

## DCT를 이용한 전력신호 압축 기법

김대봉, 오종명, 홍찬영, 이경표, 이명식, 박민식  
충북대학교

### Power Signal Compression Technique Using DCT

Dae-Bong Kim, Jong-Myung Oh, Chan-Yung Hong, Kyeong-Pyo Lee, Myung-Sik Lee, Min-Sik Park  
ChungBuk University

**Abstract** - 전력계통에서 비선형부하와 시변부하 사용의 증가 및 분산전원의 보급 증가로 전력품질(power quality)에 대한 관심이 증대되고 있다. 전력계통에서 전력품질은 전력신호를 통해 모니터링이 가능하다. 하지만 전력신호 상시 관측을 통한 전력품질 모니터링은 많은 신호 데이터양이 필요하여 전력 신호 압축이 요구된다. 이에 따라 본 연구에서는 신호 압축 성능이 우수한 DCT(discrete cosine transform)기법을 이용하여 전력신호를 압축, 복원하는 방법을 제안한다. 그리고 DSP (digital signal processor) 보드를 통해서 압축 저장된 신호를 오차 범위 5% 이내로 복원한다. 따라서 정전과 같은 이벤트(event)가 발생하였을 때 특정 시간, 장소에서의 전압과 전류 파형을 볼 수 있게 한다. IEC 61000-4-30, IEEE std 1159에 근거하여 Matlab 프로그램 상에서의 성능을 평가하고 DSP보드를 이용하여 DCT를 이용한 데이터 압축 시스템을 구현하였다.

#### 1. 서 론

최근 IT, 정보통신산업 전력계통에서의 비선형부하와 시변부하 사용의 증가와 신재생에너지 분야의 증가에 따른 전력 품질에 대한 관심이 커지고 있다.

과거에는 전력 품질이라는 용어는 전력 계통에 있어서 전압과 전류 및 주파수의 변동을 나타내는데 쓰이면서 대부분의 전력기기들에 대해서는 이 값들이 비교적 넓은 범위에서 변동하여도 잘 동작할 수 있었으나 최근 산업 현장에서 사용되는 많은 전자 제어기기들은 이 값들의 변동에 대하여 매우 민감하게 반응하여 오동작을 유발하는 사례가 급증하고 있다. 이러한 오동작은 최근 전력신호 왜란을 초래하는 원인이 되고 있다.

이에 전력 신호 상시 모니터링을 통하여 특정 시간, 장소에서 전압과 전류 및 고조파를 볼 필요성이 생기게 되었고 우수한 성능의 신호 압축이 필요하게 되었다. 본 연구에서는 DCT-2를 이용하여 신호를 변환하고, 변환된 계수를 복원 신호의 오차 범위가 5% 이내가 되도록 잘라내어 저장하는 압축 기법을 제안한다. 그리고 이 기법의 성능검증을 위해 IEC표준에 근거한 합성신호에 대해 시뮬레이션을 수행한다. 시뮬레이션을 통한 결과를 바탕으로 제안한 기법을 DSP보드 상에 실행하여 그 성능을 평가한다.

#### 2. DCT & IDCT

DCT의 4가지 종류 중 DCT-2는 에너지 응축(energy compaction)특성에 의해 데이터 압축 응용에서 DFT(discrete fourier transform)에 비해 보다 효율적이다. 이는 유한 수열의 DCT-2의 계수는 DFT의 계수에 비해서 낮은 지표 쪽에 더 밀집되어 있기 때문이다. 낮은 지표를 제외한 나머지 지표에 대한 계수들을 0으로 놓아도 신호의 에너지에 별다른 영향이 없을 때 계수가 낮은 지표에 집중 되었다고 한다. 이에 따라서 데이터 압축에서 DCT-2는 DFT에 비해서 데이터 압축 응용에 좋은 장점이 있기에 본 연구에서는 DCT-2를 사용하여 전력신호를 압축한다. 신호 압축을 위한 DCT-2의 관련 식은 다음과 같다.

