해볼 때 제안하는 방법이 전반적으로 우수한 결과를 나타내었고, 자연적인 영상에서는 이산 정현 변환과 대등한 결과를 나타내었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 입력 이진 영상의 윤곽선 다각근사화와 표본화에 대해 설명하고, 3장에서는 표본화된 표본값에 적용할 르장드르 다항식에 기반한 새로운 기저를 갖는 변환을 제안하며, 4장에서는 제안된 방법과 기존의 방법을 적용한 실험 결과에 대해 논의하며, 끝으로 제안한 방법에 대한 결론을 제시한다.

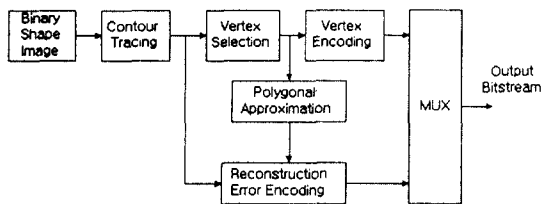


그림 1. 윤곽선 부호화 구성  
Fig. 1 Scheme of Contour Coding

## II. 윤곽선의 다각근사화와 표본화

윤곽선 부호화를 위해 본 논문에서 제안하는 방식을 그림 2에 나타내고 있다. 입력으로는 윤곽선 부호화의 전처리 단계인 영상 분할 및 객체 추출 과정의 출력으로서 객체의 모양 정보만을 갖는 이진 VOP 영상이다. MPEG-4의 이진 VOP는 0과 50의 계조도를 갖는 화소로 구성되어 있으며, 객체 외부의 화소값은 0이고 내부의 화소값은 50을 갖는다. 그러나, 본 논문의 실험에서는 편의상 계조도 50을 1로 전환해서 사용하였다. 그림 3은 MPEG-4의 실험 영상 중 하나인 QCIF(Quarter Common Intermediate Format)의 흑백 Akiyo 영상과 이진 VOP를 나타내고 있다.

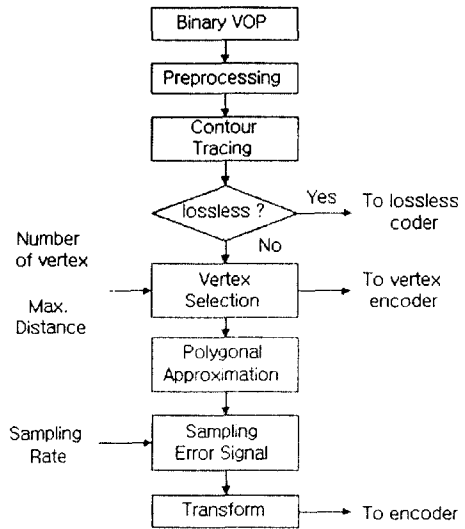


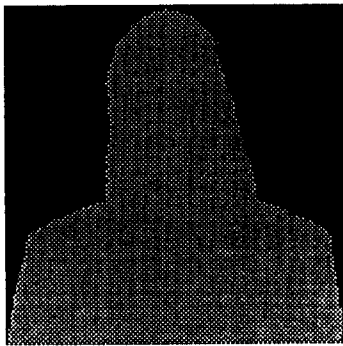
그림 2. 제안하는 방식의 흐름도  
Fig. 2. Scheme of proposed method

일반적으로 영상내의 객체를 분리하기 위해서는 자동적(automatic) 영상분할(segmentation), 반자동적 영상분할(semi-automatic), 인위적(hand-drawn) 영상분할, 촬영기법에 의한 영상분할 등을 통한 기법이 적용되는데[6], 이 과정에서 주관적 화질에 커다란 영향을 주지 않으면서 데이터량을 증가시키는 불필요한 정보가 포함된다. 이러한 필요없는 정보는 고된된 작은 영역과 작은 윤곽선 조각으로 이루어지며, 본 논문에서는 이러한 성분을 제거하기 위해 전처리 과

정(preprocessing)을 수행한다.



(a)



(b)

그림 3. (a) QCIF 크기의 Akiyo 영상과 이진 VOP  
Fig. 3. (a) QCIF Akiyo Image (b) Binary VOP of (a)

본 논문에서는 고립된 작은 영역을 제거하기 위해 입력 영상의 전체 화소를 상하좌우로 스캔(scan)하면서 그림 4의 방향성을 갖지 않는 3x3 마스크(mask)를 적용하였다. 마스크를 너무 크게 적용하면, 윤곽선의 일부가 손실되어 에지 연결의 처리가 다시 필요하게 된다. 마스크 연산 후에도 잔존하는 윤곽선 조각들은 다음의 윤곽선 추적 과정에서 제거되므로, 마스크의 크기는 3x3가 적절하였다. 한편, 입력영상의 가장자리(boundary)는 마스크 연산을 위해 객체 영역 정보가 아닌 0의 값으로 제로패딩(zero padding)을 적용해서 확장하였다. 처리하고자 하는 입력 영상의 화소를 마스크의 중앙에 위치시키고, 식(1)과 같이 입력영상과 마스크간의 곱하기 연산을 수행한 후, 9개의 결과

값을 합산한다. 중앙화소가 1일 때, 합산한 값이 문턱치(Threshold)보다 작으면 고립된 작은 영역으로 판단해서 화소값을 0으로 변경한다. 즉, 객체영역 외부(화소값 0)에서 객체영역 내부의 값(화소값 1)을 갖는 고립된 영역으로 판단해서 제거한다. 중앙화소가 1일 때, 문턱치 보다 크면 객체의 영역내 화소로 판단을 해서 변경없이 다음 화소로 진행한다. 또한, 중심화소의 값이 0일 때 합산한 값이 문턱치보다 크면, 고립된 작은 영역으로 판단해서 화소값을 1로 변경한다. 즉, 객체영역 내부(화소값 1)에서 객체영역 외부의 값(화소값 0)을 갖는 고립된 영역으로 판단해서 제거한다. 중앙화소가 1일 때, 합산한 값이 문턱치 보다 크면 객체의 영역내 화소로 판단을 해서 변경없이 다음 화소로 진행한다.

