

---

# 보간법을 이용한 효율적인 모니터링 시스템 구성

이상혁\* · 강필순\*

Composition of efficient monitoring system using an interpolation

Sang-Hyeok Lee\* · Feel-soon Kang\*

---

이 논문은 2007년 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (KRF-2006-331-D00196)

---

## 요 약

본 논문에서는 모니터링 시스템의 데이터 취득과 처리 과정에 있어 데이터를 효율적으로 저장, 복원시킬 수 있는 방법을 제시한다. 타겟 시스템에서 취득된 원시 데이터로부터 보간법을 기반으로 최소의 데이터를 추출한다. 이는 TCP/IP 통신에 의해 모니터링 PC로 전송되어 저장되며, 보간법을 통해 다시 원 신호로 복원된다. 따라서 통신 패킷양이 저감되어 데이터 통신 속도가 향상되며, 데이터 저장 공간을 줄일 수 있어 장시간에 걸쳐 취득되는 데이터를 효율적으로 관리할 수 있는 모니터링 시스템 설계가 가능하다. 제안된 데이터 취득과 복원 알고리즘은 큐빅 헤르미트 보간법에 기반을 둔다. 데이터 처리 방법의 타당성을 검증하기 위해 시뮬레이션 결과를 제시하며, 타 보간법 적용에 의한 결과와 비교하여 우수성을 검증한다. 계통연계형 태양광 발전 인버터의 모니터링 시스템에 적용하여 제안된 방식의 효율성을 실험적으로 검증한다.

## ABSTRACT

This paper presents an efficient data storage and reconstruction method in data acquisition and processing of monitoring system. The proposed method extracts minimum data using an interpolation from raw data which are acquired from a target system. They are transferred and saved in a monitoring PC via TCP/IP communication, and then reconstructed as original signals. Therefore, it is possible to design an efficient monitoring system by the improved data communication speed due to the reduced communication packet, and it reduces the storage space. The algorithm for data acquisition and reconstruction is based on Cubic Hermite interpolation. To verify the validity of the proposed scheme, we presents simulation results compared with other interpolation based approaches. Finally, it is applied to a monitoring system for grid-connected photovoltaic power generation system to prove the high-performance of the proposed method.

## 키워드

Data acquisition, Interpolation, Monitoring system, Photovoltaic power generation system

## I. 서 론

태양광, 풍력, 연료전지, 복합화력 발전 등의 대체 에

너지원에 대한 세계의 시장은 매년 수백억 달러 이상의 규모로 급격히 성장하고 있다. 태양광발전 등과 같은 대체에너지의 사용이 급증함에 따라 분산형 발전 시스템

의 운영과 관리를 위한 원격제어 및 모니터링 시스템에 대한 연구도 활발히 이루어지고 있다[1]-[4]. 태양광 발전과 같은 분산형 발전 설비의 모니터링 시스템은 여러 지역에 분산되어 설치된 시스템의 상태를 실시간으로 관찰하고 주요 데이터를 측정함으로써 시스템의 이상 유무 및 한계 범위 초과 여부를 판단하며 필요한 데이터를 디스플레이 해주는 기능을 가진다. 일반적인 계통연계형 태양광 발전용 모니터링 시스템은 태양전지의 온도, 광량, 태양전지 전압/전류(DC), 역률, THD, 인버터 전압/전류(AC) 등의 평균값만을 표시하는 기능을 가지고 있다. 그러므로 많은 양의 데이터가 필요하지 않아 수십 초에 한번씩 데이터를 수신하여 표시하는 방법이 일반적이다[1].

최근 모니터링 시스템이 포변화되면서 최종 사용자나 관리자가 실시간으로 변화되는 계통투입전류, 계통전압 등의 파형을 보고자하는 요구가 증가하고 있다. 그러나 인버터로부터 계통에 투입되는 AC 형태의 전압/전류 등을 모니터링 PC에 원활하게 디스플레이하기 위해서는 많은 양의 데이터 취득이 불가피하다. 특히 장기간의 데이터를 측정하고 보관하며, 이후 기존 데이터(Historical Data)를 이용하여 시스템의 특성, 성능 등을 분석하기 위해서는 모니터링 PC가 대용량의 저장 공간을 확보해야만 한다. 또한 여러 분산 시스템으로부터 취득되는 원시 데이터(Raw Data)를 모니터링 PC로 전송하는 과정에 있어 데이터양의 증가로 인한 성능 저하가 발생될 수 있다. 웹 기반으로 이루어진 모니터링 시스템의 경우 과부하에 의한 네트워크의 트래픽 문제가 발생할 수 있으며 최악의 경우 통신 마비상태까지 발생할 수 있다.