DCT :

$$Y(k) = \omega(k) \sum_{n=1}^N x(n) \cos \frac{\pi(2n-1)(k-1)}{2N}, (1 \leq k \leq N)$$

( x(n) : 입력 N : x(n)의 데이터 개수 )

IDCT :

$$x(n) = \sum_{k=1}^N \omega(k) Y(k) \cos \frac{\pi(2n-1)(k-1)}{2N}, 1 \leq n \leq N$$

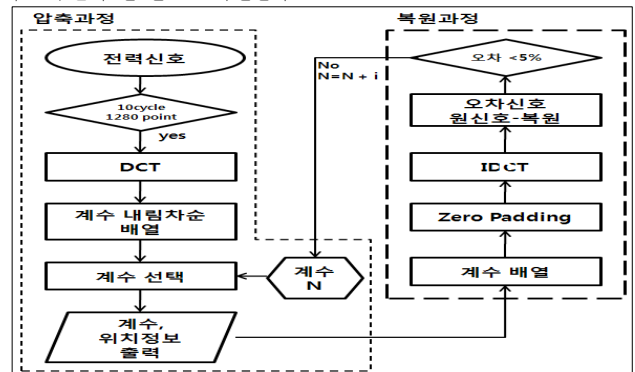
( N : Y(k)의 데이터 개수 )

여기서  $\omega(k)$ 는 DCT-2의 가중함수로 식은 다음과 같다.

$$\omega(k) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{N}}, & k=1 \\ \sqrt{\frac{2}{N}}, & 2 \leq k \leq N \end{cases}$$

#### 3. DCT를 이용한 신호 압축 방법

DCT를 이용한 압축 기법의 전체 흐름도는 그림1과 같다. 압축과정의 경우에 먼저 인가된 전력신호를 10cycle동안 1280개의 데이터로 샘플링을 한다. 샘플링 된 데이터를 DCT 과정을 거친 후 데이터 값의 크기를 내림차순으로 배열한다. 원 신호와의 오차 범위가 5% 이내에 들어가는 최소의 데이터 개수를 결정하고 계수와 위치정보를 저장하여 필요시 원하는 구간의 원 신호를 복원한다.



〈그림 1〉 DCT를 이용한 신호 압축/복원 흐름도

#### 4. 시뮬레이션

##### 4.1 합성 신호

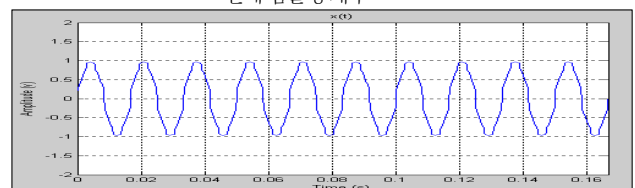
그림2의 (a)신호는 IEC61000-4-30 표준에 맞추어 다음 식과 같은 정현모델을 이용하여 홀수 고조파만을 31차까지 합성한 신호이다.

$$x(n) = \sum_{i=1}^N a_i \cos(i\omega_0 n + \Phi_i)$$

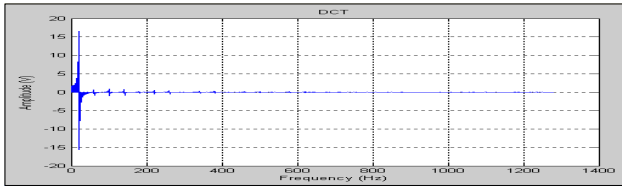
여기서  $a_i$ 는 각고조파 크기,  $\omega_0$ 는 기본주파수,  $\Phi_i$ 는 위상이다.

전체 샘플링 개수는 1280개, 샘플링 주파수는 7680Hz, 한 사이클 당 샘플링 개수를 128개로 하였다. 관측시간은 IEEE std 1159에 따라 10cycle로 설정하였다. (b)는 합성한 신호의 DCT계수 파형이고 (c)는 내림차순을 통하여 데이터를 크기별로 정렬한 파형이다. 샘플링 개수1280개 중 크기가 큰 300개의 데이터만 이용하여 복원한 신호가 (c)신호이다. 그리고 신호(a)와 복원한 신호(c)의 오차가 (d)이다. 시뮬레이션 결과, 오차가 5%이내의 값을 가질 때 압축률은 전체 샘플링 개수 1280개 중에 300개의 데이터가 필요하여 76.56%가 된다.