$$y(n, m) = \sum_{k=-1}^1 \sum_{l=-1}^1 x(n-k, m-l) \times w(k, l)$$

if  $x(n, m) = 1$  and  $\sum_{n=-1}^1 \sum_{m=-1}^1 y(n, m) < Threshold$ , then invert  $x(n, m)$

if  $x(n, m) = 0$  and  $\sum_{n=-1}^1 \sum_{m=-1}^1 y(n, m) \geq Threshold$ , then invert  $x(n, m)$

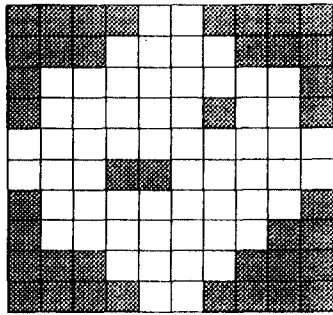
otherwise goto the next pixel

(1)

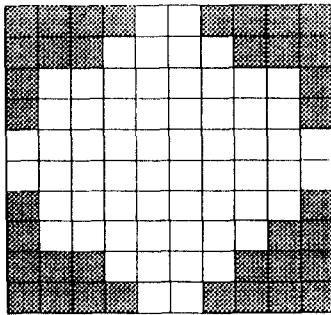
식(1)에서  $x(n, m)$ 은 입력영상이고  $w(n, m)$ 은 잡음제거를 위한 3x3 마스크이며  $y(n, m)$ 은 마스크 연산 결과이다. 그리고, *invert*  $x(n, m)$ 은 조건에 따라 화소값을 0에서 1로 또는 1에서 0로 반전하는 것을 의미한다.

1	1	1
1	1	1
1	1	1

그림 4. 고립된 영역의 제거를 위한 3x3 마스크  
Fig. 4. 3x3 Mask for removal of isolated region



(a)



(b)

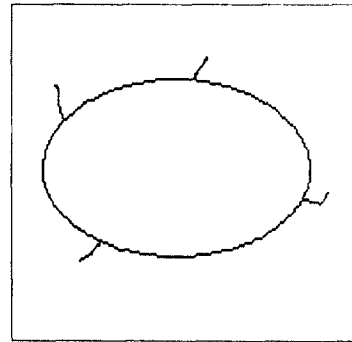
그림 5. 이진 VOP내의 고립된 영역 제거

- (a)잡음이 있는 이진 VOP
- (b)잡음이 제거된 이진 VOP

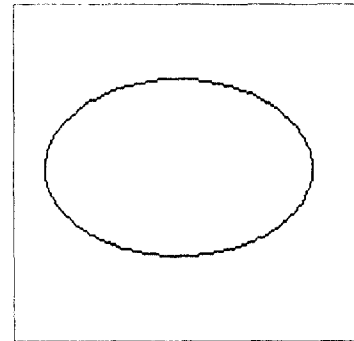
Fig. 5. Removal of isolated region in binary VOP

- (a) binary VOP with isolated region
- (b) binary VOP without isolated region

객체 영역 내의 고립된 영역을 제거한 후의 처리 과정으로 에지를 추적해서 윤곽선 정보를 추출한다. 전 단계의 처리에서 고립된 영역은 제거되었지만, 객체의 모양을 구성하는 윤곽선으로서 가치가 없는 윤곽선 가지(contour fragment)들이 포함되어 있으므로, 윤곽선 부호화를 위해서는 이러한 무의미한 정보를 제거해야 한다. 본 실험의 대상인 이진 VOP는 단일 객체의 영역으로 구성되어 있으므로, 단일 영역을 구성하지 않는 윤곽선 가지들은 제거하였다. 그림 6에서 이러한 과정을 나타내었다. 또한, 윤곽선을 추출하는 과정에서 에지를 추적하면서 8방향 체인 코드를 생성하므로, 무손실 압축이 필요한 경우 8방향 체인 코드를 부호화한다.



(a)



(b)

그림 6. 무의미한 윤곽선 가지 제거

- (a)무의미한 윤곽선 가지들
- (b)가지들이 제거된 윤곽선

Fig. 6. Removal of meaningless contour fragments

- (a) meaningless contour fragments
- (b) meaningful contour

객체의 모양을 구성하는 의미있는 윤곽선 정보를 추출하기 위한 전처리를 수행한 후, 다음 단계로 윤곽선의 다각근사화를 수행한다. 다각근사화 단계의 입력으로는 윤곽선 추적을 통한 윤곽선 위치 정보와 전체 부호의 발생 비트량과 화질을 조절하기 위한 오차신호의 문턱치와 꼭지점 개수를 받아들여 다음과 같은 단계로 수행된다.

1. 윤곽선 조각(contour segment)에서 윤곽선과 근사화된 다각형 변 간의 거리(오차 신호)에 대한 문턱치를 설정하고 꼭지점 개수의 최대치를 설정한다.
2. 열린 윤곽선(open contour)일 경우, 그림 7과 같이 초기 선분은 윤곽선의 양끝점을 연결한 선분  $AB$ 로

하고, 닫힌 윤곽선(closed contour)일 경우, 그림 8와 같이 윤곽선상의 최대 거리를 갖는 두 점을 연결한 선분  $AB$ 로 설정한다.

3. 다각형의 각 변을 이루는 선분으로부터 윤곽선상의 최대 거리를 갖는 점을 찾고, 이 때의 거리를 계산한다.

4. 단계 3에서 구한 값이 문턱치보다 크거나 꼭지점의 개수가 최대 꼭지점 개수보다 적으면, 이 점을 새로운 꼭지점으로 추가한다.