본 논문에서는 계통연계형 태양광 발전시스템의 계통투입 전류/전압 파형의 데이터를 추출하고 이를 모니터링 PC에서 복원하여 디스플레이 하는 과정에 큐빅 헤르미트 보간법(Cubic Hermite Interpolation)을 적용하여 정상상태 및 과도상태의 파형을 거의 완벽히 복원할 수 있는 방법을 제시한다. 제안된 방법은 헤르미트 보간법에 기반을 둔 알고리즘에 의해 추출된 적은 양의 데이터만을 이용하여 원 신호를 복원함으로써 타겟 시스템과 모니터링 PC간의 통신 속도를 향상시킬 수 있고 데이터 저장 공간을 줄일 수 있는 장점이 있다. 제안된 데이터 처리 방법의 타당성을 검증하기 위해 시뮬레이션 결과를 제시하며, 타 보간법 적용에 의한 결과와 비교하여 우

수성을 검증한다. 또한 계통연계형 태양광 발전 인버터의 모니터링 시스템에 적용하여 제안된 방식의 효율성을 실험적으로 검증한다.

## II. 보간법 기반의 데이터 취득과 저장

계통연계형 태양광 발전용 모니터링 시스템에서 계통투입 전류/전압 등의 파형을 복원하기 위해서 원 신호로부터 샘플링 된 모든 데이터를 사용하게 되면 모니터링 시스템의 과부하, 네트워크 통신 속도 저하와 같은 문제점을 가지게 된다. 이를 보완하기 위해 샘플을 저장 시킨 원시 데이터(Raw Data)를 사용할 수 있지만 데이터의 개수에 비례하여 원 신호의 복원율이 결정되기 때문에 원 신호와 유사한 파형의 복원은 곤란하다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서 제안된 모니터링 시스템은 원 신호 데이터로부터 큐빅 헤르미트 보간법에 기반을 둔 알고리즘에 의해 복원에 필요한 최소 양의 데이터를 추출하며, 이를 모니터링 PC로 전송하고 복원한다. 추출되는 데이터의 개수는 원 신호의 파형 형태에 따라 결정되지만 원시 데이터양보다는 항상 적은 데이터가 요구된다. 보간법은 반드시 원본 데이터를 포함하기 때문에 내삽법(內挿法)이라 부르며 주어진 데이터를 포함한 다항식 형태로 만들어져 측정되지 않았거나 데이터들 사이에 있는 중간값을 산출하기 위해 사용된다. 보간법의 종류로는 뉴턴(Newton), 라그랑지(Lagrange), 헤르미트(Hermite), 스플라인(Spline) 보간법을 비롯해 상당히 다양한 종류가 있다. 이러한 보간법들은 다항식 보간법으로  $n$ 차 다항식에 대한 일반적인 표현은 식(1)과 같다.

$$f(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_nx^n \quad (1)$$

만약  $(n+1)$ 개의 데이터 포인트가 존재하면 모든 포인트들을 통과하는 유일한 다항식의 차수는  $n$ 이 된다. 다항식(Polynomial) 보간법은  $n+1$ 개의 포인트들을 적합시키는 유일한  $n$ 차 다항식을 결정하는 것이며, 이 다항식을 이용하여 중간값을 계산해 낼 수 있다[5],[6].

뉴턴 보간법은 선형 보간법(1차 보간법)과 2차 보간법, 제차분 보간 다항식으로 구분된다. 선형 보간법은 가장 간단한 형태의 보간법으로 두 개의 점을 직선으로

연결하는 것으로 식(2)와 같다.

$$f_1(x) = f(x_1) + \frac{f(x_2) - f(x_1)}{x_2 - x_1}(x - x_1) \quad (2)$$

2차 보간법은 선형 보간법에 곡률(curvature)을 도입한 포물선을 이용한다. 두 점을 직선으로 연결하는 선형 보간법에서 생긴 오차를 곡선을 사용하여 정확도를 높인 방식으로 2차 보간법은 식(3)과 같다.

$$f(x) = b_0 + b_1(x - x_0) + b_2(x - x_0)(x - x_2) \quad (3)$$

제차분 보간 다항식은 저차분에 의해 과차분이 만들어지는 형태로서 고차 보간 다항식 계산이 쉽고 컴퓨터 알고리즘으로 개발이 간단하다. 제차분 보간 다항식은 식(4)와 같다.

$$f_n(x) = f[x_0] + \sum_{k=1}^n f[x_0, x_1, \dots, x_k](x - x_0) \dots (x - x_{k-1}) \quad (4)$$