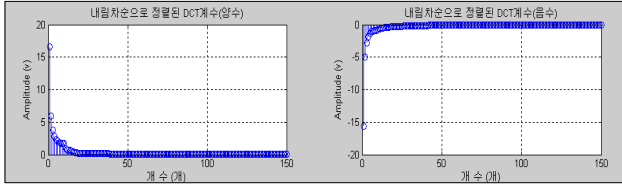
$$\text{압축률}(\%) = \left(1 - \frac{\text{복원 가능(5\%이내) data 개수}}{\text{전체 샘플링 개수}}\right) \times 100\%$$



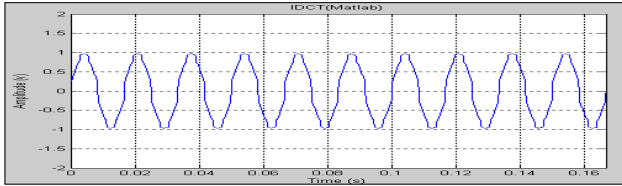
(a) 합성된 신호



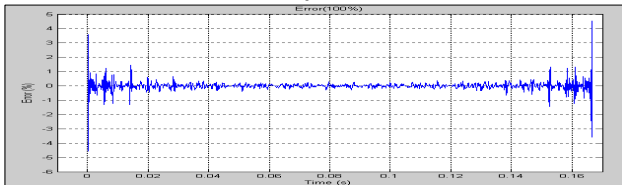
(b) 합성된 신호의 DCT계수



(c) 내림차순으로 정렬된 DCT계수(양수(왼),음수(우))



(d) 복원 신호

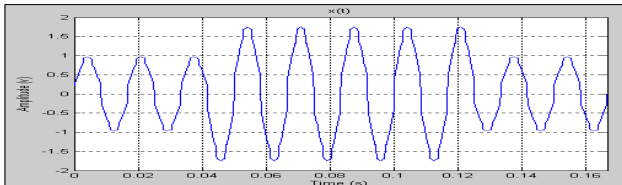


(e) 오차(within 5%)

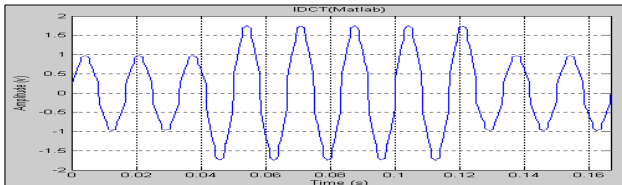
〈그림 2〉 합성된 신호, 합성 신호의 DCT계수, 내림차순으로 정렬된 DCT 계수 (양수,음수),DCT계수 300개로 복원된 신호, 복원한 신호와의 오차

#### 4.2 합성 swell 파형

IEC61000-4-30의 표준에 의해 그림3의 (a)와 같은 swell(during 5 cycle, 1.8 pu)을 입력 파형으로 하면 샘플링 개수 1280개 중에 400개의 데이터가 필요하기 때문에 압축률은 68.75%가 된다.



(a) 합성 swell 신호

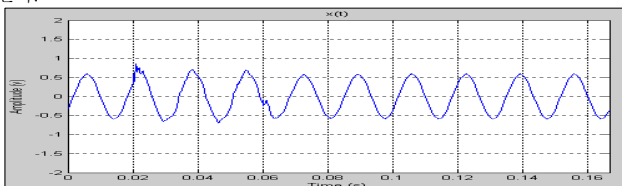


(b) 복원 신호

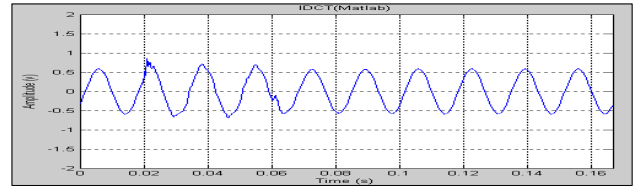
〈그림 3〉 합성 swell 신호와 DCT 계수 400개로 복원된 신호

#### 4.3 실측 신호

그림4의 (a)는 한국전력에서 제공된 실제 측정된 전력신호이다. 전체 샘플링 개수는 1280개, 샘플링 주파수는 7680Hz로 하여 한 사이클 당 샘플링 개수를 128개로 하여 10사이클 동안 시뮬레이션 하였다. 신호(b)는 데이터 개수 540개를 이용하여 복원한 신호이며 압축률은 57.81%가 된다.