5. 단계 4에서 구한 꼭지점을 포함하는 새로운 다각형으로 윤곽선을 근사화한다.

6. 윤곽선과 다각형 각각의 변과의 최대 거리가 문턱치보다 적거나 꼭지점의 개수가 최대 꼭지점 개수보다 적으면 단계 3, 4, 5를 반복 수행한다.

그 다음 단계로 윤곽선과 근사화된 다각형간의 오차 신호를 주어진 표본화율에 따라 표본화한다. 그림 9는 근사화된 다각형 각변에서의 윤곽선과의 오차 신호를 표본화한 결과를 나타내고 다각형의 각 변에서 표본화된 값  $d_1, d_2, \dots, d_n$ 이 변환 부호화의 대상이 된다.

### III. 르장드르 다항식에 기반한 새로운 기저의 설계

다각근사화된 윤곽선만으로는 주관적 화질이 매우 떨어지므로, 원래의 윤곽선과 근사화된 직선간의 오차를 작은 정보량으로 보상하기 위해 변환 부호화를 수행한다. 일반적으로 영상의 변환부호화에 사용되는 직교 변환으로는 이산 여현 변환이 널리 사용되고 있는데, 상관도(correlation)가 0.9 이상으로 높고 비교적 높은 압축률에서 질감 등을 부호화 대상으로 하고 있다. 그러나, 이산 여현 변환을 이진 VOP 윤곽선의 부호화에 적용할 때, 직선과 여현 함수를 기반으로 한 기저들의 특성상 비효율적인 측면을 갖고 있다. 윤곽선 조각은 직선이 아닌 완전한 곡선이고, 윤곽선과 다각근사화된 신호에 대한 오차신호의 양 끝점이 0이라는 특징을 갖고 있는데, 이산 여현 변환은 이러한 특징을 반영하고 있지 못함으로써 변환부호화의 성능을 저하시킨다. 본 논문에서는 이러한 윤곽선 오차신호의 특징을 잘 반영하기 위해서 르장드르 다항식에 기반한 새로운 기저를 제안한다. 르장드르 다항식은  $-1 \leq x \leq 1$ 의 영역에서 식(2)로 표현되는 정

규 직교 기저이다[14, 15].  $M=0$ 일 때, 다항식은 직선을 의미하고,  $M$ 이 작을수록 저주파 신호의 형태를 갖고 클수록 고주파 신호의 형태를 갖는다.

$$P_n(x) = \sum_{m=0}^M (-1)^m \frac{(2n-2m)!}{2^n!(n-m)!(n-2m)!} x^{(n-2m)}$$

for  $n, m \in Z^+$  (2)

그러나, 르장드르 다항식은 첫 번째 기저가 직선이고, 양 끝점이 0이 아니므로 다각근사화된 윤곽선 오차신호의 변환부호화에 적용하기가 곤란하므로, 본 논문에서는 윤곽선의 2가지 특성을 잘 반영하도록 다항식에 기초한 새로운 기저를 설계한다. 윤곽선의 일부가 직선인 경우는 다각근사화시 다각형의 한 변으로 근사화되므로, 실험에서 사용된 기저는 첫 번째 기저를 2차 다항식으로 부터 시작한다. 또한, 디지털 영상에 적용하기 위해서, 기저가 정의되는 연속 버팀(support)을 표본화를 수행해서 이산 버팀을 갖도록 함으로써 벡터 형태의 기저를 생성한다. 양 끝점이 0이기 때문에 오차 신호의 표본화율이  $N+2$ 일 때, 이산 오차신호는  $N$ 개의 원소로 이루어진 벡터가 되며, 이것을 변환하기 위해서는 완전한(complete)  $N$ 차원의 기저  $N$ 개가 필요하다. 또한 변환 연산의 용이성을 주기 위해 기저에 정규 직교 조건을 부가하였다.  $N$ 개의 정규 직교 기저들은 식(5)와 같이 상수  $a_i, b_i, c_i, d_i, \dots$ 와  $-1$ 부터  $1$ 까지를  $N$ 점 균일 표본화(uniform sampling)된 이산 버팀  $x$ 를 변수로 갖는 다항식들로 표현되고, 식(3)의 정규 직교 조건 및 식(4)의 경계조건으로부터 식(5)의 상수  $a_i, b_i, c_i, d_i, \dots$ 를 구할 수 있다.

예를 들어, 표본화율이 4일 때 실제 오차신호는 2차원 벡터 공간상에 존재하며, 이때 필요한 2개의 기저를 생성하면 Haar 기저와 동일하게 된다. 그림 10는 표본화율  $N=10$ 일 때, 식(3), 식(4)와 식(5)로부터 유도된 8개의 정규 직교 기저를 나타내고 있다. 첫 번째 기저는 2차 다항식의 형태를 가지므로, 오차신호의 변환시 저주파 신호의 특성을 반영하고, 기저에 내포된 다항식 차수가 높아지면서 고주파 신호를 반영하는 특성을 갖는다. 일반적인 윤곽선의 특성상 제안하는 기저로 변환했을 경우, 변환계수가 낮은 차수의 다항식을 내포한 기저들을 중심으로 집중되어 다음 처리과정인 양자화 단계에서 효율을 높일 수 있게

된다.