라그랑지 보간법은 제차분들의 계산을 하지 않도록 뉴턴 제차분 보간 다항식을 간단하게 공식화하여 만들어 졌다. 다항식의 형태가 단순하여 저차수의 다항식을 계산할 때 주로 사용된다. 라그랑지 보간법은 제차분의 계산과 기억을 요구하지 않기 때문에 다항식의 차수를 미리 알고 있는 경우 주로 사용되지만 고차 다항식에서는 오차가 커지는 문제점이 발생한다[5],[6]. 라그랑지 보간 다항식은 식(5)와 같다.

$$f_n(x) = \sum_{i=0}^n L_i(x)f(x_i) \quad (5)$$

$$\text{여기서 } L_i(x) = \prod_{\substack{j=0 \\ j \neq i}}^n \frac{x - x_j}{x_i - x_j}$$

뉴턴과 라그랑지 보간법은 다항식 차수가 높을수록 다항식의 개수가 증가하게 된다. 하지만 보간법에서 고차 다항식 개수의 증가는 절단 오차 및 초과 등으로 보간 능력이 감소하게 되어 바람직하지 않다. 이를 해결하기 위한 방법으로 데이터들의 부분집합에 저차 다항식을 연결하여 만든 스플라인 함수가 있다. 3차 곡선을 사용하여 데이터를 연결하는 3차 스플라인(Cubic Spline)은 데이터 포인트들을 3차 곡선으로 제한하여 진동을 최소화하고 급격히 변화하는 함수에 우수한 근사값을 얻을 수 있다[5],[6].

본 논문에서 응용되는 큐빅 헤르미트 보간법은 라그랑지와 스플라인 보간법의 특성을 더욱 개선시킨 방법이다. 큐빅 헤르미트 보간법은 어떤 독립변수 x에 대하여 측정값 f(x)와 측정값의 순간변화율인 함수의 기울기를 얻을 수 있으며, 데이터 한 점에서의 측정값과 변화율을 만족하는 보간 다항식을 구하여 보다 정확한 함수의 근사값을 얻을 수 있다[7]. 본 논문에 적용된 헤르미트 다항식은 식(6)과 같다.

$$H_n(x) = (-1)^n e^{x^2/2} \frac{d^n}{dx^n} e^{-x^2/2} \quad (6)$$

그림 1은 제안된 큐빅 헤르미트 보간법을 응용한 데이터 추출 및 복원 방법을 적용한 모니터링 시스템의 기본 개념을 보여준다. 제안된 방법은 계통투입전류/전압 등의 AC 파형을 정해진 샘플링율에 따라 S&H (Sample and Hold)를 거쳐 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환

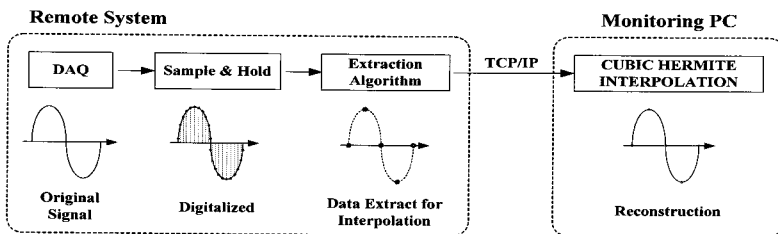


그림 1. 제안된 데이터 추출 및 복원 방법  
Fig. 1 Proposed data extraction and reconstruction method

한다. 이때 큐빅 헤르미트 보간법을 응용한 알고리즘에 의해 복원에 필요한 최소의 데이터가 추출된다. 추출된 데이터는 TCP/IP 통신을 통해 모니터링 PC로 전송되어 저장되고 모니터링 PC는 저장된 데이터에 큐빅 헤르미트 보간법을 적용하여 원 파형을 복원하여 화면에 표시하게 된다. 데이터 추출에 이용되는 큐빅 헤르미트 기반의 알고리즘은 그림 2의 해당 조건을 따라 데이터를 추출하게 된다. 즉 디지털화 된 데이터를 분석하여 데이터 변화 기울기의 방향 또는 부호의 변동이 발생하는 점, 샘플 데이터의 처음과 마지막 포인트를 추출한다.

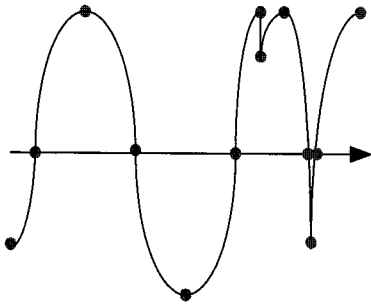


그림 2. 데이터 추출 조건  
Fig. 2 Condition for data extraction

### III. 시뮬레이션 및 실험결과

제안된 큐빅 헤르미트 보간법을 이용한 데이터 추출 및 복원 방법을 실제 태양광 발전용 모니터링 시스템에 적용하기 전에 시뮬레이션을 실행하여 타당성을 검증하였다.

