

웨이블렛 변환을 이용한 디지털 보호계전기용 고장전류 데이터 압축기법 개발

최호웅*, 김윤희**, 김병진*, 이보인*, 김정환*
 * : 현대중공업(주) ** : 고려대학교 전자공학과

Development of compression method for fault data of digital protection relay using wavelet transforms

Ho-Woong CHOI*, Yoon-Hoe KIM**, Byung-Jin KIM*, Bo-In KIM*, Jung-Han KIM*
 * : Hyundai Heavy Industries Co.,Ltd. ** : Dept. of Electronic Eng. Korea Univ.

Abstract - Wavelet transforms provide basis functions for time-frequency analysis and have properties that are particularly useful for the compression of analogue point on wave transient and disturbance power system signals. This paper evaluates the compression properties of the discrete wavelet transform using actual power system data. The results presented in the paper indicate that reduction ratios up to 10:1 with acceptable distortion are achievable. This paper discussed the application of the reduction method for fault analysis and protection assessment.

동 변환 및 축소변환이 가능하기 때문에 복잡한 형태의 파형을 나타낼 수 있다.

$$\psi_{j,k}(t) = 2^{j/2} \psi(2^j t - k) \text{----- (1)}$$

여기서 첨자 j 및 k 는 각각 기본 웨이블렛($\psi(t)$)의 축소량 및 이동량을 나타낸다.

1. 서 론

산업 전반에 걸쳐 전기에너지에 대한 의존도가 높아지고 정보사회가 고도화됨에 따라 전력의 안정적인 공급과 질적 향상에 대한 요구가 급증하고 있다. 전 국토에 이르는 거대한 시스템으로 대부분의 설비가 옥외에 노출되어 있는 전력계통은 필연적으로 고장 및 사고를 피할 수 없으므로 피해를 최소화하기 위한 보호계전기의 역할이 매우 중요해지고 있다. 전력계통에 고장 발생시, 신속한 고장점 차단 및 사고분석을 위해서 고장전류/전압 파형 데이터를 신속하게 저장 및 전송할 수 있어야 한다. 이를 위해서 방대한 저장용량을 효과적으로 압축 및 복원할 수 있는 기술이 필수적으로 요구되고 있다.

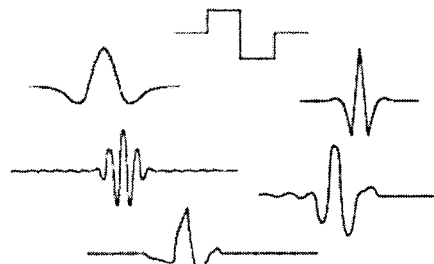


그림 1. 다양한 형태의 웨이블렛

웨이블렛 변환은 시간주파수 영역에서 파형을 나타낼 수 있기 때문에 비정상(non-stationary wave)을 잘 표현할 수 있고, 노이즈 제거 및 압축 분야에서도 널리 사용되고 있다. 본 논문에서는 웨이블렛 변환을 통해서 고장 파형 데이터의 필수적인 정보를 소수의 웨이블렛 계수들로 추출하여 1차 압축을 하고, 이를 비손실 압축기법인 LZW 알고리즘으로 2차 압축하여 높은 압축비를 구현할 수 있는 방법을 제안하였다.

그림 2는 특정한 웨이블렛의 계수가 결정되는 방식을 나타내고 있는데, 초록색 원래 신호에 특정 주파수의 붉은색 웨이블렛이 특정시간으로 이동하여 원래신호와 콘블루션한 값이 웨이블렛 변환평면에 표시된다.

또한 제안된 압축 방법을 당시의 디지털 보호계전기(HIMAP)에서 발생할 수 있는 모의사고파형 데이터에 적용하여 그 효용성을 확인하였다.