$$\langle b_i, b_j \rangle = \begin{cases} 0 & i \neq j \\ 1 & i = j \end{cases} \quad (3)$$

$$b_i(-1) = 0 \quad b_i(1) = 0 \quad \text{for } i = 1, 2, \dots, N \quad (4)$$

$$\begin{aligned} b_1(x) &= -(x + a_1)(x - a_1) \\ b_2(x) &= x(x + a_2)(x - a_2) \\ b_3(x) &= (x + a_3)(x - a_3)(x + b_3)(x - b_3) \\ b_4(x) &= x(x + a_4)(x - a_4)(x + b_4)(x - b_4) \\ b_5(x) &= (x + a_5)(x - a_5)(x + b_5)(x - b_5)(x + c_5)(x - c_5) \\ b_6(x) &= x(x + a_6)(x - a_6)(x + b_6)(x - b_6)(x + c_6)(x - c_6) \\ b_7(x) &= x(x + a_7)(x - a_7)(x + b_7)(x - b_7)(x + c_7)(x - c_7)(x + d_7)(x - d_7) \\ b_8(x) &= x(x + a_8)(x - a_8)(x + b_8)(x - b_8)(x + c_8)(x - c_8)(x + d_8)(x - d_8) \end{aligned} \quad (5)$$

#### IV. 실험 결과 및 고찰

본 실험에서는 윤곽선을 다각형으로 근사화하고 윤곽선과 근사화된 다각형 간에 발생하는 오차 신호를 보상하기 위해 다항식에 기반한 새로운 기저를 설계해서 기존의 이산 여현 변환, 이산 정현 변환 등과 변환부호화 이득면에서 그 성능을 비교 분석한다.

일반적으로 영상 압축을 위한 직교 변환에서 널리 사용되고 있는 식(6)의 이산 여현 변환은 첫 번째 기저가 직선 성분을 나타내는데, 윤곽선 상의 직선은 다각근사화시 다각형의 변으로 포함되고, 이때 발생하는 오차신호의 양 끝점이 0이라는 특징 때문에 필요하지 않다. 따라서, 이산 여현 변환을 이용한 윤곽선의 다각근사화에서 발생하는 오차 신호의 변환 부호화의 방식에서는 비효율적이다. 식(7)의 이산 정현 변환은 신호의 상관도가 비교적 낮을 때 효율적이지만, 원 및 타원과 같은 완만한 윤곽선으로 구성된 합성 영상에 적용할 경우에는 효율이 떨어진다.

이산 여현 변환

$$E(k) = \frac{2}{N} C(k) \sum_{n=0}^{N-1} e(n) \cos \frac{\pi(2n+1)k}{2N}$$

$$e(k) = C(k) \sum_{n=0}^{N-1} E(k) \cos \frac{\pi(2n+1)k}{2N} \quad (6)$$

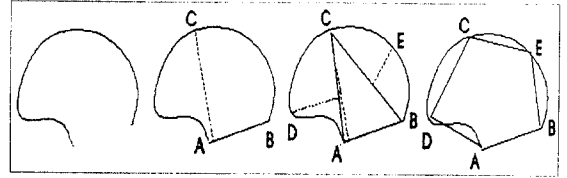


그림 7. 열린 윤곽선의 다각근사화

Fig. 7. Polygonal approximation to open contours

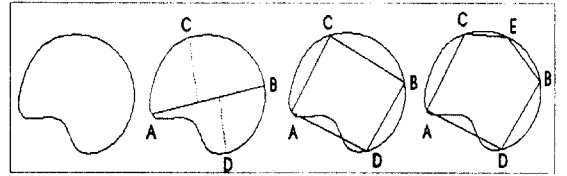


그림 8. 닫힌 윤곽선의 다각근사화

Fig. 8. Polygonal approximation to closed contours

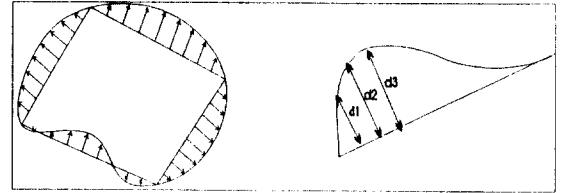


그림 9. 윤곽선과 근사화된 다각형간의 오차신호 표본화

Fig. 9. Sampling of the error signal for a contour segment

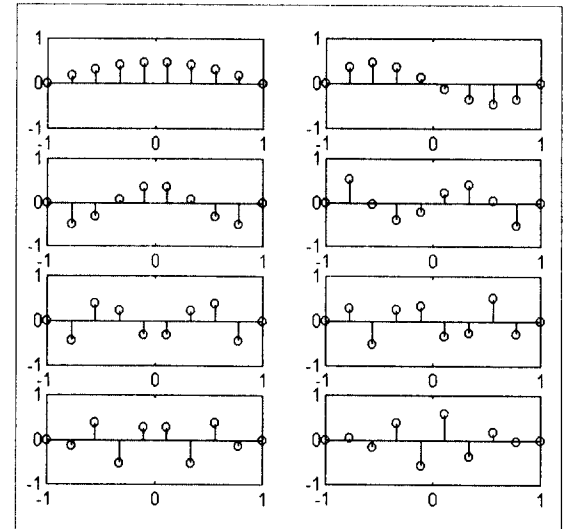
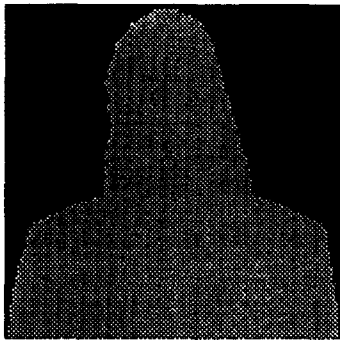
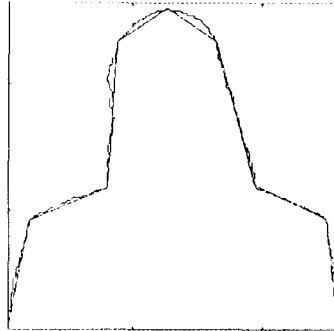