그림 3은 정현파와 왜곡조건을 포함한 임의의 파형에 대한 복원 시뮬레이션 결과이다. 그림 3(b)와 같이 정현파를 복원하기 위해서 추출되는 데이터 개수는 매우 작음을 알 수 있다. 그러나 왜곡조건을 포함한 임의파형에 대한 복원 결과에서 알 수 있듯이 파형의 형태에 따라 추출되는 데이터 개수가 변하게 되며 파형의 왜곡이 심할수록 추출되는 데이터 수는 증가하게 된다. 특히 스위

칭 노이즈 등의 미세한 고주파 성분이 파형에 다양으로 포함될 경우에는 추출되는 데이터양이 크게 증가될 수 있으므로 실제 시스템을 구현할 경우에는 특정 값 미만의 변화는 무시하는 일종의 필터링 개념의 알고리즘이 추가되어야 한다.

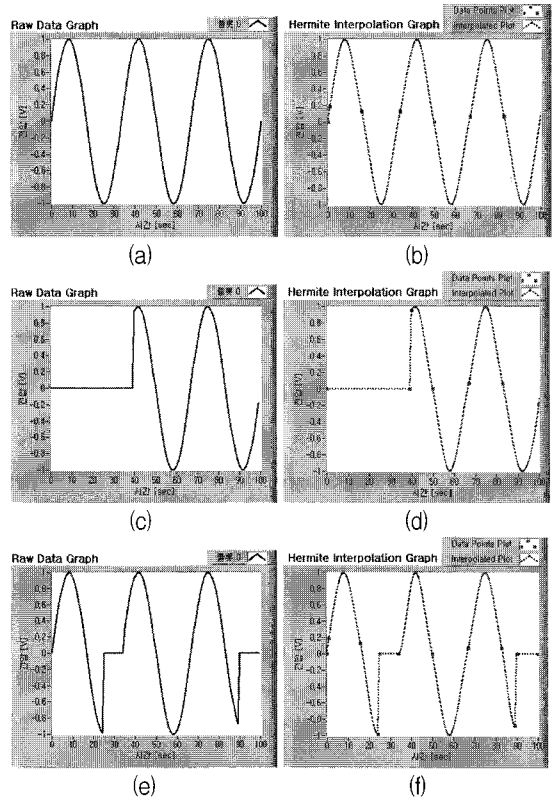


그림 3. 파형 복원 시뮬레이션, (a)사인파, (b)사인파 복원, (c)임의파형 1, (d)임의파형 1 복원, (e)임의파형 2, (f)임의파형 2 복원

Fig. 3 Simulation for waveform reconstruction, (a)sinusoidal waveform, (b)reconstruction of sine wave, (c)arbitrary waveform 1, (d)reconstruction of arbitrary waveform 1, (e)arbitrary waveform 2, (f)reconstruction of arbitrary waveform 2

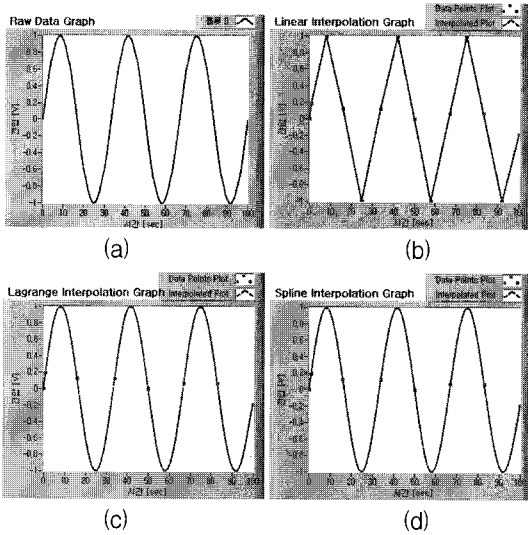


그림 4. 타 보간법을 적용한 정현파 복원, (a)정현파, (b)선형, (c)라그랑지, (d)스플라인  
 Fig. 4 Sinusoidal wave reconstruction using other interpolations, (a)sinusoidal, (b)linear, (c)Lagrange, (d)Spline

그림 4는 정현파에 대하여 선형, 라그랑지, 스플라인 보간법을 적용하여 제안한 방법으로 데이터를 추출하고 파형을 복원한 결과를 보여준다. 라그랑지, 스플라인 보간법은 우수한 복원력을 보여주지만 추출된 포인트 사이를 직선으로 연결하는 그림 4(b)의 선형보간법은 큰 오차율이 발생함을 알 수 있다.