(a) 실측 신호

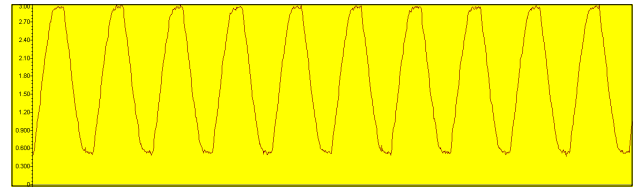


(b) 복원 신호

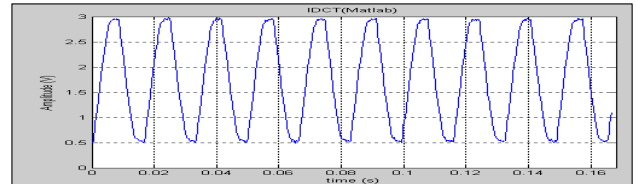
〈그림 4〉 실측 신호와 DCT계수 540개로 복원된 신호

### 5. DSP 보드를 이용한 DCT 압축 기법 실험

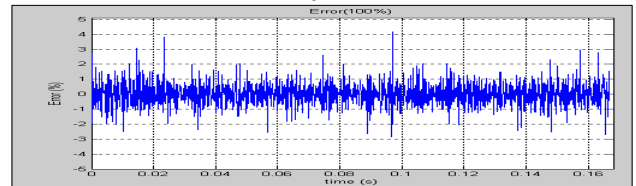
TI사의 TMS320F28335 ezdsp system kit와 CCS(code composer studio) version 3.3을 사용하여 입력된 파형을 CCS v3.3의 그래프 기능을 사용하여 입력 파형을 확인한 후 C프로그램을 통하여 코딩된 압축 알고리즘을 통해서 얻은 결과 값을 Matlab을 통하여 복원된 파형을 확인 하였다. 실제 본 실험실의 220V전압을 변압기와 op-amp를 이용하여 ADC(analog to digital converter)의 가동 범위인 0~3V입력 파형을 DSP 보드에 인가하였다. 이때 전체 샘플링 개수는 1280개, 샘플링 주파수는 7680Hz, 10cycle이 가능하도록 ADC를 설정해 주었다. 이때의 오차율은 5%이내의 값을 나타내는데 압축률은 76.56%가 된다.



(a) 입력 전력 신호



(b) 복원 신호



(c) 오차(within 5%)

〈그림 5〉 입력 전력 신호, DCT 계수 300개로 복원된 신호, 복원한 신호와의 오차

### 6. 결 론

본 연구에서는 DCT-2기법을 이용한 전력신호 압축 방법을 IEEE std.1159 와 IEC 61000-4-30을 근거로 하여 Matlab 시뮬레이션을 통해 복원 시 오차율 5%내의 필요한 데이터 개수를 측정하여 압축률을 확인 하였고 성능을 평가하였다. 이를 기반으로 하여 TI사의 TMS320F28335 ezdsp system kit와 CCS v3.3을 사용하여 압축 알고리즘을 구현하고 성능을 확인해 보았다.

DSP보드 상에서 처리된 결과와 시뮬레이션 결과를 비교함으로써 제안기법의 성능을 평가 하였다. 이 결과를 컴퓨터와 통신을 통해 컴퓨터 상에서 프로그램 처리를 하여 모니터링 시스템을 만들어 확인한다면 상용화가 가능할 것으로 본다.

제안기법은 향후 각종 산업현장에서 발생하는 이벤트에 대해서도 전력 신호 왜란의 원인조사에 응용이 가능할 것으로 본다.

### [참 고 문 헌]

- [1] IEEE Std 1159, "IEEE Recommended Practices for Monitoring Electric Power Quality", 1995
- [2] IEC 61000-4-30, "Testing and measurement techniques-Power quality measurement methods", 2003
- [3] DIGITAL SPECTRUM, "eZdspTM F28335 Technical Reference", 2007
- [4] Alan V. Oppenheim, Ronald W. Schaffer, "Discrete-Time Signal Processing", third edition, 2007