그림 10. 표본화율 N=10일 때의 정규 직교 기저

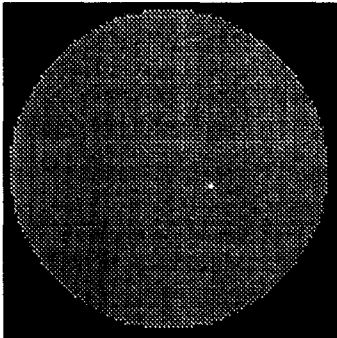
Fig. 10. Orthonormal basis for sampling rate N=10



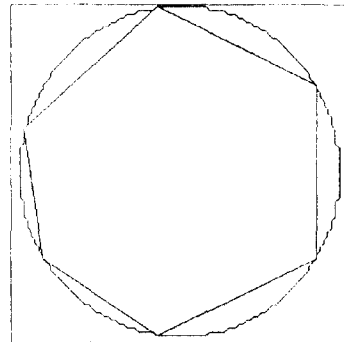
(a) Akiyo 영상의 이진 VOP



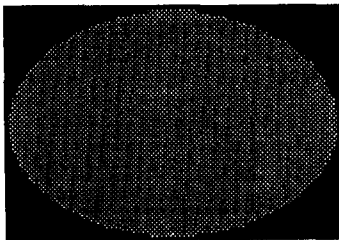
(b) 윤곽선과 다각근사화



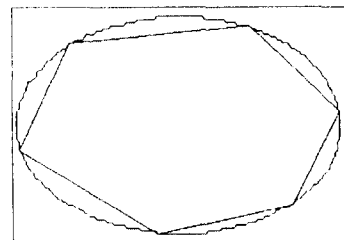
(c) 원 영상의 이진 VOP



(d) 윤곽선과 다각근사화



(e) 타원 영상의 이진 VOP



(f) 윤곽선과 다각근사화

그림 11. VOP와 윤곽선의 다각근사화(문턱치=12)

Fig. 11. VOP and polygonal approximation to contours

(threshold = 12)

(a) Akiyo 영상의 이진 VOP

(b) 윤곽선과 다각근사화

(c) 원 영상의 이진 VOP

(d) 윤곽선과 다각근사화

(e) 타원 영상의 이진 VOP

(f) 윤곽선과 다각근사화



$$C(k) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} & \text{for } k=0 \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases}$$

이산 정현 변환

$$E(k) = \sqrt{\frac{2}{N+1}} \sum_{n=0}^{N-1} e(n) \sin \frac{\pi(k+1)(n+1)}{N+1} \quad (7)$$

$$e(n) = \sqrt{\frac{2}{N+1}} \sum_{k=0}^{N-1} E(k) \sin \frac{\pi(k+1)(n+1)}{N+1}$$

변환부호화이득

일반적으로, 압축 부호화를 목적으로 신호를 변환하는 것은 신호내의 용장성(redundancy)을 줄여 부호화시 효율을 높이는 데 있다. 이러한 과정은 신호를 변환했을 때, 변환 계수의 분산을 줄여 양자화 설계시 비트 할당을 최적화함으로써 이루어진다. 따라서, 변환의 성능은 변환 계수의 집중도(compactness)를 나타내는 식(8)의 변환 부호화 이득으로 평가할 수 있다. 식(8)에서  $\sigma_j$ 는 N점 변환을 수행했을 때, j번째 변환 계수의 분산이고,  $G_{TC}$ 는 산술평균과 기하평균의 비율을 나타내고 있어, 변환계수가 특정 기저에 대해 집중되면 변환 부호화 이득이 증가하고, 집중도가 낮아지면 변환 부호화 이득이 저하됨을 알 수 있다.

$$G_{TC} = \frac{\frac{1}{N} \sum_{j=0}^{N-1} \sigma_j^2}{\left(\prod_{j=0}^{N-1} \sigma_j^2\right)^{\frac{1}{N}}} \quad (8)$$

실험은 자연 영상(natural image)으로 QCIF의 Akiyo 이진 알파 플레인(binary alpha plane) 영상과 인공 영상(synthetic image)으로 원 영상과 타원 영상을 대상으로 하였다. 그림 11은 입력 영상과 다각근사화시 최대 거리 문턱치를 12로 처리한 결과를 나타내고 있다. 전처리 과정을 거치면서 체인 코드를 생성하므로, 무손실 정보가 필요한 경우 이를 부호화할 수 있다. 표 1은 각각의 영상에서 발생하는 8방향 체인 코드의 개수와 발생하는 총 비트수를 나타내고 있다. 8방향 체인 코드이므로 체인 코드당 3비트씩 할당하면 각 영상에서 요구되는 총비트를 산출할 수 있다.

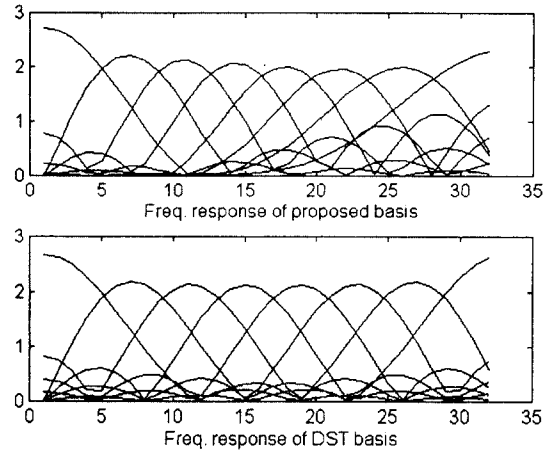


그림 12. 제안하는 기저와 이산정현변환 기저의 주파수 응답(N=8)

Fig. 12. Frequency responses of proposed basis and DST basis

표 1. 각 영상의 8방향 체인 코드수와 총 발생 비트

Table 1. Number of chain code and total bits for each images

영상	Akiyo VOP	타원 VOP	원 VOP
체인 코드 수	296	312	241
총 발생 비트	888	936	723

그림 13과 표 2는 최대 거리 문턱치와 표본화율을 변화시키면서 각 영상에 이산 역현 변환, 이산 정현 변환, 제안하는 변환을 적용해서 얻은 변환 부호화 이득을 나타내었다. 윤곽선의 다각근사화시 꼭지점의 개수를 제한하는 최대거리 문턱치는 10, 12로 변환시키면서 실험하였다. 문턱치를 너무 작게 하는 경우, 윤곽선이 너무 많이 분할되어 윤곽선 조각의 오차 신호들이 오차신호에 대한 변환 부호화의 효율을 저하시키는 요인이 된다. 일반적으로 데이터의 표본화율을 높이고 기저의 개수를 늘려서 변환할수록 변환 부호화 이득은 개선되지만, 처리의 복잡도가 증가하는 상충적인 관계를 가지므로 본 논문의 실험에서는 표본화율을 4~8까지 변화시켰다.