그림 5는 왜곡 조건을 가지는 임의의 파형에 대하여 선형, 라그랑지, 스플라인 보간법을 적용하여 파형을 복원시킨 시뮬레이션 결과를 보여준다. 그림 5(b)의 선형 보간법은 추출된 포인트 사이를 직선으로 연결하기 때문에 여전히 큰 오차율이 발생한다. 그림 5(c)의 라그랑지 보간법은 식(5)에서 알 수 있듯이 분모의 데이터 변화가 0에 가까운 조건에서는 거의 무한의 값이 발생하는 문제로 인해 복원력이 크게 떨어지며, 그림 5(d)의 스플라인 보간법 역시 동일한 구간에 있어 어느 정도 개선되어 있지만 큰 오차율이 발생함을 알 수 있다.

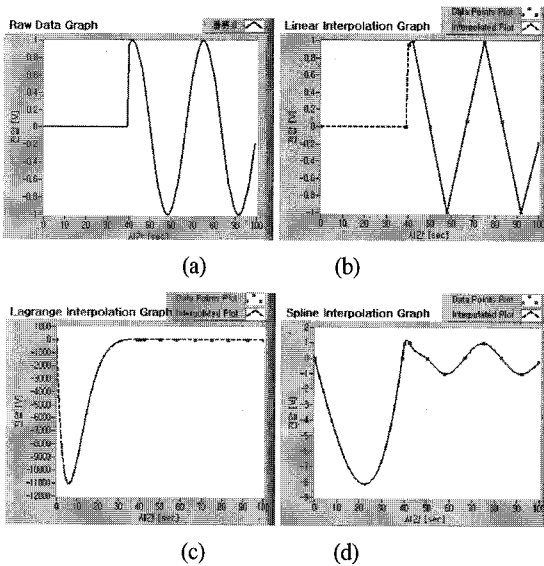


그림 5. 타 보간법을 적용한 왜곡파형의 복원, (a)원 신호, (b)선형, (c)라그랑지, (d)스플라인  
 Fig. 5 Distorted wave reconstruction using other interpolations, (a)original, (b)linear, (c)Lagrange, (d)Spline

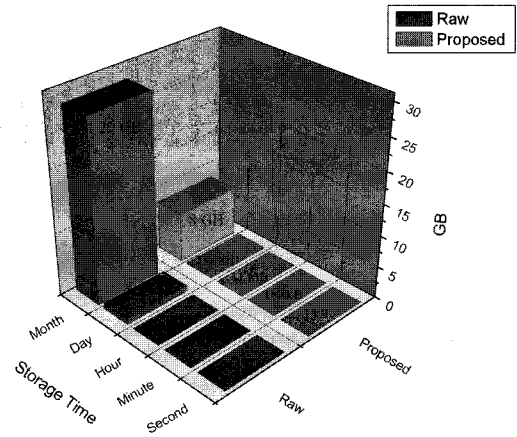


그림 6. 데이터 저장 공간 비교  
 Fig. 6 Comparison of data storage space

그림 6은 정현파 한 주기에 해당하는 데이터를 큐빅 헤르미트 보간법을 적용하여 데이터를 추출하고 모니터링 PC에 저장하는 경우와 원시 데이터를 모두 저장할 경우 요구되는 저장 공간을 비교한 시뮬레이션 결과이다. 일반화된 결과를 도출하기 위하여 정현파 복원을 위한 저장 공간을 비교하였다. 헤더정보를 제외한 Binary 데이터를 저장한 경우이며 약 3.6배에 해당하는 데이터 저장 공간을 줄일 수 있음을 확인할 수 있다.

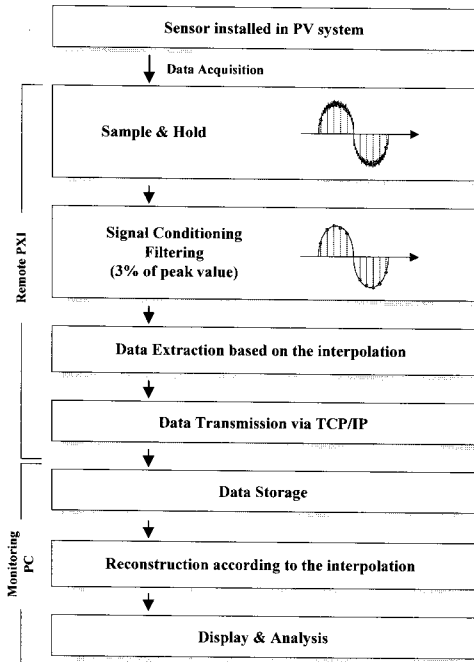
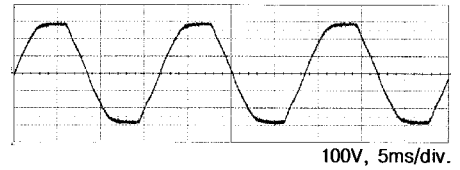