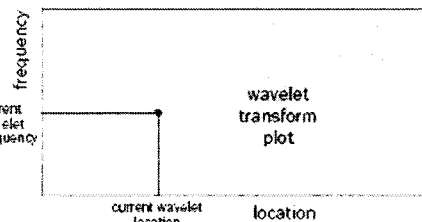
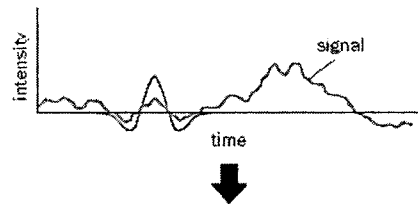


그림 2. 웨이블렛 변환평면

2. 본 론

2.1 웨이블렛

웨이블렛(wavelet)은 국소화되고 짧은 신호를 나타내기 적합한 유한 구간에서 발생시키는 파동이다. 이산 웨이블렛 변환(DWT)는 특정한 웨이블렛의 시간축의 이동과 압축을 통해서 신호를 나타낼 수 있게 된다. 시간에 대한 정보를 잃어버리고 주파수 영역에서만 해석이 가능한 푸리에 변환과는 달리 웨이블렛 변환은 시간-주파수 영역에서 해석을 할 수 있다. 그림 1은 다양한 종류의 웨이블렛을 보여주고 있다. 웨이블렛은 전체 구간에 걸쳐서 적분을 하면 0이 되어야 하고, 식(1)에서와 같이 이

2.2 데이터 압축 원리

낮은 에너지(low-energy)에 대한 많은 웨이블릿 계수들은 신호 정보에 큰 기여를 하지 못한다. 임계치 T 가 결정되면 T 미만의 값들을 0으로 설정하게 되고 0이 아닌 웨이블릿 계수 값들을 저장한다(손실 압축). 압축비는 다음과 같이 정의된다. $C_R = N/K_c$, 여기서 N 은 원래 신호의 샘플개수이고, K_c 는 0이 아닌 계수값들의 개수이다. 양자화된 계수벡터들은 무손실 압축기법인 LZW(Lempel-Ziv-Welch)알고리즘으로 재압축된다. 압축된 신호는 역LZW 알고리즘으로 복원시키고 이를 이산 웨이블릿 역변환으로 재복원하여 원래의 신호를 얻게 된다. 압축 후 복원신호의 건전성능은 신호 대 잡음비(SNR)로 평가한다.

2.3 사례연구

본 논문에서는 디지털 보호계전기인 HIMAP에서 취득한 샘플 개수가 각각 180개인 2가지 고장파형에 대해서 웨이블릿 변환 기법으로 압축 복원을 수행하였다.

웨이블릿 변환에 Daubechies 웨이블릿을 사용하였고 과 5개의 압축비에 대해서 살펴보았다. ($C_R=60,36,12,4,3$).

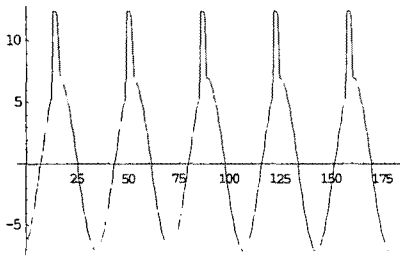


그림 3. Spike가 주기적으로 존재하는 파형

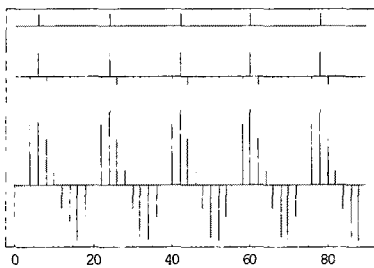


그림 4. Spike 파형에 대한 웨이블릿 계수

그림 4는 그림 3의 이상피크(spike)를 지닌 정상신호가 웨이블릿 변환이 되어 계수로서 나타내게 되는데 가로축은 시간, 세로축은 스케일(또는 주파수)를 각각 나타내게 된다. 세로축 위로 올라갈 수록 고주파 대역인데 특히 제일 고주파 부분에서 계수로 나타난다는 것은 그 위치(시간)에서 신호의 고주파 특이 성분들(spikes)이 있음을 나타내주고 있다.