이산 역현 변환은 다각근사화된 윤곽선 조각의 특

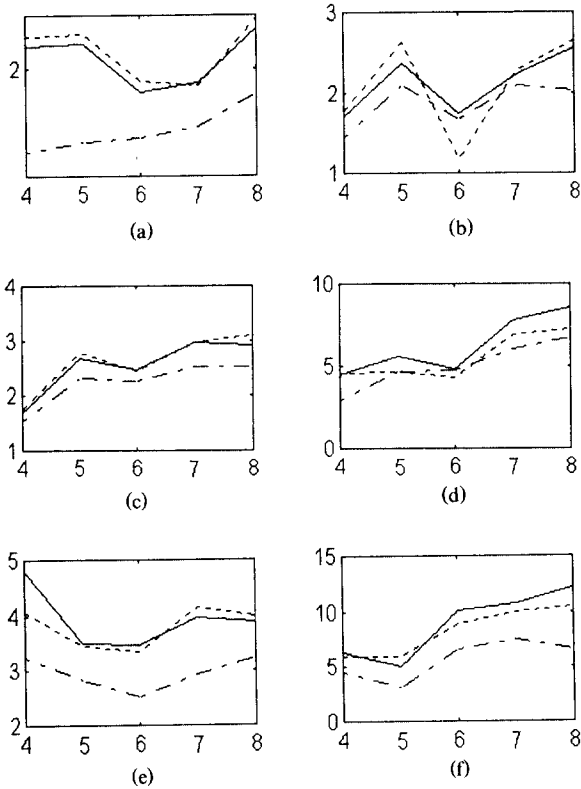


그림 13. 변환 부호화 이득 비교

가로축은 표본화율, 세로축은 변환부호화 이득을 나타냄

-·-은 이산 여현 변환, --은 이산 정현 변환, -은 제안된 방법을 표시

- (a) Akiyo VOP, 거리문턱치 = 10
- (b) Akiyo VOP, 거리문턱치 = 12
- (c) 타원 VOP, 거리문턱치 = 10
- (d) 타원 VOP, 거리문턱치 = 12
- (e) 원 VOP, 거리문턱치 = 10
- (f) 원 VOP, 거리문턱치 = 12

Fig. 13. Comparison of transform coding gain  
x-axis means sampling rate and y-axis means transform coding gain.  
-·- means DCT, -- means DST, and - means the proposed method.

- (a) Akiyo VOP with threshold = 10
- (b) Akiyo VOP with threshold = 12
- (c) ellipse VOP with threshold = 10
- (d) ellipse VOP with threshold = 12
- (e) circle VOP with threshold = 10
- (f) circle VOP with threshold = 12

정을 잘 반영하고 있지 못하므로 변환 부호화 이득면에서 볼 때, 그 성능이 이산 정현 변환이나 제안하는 변환에 비해 떨어진다. 그러나, 제안하는 변환은 이산 정현 변환과 전체적인 성능면에서 비슷하였다. 또한, 타원, 원 등의 경우에는 최대 거리 문턱치가 크고 표본화율이 클수록 제안하는 방법이 우수한 성능을 나타내고 있다. 그림 12에서 8점 이상 정현 변환의 기저와 제안하는 기저에 대해, 주파수의 해상도를 높이기 위해 제로패딩을 하고, 64점 DFT(discrete Fourier transform)를 수행해서 주파수 특성을 나타내었다. 전체적으로 기저들이 점유하는 대역폭은 비슷하지만, 제안하는 기저들 중 저주파 영역을 차지하는 기저들은 차단(cutoff) 주파수 영역에서는 이산 정현 변환의 경우보다 차단 특성이 우수함을 알 수 있다. 따라서, 완만한 곡선인면서 표본화율이 클수록 변환 계수의 에너지가 저주파 쪽으로 집중되기 때문에 변환 부호화 이득에서 유리하다. 그러나, 이산 정현 변환과 제안하는 변환에서는, 최대 거리 문턱치를 작게 할 수록 오차 신호가 직선으로 근사화되어, 이것을 잘 반영하기 위한 기저가 없으므로 변환 부호화 이득이 낮아진다. 반면, 최대 거리 문턱치가 작아지면 다각근사화에 필요한 꼭지점의 개수가 증가하므로, 이것을 부호화하기 위해 정보량이 증가한다.