그림 7. 제안된 모니터링 시스템의 구현  
Fig. 7 Embodiment of proposed monitoring system

본 논문에서 제안된 큐빅 헤르미트 보간법 기반의 데이터 추출/복원 방법에 대한 타당성을 검증하기 위하여 노이즈와 고조파 성분 등을 포함하는 3kW급, 220V, 60Hz 출력의 계통연계형 태양광 발전 인버터의 출력전압을 모니터링 하였다.

그림 7은 제안된 방식을 태양광 인버터를 대상으로 구현하기 위한 데이터 취득/전송/저장/복원의 과정을 나타낸다. 태양광인버터의 출력전압으로부터 샘플링된 데이터는 노이즈 제거를 위한 필터링 과정을 거친 후 복원에 필요한 데이터만이 추출된다. 필터링 과정이 없는 경우에는 큐빅 헤르미트 알고리즘에 의해 추출되는 데이터의 개수가 최악의 경우 원시 데이터양과 동일해질 수 있기 때문에 제안된 방식의 효율성이 저하된다. 추출된 데이터는 TCP/IP 통신에 의해 모니터링 PC로 전송되어 저장되며, 화면 표시를 위해 다시 보간법 알고리즘을 이용하여 원 파형으로 복원된다.



(a)

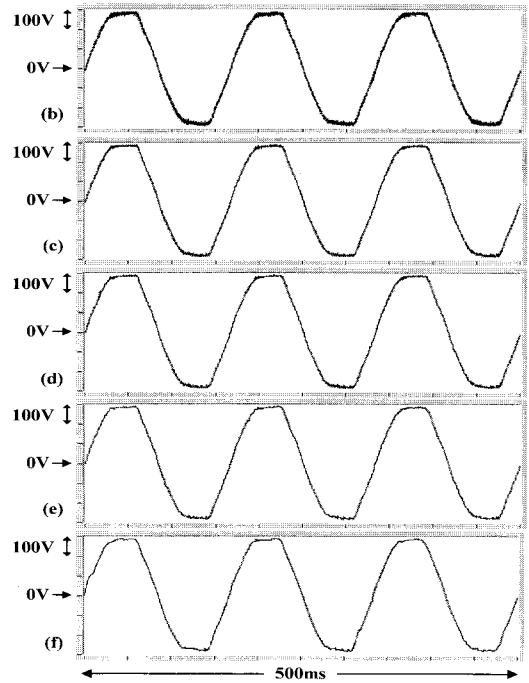
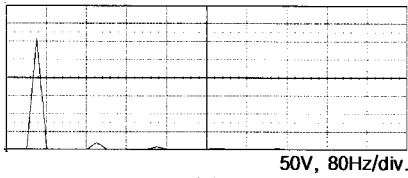


그림 8. 정상상태 파형 복원, (a)측정파형, (b)원신호, (c)피크치 1% 이하 제거, (d)피크치 2% 이하 제거, (e)피크치 3% 이하 제거, (f)피크치 4% 이하 제거  
Fig. 8 Reconstruction at steady-state, (a) measured, (b)original, (c)eliminating 1% of peak value, (d)eliminating 2% of peak value, (e)eliminating 3% of peak value, (f)eliminating 4% of peak value

그림 8(a)는 정상상태에서의 인버터 출력전압을 오실로스코프로 계측한 화면이며, 그림 8(b)는 동일한 파형을 모니터링 PC에 전송하여 표시한 화면이다. 원시 데이터의 개수는 10,000개이며 헤더정보를 제외한 2진 데이터로 저장될 경우 65KB의 저장 공간이 필요하다. 그림 8(c)부터 그림 8(f)까지는 피크치의 1%부터 4%까지에 해당하는 데이터를 제거한 후 복원시킨 파형을 보여준다. 스위칭 노이즈 등의 미세한 변화분은 복원에서 제외되지만 그림 8(e) 파형까지는 원신호의 형상을 유지하고 있음을 확인할 수 있다.

그림 9는 그림 8의 파형에 대한 FFT 분석결과를 보여 준다. FFT 결과에서 알 수 있듯이 저차 고조파 성분에 대한 복원율은 매우 우수함을 알 수 있다. 하지만 실험에 이용된 인버터의 스위칭 주파수에 의해 발생하는 10kHz와 이의 배수 영역에 나타나는 고조파는 피크치의 3% 이하 값을 제거할 경우부터는 거의 나타나지 않는다.