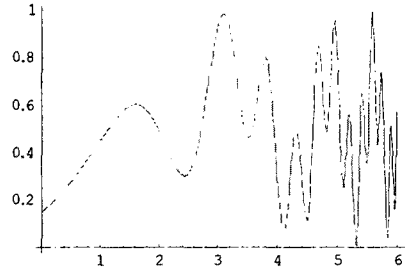


그림 5. 비정상 파형(Non-stationary wave)

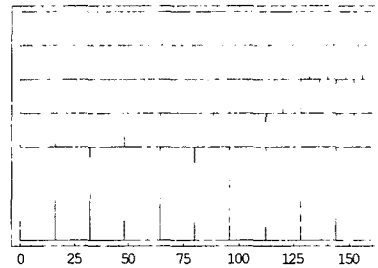


그림 6. 비정상 파형에 대한 웨이블릿 계수

그림 6은 그림 5의 비정상 파형을 웨이블릿 변환한 결과로서 역시 요동이 심한 우측부분의 고주파 성분들이 세로축 우측 위쪽방향으로 갈수록 나타나고 있음을 볼 수 있다.

그림 4와 그림 6에서처럼 웨이블릿 계수는 피크(peak) 중심 주변에 몰려 있음을 알 수 있고 파동의 에너지는 계수의 제곱에 비례하기 때문에 계수의 크기 순서대로 정렬을 하게 되면 전체 웨이블릿 계수 중에 크기가 임계치(T) 이상이 되는 일부분만으로도 파에 대한 대부분의 정보를 나타낼 수 있게 된다(임계치 이하의 계수들은 0으로 설정한다).

표 1에서 살펴보면, 제안된 압축 방법(DWT+LZW)이 단순히 DWT나 LZW로 별도로 압축하는 것에 비해서 높은 압축률을 주는 것을 알 수 있다. 또한 제안된 방법으로 압축된 파형을 복원한 후 원래 파형과의 신호 대 잡음비(SNR)를 계산 결과도 양호함을 볼 수 있다.

표 1. 고장전류 파형 압축 결과

파의 종류	DWT	LZW	DWT+LZW	SNR
Spike 파형	4 : 1	5.4 : 1	10 : 1	2.178 dB
비정상 파형	4 : 1	5.4 : 1	10 : 1	28.374 dB

3. 결 론

본 논문에서는 당사의 디지털 보호계전기(HIMAP)의 고장전류/전압파형 데이터를 압축하기 위하여 웨이블릿을 사용한 압축기법을 제안하였다. 그 내용은 우선 원래 신호를 이산 웨이블릿 변환(DWT)으로 핵심적인 계수부분만 추출해내고 이를 비손실 압축 알고리즘인 LZW기법으로 저장하여 대용량의 데이터를 압축하는 것이다.

제안된 기법은 압축비 10:1 정도까지는 데이터의 왜곡이 거의 없음을 신호대잡음비(SNR)값으로 확인하였다.

또한 제안된 압축기법은 디지털 보호계전기의 데이터 통신의 부담을 줄여주어 사고파형 정보의 신속한 전송을 가능하게 해주고 또한 효율적인 데이터 저장을 가능하게 해줄 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] Mallat S.G., "A Theory for Multiresolution Signal Decomposition: The Wavelet Representation", IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 11, No.7, pp. 674-693, 1989.
- [2] Daubechies I., "Orthonormal Bases of Compactly Supported Wavelets", Comm. on Pure and Appl. Math., Vol. XLI, pp.909-996, 1988.
- [3] Daubechies I., "The Wavelet Transform, Time Frequency Localization and Signal Analysis", IEEE Trans. on Info. Theory, Vol 36, No.5, Sep., pp.961-1005,1990.
- [4] Strang. G., Nguyen T.Q., Wavelets and Filter Banks, Wellesley-Cambridge Press, 1996.
- [5] Greenwood A., Electrical Transients in Power Systems, 2nd Ed., New York: Wiley, 1991.
- [6] Ziv J., Lempel A., "A Universal Algorithm for Sequential Data Compression", IEEE Trans. on Info. Theory, Vol. IT-23, No. 3, May 1977.