## V. 결 론

본 논문에서는 내용 기반 부호화시 객체의 윤곽선 정보를 효율적으로 부호화하기 위해 다각근사화와 오차 신호의 변환 부호화를 제안하였다. 윤곽선의 다각근사화시 윤곽선 조각은 직선이 아닌 완만한 곡선이라는 특징과 오차신호의 양 끝점이 0이라는 특징을 잘 반영하기 위해서 르장드르 다항식에 기반한 새로운 기저의 변환을 제안하였다. 제안한 방법은 자연적인 영상과 인공적인 타원 영상 및 원 영상에 적용했을 경우, 기존의 이산 여현 변환에 비해 변환 부호화 이득면에서 우수한 결과를 얻었다. 또한, 이산 정현 변환과 비교해 볼 때 거의 유사한 성능을 나타내었으며, 타원 영상과 원 영상의 경우 전반적으로 우수한 성능을 나타내었다. 따라서, 자연적인 영상과 그래픽, 애니메이션 등이 복합된 영상의 경우 이산 정현 변환과 제안하는 변환을 적용적으로 적용하면 보다 우수

표 2. 변환 부호화 이득 비교

Table 2. Comparison of transform coding gain

입력 영상	표본화율	거리 문턱치	이산여현변환	이산정현변환	제안하는 변환	
Akiyo VOP	4	10	1.6892	2.1228	2.0860	
		12	1.4299	1.7613	1.7016	
	5	10	1.7254	2.1323	2.0949	
		12	2.0906	2.6293	2.3742	
	6	10	1.7384	1.9559	1.9120	
		12	1.6621	1.7199	1.7364	
	7	10	1.7832	1.9416	1.9514	
		12	2.1008	2.2930	2.2357	
	8	10	1.9059	2.1881	2.1515	
		12	2.0213	2.6555	2.5673	
	타원 VOP	4	10	1.5337	1.7378	1.7099
			12	2.8985	4.5695	4.4502
5		10	2.3312	2.7925	2.6709	
		12	4.6286	4.6643	5.5805	
6		10	2.2727	2.4481	2.4863	
		12	4.7232	4.3171	4.8231	
7		10	2.5242	2.9597	2.9661	
		12	6.0346	6.8704	7.7657	
8		10	2.5344	3.0983	2.9101	
		12	6.7443	7.2218	8.5468	
원 VOP		4	10	3.2305	4.0614	4.7806
			12	4.4762	5.9081	6.3223
	5	10	2.8320	3.4586	3.5028	
		12	3.0617	5.9161	5.0469	
	6	10	2.5240	3.3541	3.4643	
		12	6.5715	8.8740	10.0354	
	7	10	2.9240	4.1460	3.9559	
		12	7.5400	10.0030	10.7798	
	8	10	3.2397	3.9791	3.8867	
		12	6.5348	10.4332	12.2072	

한 결과를 얻을 것으로 생각된다. 제안하는 방법에서는, 윤곽선 추적시 발생하는 8방향 체인코드를 이용하면 무손실 부호를 제공할 수 있고, 다각근사화시 오차 신호의 최대값, 꼭지점의 개수, 다각형 각 변에서 윤곽선 표본화율(sampling rate)을 조절하므로써, 다양한 해상도의 화질을 제공하거나, 균일한 비트 발생율을 제공할 수 있다. 따라서, 제안하는 방법은 스케일러빌리티(scalability)를 요구하는 윤곽선 부호화에 효율적으로 적용할 수 있을 것으로 사료된다.

### 참 고 문 헌

1. 정제창 역, 일본 멀티미디어 통신연구회편, 최신 MPEG, 교보문고, 1995.
2. 안치득, "영상부호화 국제표준화 동향", 한국통신학회지, 제14권 제9호, pp. 22-26, 1997년 9월.
3. 김용한, "MPEG-4 현황", 한국통신학회지, 제14권 제9호, pp. 27-43, 1997년 9월.
4. 전병우, 이광기, "MPEG-4 응용", 한국통신학회지, 제14권 제9호, pp. 120-127, 1997년 9월.
5. 원치선, "내용기반 영상압축을 위한 영상분할", 한국통신학회지, 제14권 제9호, pp. 96-106, 1997년 9월.
6. Adhoc group on MPEG-4 video VM editing, "MPEG-4 Video Verification Model Version 8.0", ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 (MPEG) committee document MPEG97/N1796, Stockholm, July, 1997.
7. J.L.Kim, J. Kim, J.T.Kim, J.H.Kim, H.S. Kim, K.H. Chang and S.D. Kim, "Daewoo proposal for oject scalability", ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 (MPEG) committee document MPEG95/M0554, Munich, Jan. 1996.
8. M. Eden, M. Kocher, "On the Performance of a Contour Coding Algorithm in the Context of Image Coding Part I : Contour Segment Coding", Signal Processing, Vol. 8, pp. 381-386, 1985.
9. A.K. Jain, Fundamentals of Digital Image Processing, Prentic-Hall, 1989.
10. Paul J. Besl, Surface in Range Image Understanding, Springer-Verlag, 1988.
11. E.R. Dougherty and C.R. Giardina, Image processing-continuous to discrete volume 1, Prentic-Hall, 1987.

12. Allen Gersho and Robert M. Gray, Vector Quantization and Signal Compression, Kluwer Academic Publisher, 1991.
13. A.N. Akansu and R.A. Haddad, Multiresolution Signal Decomposition, Academic Press, 1992.
14. E. Kreyszig, Advanced Engineering Mathematics, 6th Edition, John Wiley&Sons, 1988.
15. Alexander D. Poularikas, The Transforms and Applications Handbook, IEEE PRESS, 1995.