(a)

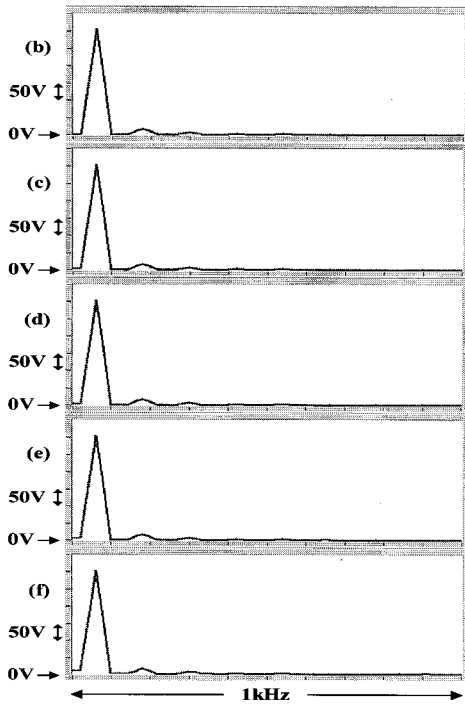
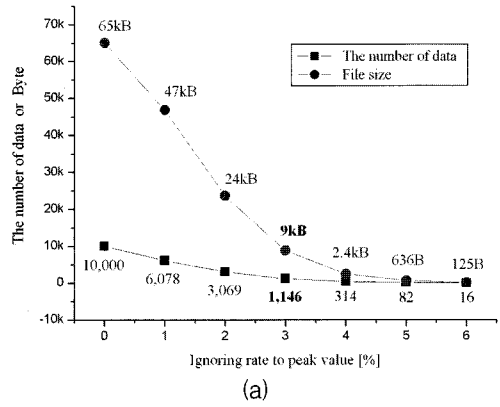
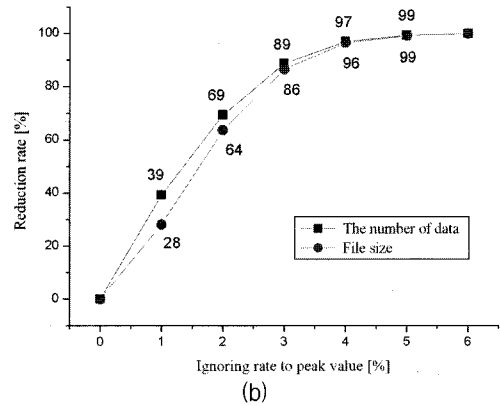


그림 9. FFT결과, (a)측정파형, (b)원신호, (c)피크치 1% 이하 제거, (d)피크치 2% 이하 제거, (e)피크치 3% 이하 제거, (f)피크치 4% 이하 제거

Fig. 9 FFT results, (a)measured, (b)original, (c)eliminating 1% of peak value, (d)eliminating 2% of peak value, (e)eliminating 3% of peak value, (f)eliminating 4% of peak value



(a)



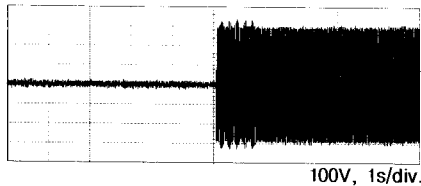
(b)

그림 10. 데이터 필터링에 따른 저장공간 비교, (a)데이터 개수에 따른 저장공간, (b)파일 크기의 감소율

Fig. 10 Comparison of storage space according to data filtering, (a)storage space due to the number of data, (b)reduction rate of file size

그림 8의 결과를 토대로 데이터 개수의 변화에 따른 저장 공간의 변화와 파일크기의 감소율을 그림 10의 그래프에 나타내었다. 그림 10(a)의 피크치 3% 이하의 변화분을 무시한 결과로부터 복원을 위해 요구되는 데이터의 개수는 1,146개, 그리고 필요한 저장 공간은 9kB로 원 데이터를 모두 이용하는 경우와 비교하여 각각 89%와 86%의 데이터 개수와 저장 공간에 대한 감소율을 얻을 수 있다. 이는 그림 8(e)의 파형에 해당하며 원 파형의 형태를 크게 훼손하지 않는 조건에서 효율적인 복원이 가능하다.