### 부 록

표본화율에 따른 제안된 정규 직교 기저

Appendix

Proposed orthonormal basis with sampling rates N

N=4

$b_0 =$	[0	0.7071	0.7071	0]	$^T$
$b_1 =$	[0	0.7071	-0.7071	0]	$^T$

N=5

$b_0 =$	[0	0.5145	0.6860	0.5145	0]	$^T$
$b_1 =$	[0	0.7071	0	-0.7071	0]	$^T$
$b_2 =$	[0	-0.4851	0.7276	-0.4851	0]	$^T$

N=6

$b_0 =$	[0	0.3922	0.5883	0.5883	0.3922	0]	$^T$
$b_1 =$	[0	0.6325	0.3162	-0.3162	-0.6325	0]	$^T$
$b_2 =$	[0	-0.5883	0.3922	0.3922	-0.5883	0]	$^T$
$b_3 =$	[0	0.3162	-0.6325	0.6325	-0.3162	0]	$^T$

N=7

$b_0 =$	[0	0.3107	0.4971	0.5592	0.4971	0.3107	0]	$^T$
$b_1 =$	[0	0.5522	0.4417	0	-0.4417	-0.5522	0]	$^T$
$b_2 =$	[0	-0.6037	0.0941	0.5034	0.0941	-0.6037	0]	$^T$
$b_3 =$	[0	0.4417	-0.5522	0	0.5522	-0.4417	0]	$^T$
$b_4 =$	[0	-0.1976	0.4940	-0.6587	0.4940	-0.1976	0]	$^T$

N = 8

$$\begin{aligned}
 b_0 &= [0 \quad 0.2535 \quad 0.4226 \quad 0.5071 \quad 0.5071 \quad 0.4226 \quad 0.2535 \quad 0]^T \\
 b_1 &= [0 \quad 0.4811 \quad 0.4811 \quad 0.1925 \quad -0.1925 \quad -0.4811 \quad -0.4811 \quad 0]^T \\
 b_2 &= [0 \quad -0.5833 \quad -0.1108 \quad 0.3840 \quad 0.3840 \quad -0.1108 \quad -0.5833 \quad 0]^T \\
 b_3 &= [0 \quad 0.5042 \quad -0.3741 \quad -0.3253 \quad 0.3253 \quad 0.3741 \quad -0.5042 \quad 0]^T \\
 b_4 &= [0 \quad -0.3089 \quad 0.5560 \quad -0.3089 \quad -0.3089 \quad 0.5560 \quad -0.3089 \quad 0]^T \\
 b_5 &= [0 \quad 0.1195 \quad -0.3586 \quad 0.5976 \quad -0.5976 \quad 0.3586 \quad -0.1195 \quad 0]^T
 \end{aligned}$$

N = 9

$$\begin{aligned}
 b_0 &= [0 \quad 0.2118 \quad 0.3631 \quad 0.4539 \quad 0.4842 \quad 0.4539 \quad 0.3631 \quad 0.2118 \quad 0]^T \\
 b_1 &= [0 \quad 0.4214 \quad 0.4815 \quad 0.3010 \quad 0 \quad -0.3010 \quad -0.4815 \quad -0.4214 \quad 0]^T \\
 b_2 &= [0 \quad -0.5493 \quad -0.2416 \quad 0.2231 \quad 0.4247 \quad 0.2231 \quad -0.2416 \quad -0.5493 \quad 0]^T \\
 b_3 &= [0 \quad 0.5295 \quad -0.1978 \quad -0.4248 \quad 0 \quad 0.4248 \quad 0.1978 \quad -0.5295 \quad 0]^T \\
 b_4 &= [0 \quad -0.3853 \quad 0.4989 \quad 0.0219 \quad -0.4522 \quad 0.0219 \quad 0.4989 \quad -0.3853 \quad 0]^T \\
 b_5 &= [0 \quad 0.2051 \quad -0.4785 \quad 0.4785 \quad 0 \quad -0.4785 \quad 0.4785 \quad -0.2051 \quad 0]^T \\
 b_6 &= [0 \quad -0.0705 \quad 0.2468 \quad -0.4937 \quad 0.6171 \quad -0.4937 \quad 0.2468 \quad -0.0705 \quad 0]^T
 \end{aligned}$$

N = 10

$$\begin{aligned}
 b_0 &= [0 \quad 0.1803 \quad 0.3156 \quad 0.4058 \quad 0.4508 \quad 0.4508 \quad 0.4058 \quad 0.3156 \quad 0.1803 \quad 0]^T \\
 b_1 &= [0 \quad 0.3717 \quad 0.4646 \quad 0.3584 \quad 0.1327 \quad -0.1327 \quad -0.3584 \quad -0.4646 \quad -0.3717 \quad 0]^T \\
 b_2 &= [0 \quad -0.5112 \quad -0.3215 \quad 0.0779 \quad 0.3595 \quad 0.3595 \quad 0.0779 \quad -0.3215 \quad -0.5112 \quad 0]^T \\
 b_3 &= [0 \quad 0.5330 \quad -0.0500 \quad -0.4069 \quad -0.2189 \quad 0.2189 \quad 0.4069 \quad 0.0500 \quad -0.5330 \quad 0]^T \\
 b_4 &= [0 \quad -0.4347 \quad 0.3963 \quad 0.2345 \quad -0.3146 \quad -0.3146 \quad 0.2345 \quad 0.3963 \quad -0.4347 \quad 0]^T \\
 b_5 &= [0 \quad 0.2760 \quad -0.5050 \quad 0.2468 \quad 0.3285 \quad -0.3285 \quad -0.2468 \quad 0.5050 \quad -0.2760 \quad 0]^T \\
 b_6 &= [0 \quad -0.1309 \quad 0.3741 \quad -0.5238 \quad 0.2619 \quad 0.2619 \quad -0.5238 \quad 0.3741 \quad -0.1309 \quad 0]^T \\
 b_7 &= [0 \quad 0.0408 \quad -0.1633 \quad 0.3810 \quad -0.5714 \quad 0.5714 \quad -0.3810 \quad 0.1633 \quad -0.0408 \quad 0]^T
 \end{aligned}$$

민 병 석(Byongseok Min)

정회원

현재 : 한양대학교 전자통신공학과 박사과정  
한국통신학회지 제 14권 9호 참조

정 제 창(Jechang Jeong)

정회원

현재 : 한양대학교 전자통신공학과 조교수  
한국통신학회지 제 14권 9호 참조

최 병 욱(Byunguk Choi)

정회원

현재 : 한양대학교 전자통신공학과 교수  
한국통신학회지 제 21권 11호 참조