그림 11은 태양광인버터의 기동상태에서의 출력전압 모니터링 결과이다. 그림 11(a)는 오실로스코프로 계측한 파형이며, 그림 11(b)는 원시 데이터 모두를 이용하여 모니터링 PC에 표시한 화면이다. 피크치의 3% 이하의 변화분을 무시한 조건에서의 결과 파형인 그림 11(c)에 알 수 있듯이 과도상태의 경우에도 복원력이 무난하지만 복원을 위해 추출되어야하는 데이터의 개수가 5,910개로 정상상태의 1,146개와 비교하여 4,764개가 증가하게 된다. 그러나 그림 11(a)에서 알 수 있듯이 기동시 과도상태는 약 1초 정도의 짧은 구간이며, 특히 계통연계형 태양광인버터의 특성상 기동/차단을 빈번하게 반복하지 않으므로 전체 데이터양이 크게 증가되지는 않는다.



(a)

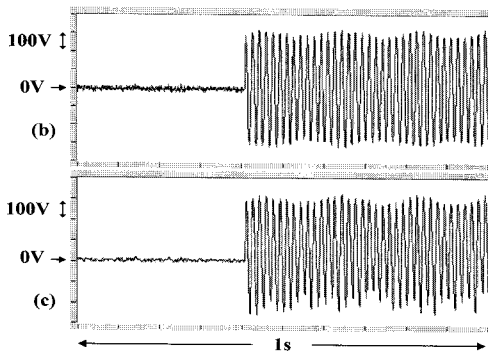


그림 11. 과도상태 파형 복원, (a)측정파형, (b)원시파형, (c)피크치 3% 이하 제거 후 복원파형  
Fig. 11. Reconstruction at transient, (a)measured, (b)original, (c)reconstructed waveform after eliminating 3% of peak value

#### IV. 결 론

본 논문에서는 데이터 추출/전송/복원/저장 과정에 있어 데이터를 효율적으로 처리할 수 있는 큐빅 헤르미

트 보간법 기반의 모니터링 방법을 제시하였다. 제안된 방법은 AC 파형의 실시간 디스플레이를 위해 사용할 경우 적은 데이터를 이용하여 파형을 거의 완벽히 복원할 수 있어 효율적인 데이터 관리 및 저장이 가능하다. 제안된 데이터 처리 방법의 타당성을 검증하기 위해 시뮬레이션 결과를 제시하고, 타 보간법 적용에 의한 결과와 비교하여 우수성을 검증하였으며 계통연계형 태양광 발전 인버터의 모니터링 시스템에 적용하여 제안된 방식의 효율성을 실험적으로 검증하였다.

#### 감사의 글

이 논문은 2007년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (KRF-2006-331-D00196)

#### 참고문헌

- [1] 빈재구, 강필순, 김철우, “태양광발전시스템의 효율적인 운용과 관리를 위한 모니터링 및 제어 시스템”, 한국해양정보통신학회논문지, Vol. 11, No. 3, pp. 532-539, 2007년 3월.
- [2] 임중열, 강병복, 윤정필, 박세준, 윤필현, 차인수, “주택용 태양광발전시스템의 실시간 모니터링 기술”, 전력전자학술대회논문집(2), pp. 953-956, 2003년 7월.
- [3] 박세준, 강병복, 윤정필, 윤필현, 임중열, 차인수, “Web을 이용한 태양광발전시스템의 모니터링 기술”, 전력전자학술대회논문집(2), pp. 949-952, 2003년 7월.
- [4] 양시창, 문채주, 장영학, 소순열, 김의선, “태양광발전 시스템의 인터넷 모니터링”, 전력전자학술대회 논문집, pp. 529-531, 2006년 6월.
- [5] 김태국, 나양, 신동신, 이승배, “공학도를 위한 수치 해석”, 한국맥그로힐, 2006년.
- [6] 정세영, 윤재현, 이규봉, 오세영, “수치해석학”, 경문사, 1996년.
- [7] 김희상, 이상호, 고훈석, “An Image Interpolation Using Cubic Hermite Method”, 대한전자공학회 학술대회 논문지, 제11권, 제1호, pp. 33-36, 1998년.



## 저자소개



**이 상 혁(Sang-Hyeok Lee)**

2007년 한밭대학교 제어계측공학  
(공학사)

2007년~현재 동대학 석사과정

※ 관심분야: 전력전자, 전력 IT, 대체에너지 시스템



**강 필 순(Feel-soon Kang)**

1998년 경상대학교 전기공학  
(공학사)

2000년 부산대학교 전기공학  
(공학석사)

2003년 부산대학교 전기공학(공학박사)

2004년 오사카대학 전기공학 박사후과정

2004년~현재 한밭대학교 제어계측공학과 조교수

2004년~현재 IEEE Trans. Industrial Electronics

Associate Editor

※ 관심분야: 전력전자, 전력 IT, 대체에너지