보간법을 이용한 효율적인 모니터링 시스템 구성

이상혁* · 강필순* · 정다훈*

*한밭밭대학교

Composition of effective monitoring system using an interpolation

Sang-Hyeok Lee* · Feel-soon Kang** · Da-Hun Jung

*Hanbat National University

E-mail : hanmail-lsh@hanmail.net

요 약

본 논문에서는 모니터링 시스템의 데이터 취득과 처리 과정에 있어 데이터를 효율적으로 저장, 복원시킬 수 있는 방법을 제시한다. 제안된 방법은 모니터링 타겟 시스템으로부터 취득된 원시 데이터(Raw Data)로부터 보간법을 기반으로 최소의 데이터를 추출한다. 제안된 데이터 취득과 복원 알고리즘은 큐빅 헤르미트(Cubic Hermite) 보간법에 기반을 둔다. 데이터 처리 방법의 타당성을 검증하기 위해 시뮬레이션 결과를 제시하고 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. 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 and 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 에너지원의 사용이 급증함에 따라 분산형 발전시스템의 운영과 관리를 위한 원격제어 및 모니터링 시스템에 대한 연구도 활발히 이루어지고 있다[1][2]. 최근 모니터링 시스템이 보편화되면서 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. 이러한 문제점을 극복하기 위해 본 논문에서는 계통연계형 태양광 발전시스템의 계통투입 전류/전압 파형의 데이터를 추출하고 이를 모니터링 PC에서 디스플레이 하는 과정에 큐빅 헤르미트(Cubic Hermite) 보간법을 적용하여 원신호의 파형을 거의 완벽히 복원할 수 있는 방법을 제안한다. 그리고 타당성을 검증하기 위해 시뮬레이션 결과와 계통연계형 태양광 발전 인버터의 모니터링 시스템에 적용하여 제안된 방식의 효율성을 실험적으로 검증한다.

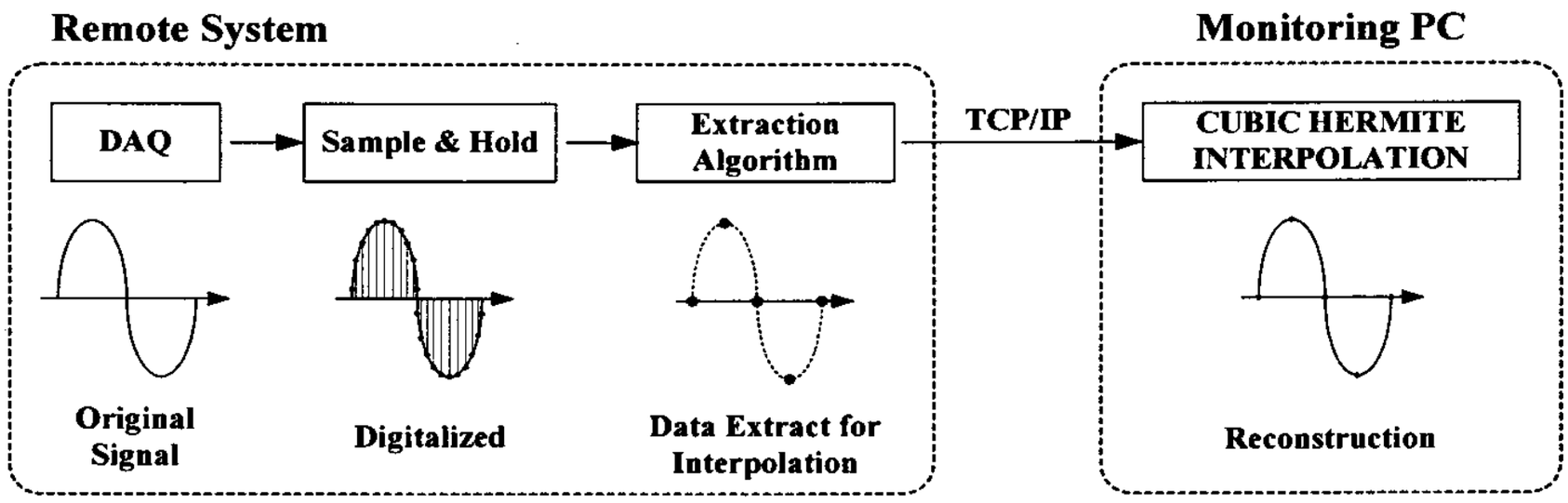


그림 1. 제안된 데이터 추출 및 복원 방법

II. 보간법 기반의 데이터 취득과 저장

원 신호의 파형을 복원하기 위해서 샘플링 된 모든 데이터를 사용하면 모니터링 시스템의 과부하, 네트워크 통신 속도 저하와 같은 문제점을 가지게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서 제안한 모니터링 시스템은 원 신호 데이터로부터 큐빅 헤르미트 보간법에 기반을 둔 알고리즘에 의해 복원에 필요한 최소 양의 데이터를 추출하며, 이를 모니터링 PC로 전송하고 복원한다. 보간법은 반드시 원본 데이터를 포함하기 때문에 내삽법(內揷法)이라 부르며 측정되지 않았거나 데이터들 사이에 있는 중간값을 산출하기 위해 사용된다[3][4]. 보간법의 종류에는 다항식(Polynomial), 뉴턴(Newton), 라그랑지(Lagrange), 스플라인(Cubic Spline) 보간법이 대표적이며 본 논문에서는 큐빅 헤르미트 보간법(Cubic Hermite Interpolation)을 사용하였다. 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 근사값를 얻을 수 있다[5].

$$H_n(x) = (-1)^n e^{x^2/2} \frac{d^n}{dx^n} e^{-x^2/2} \qquad \text{(식1)}$$

그림 1은 제안된 큐빅 헤르미트 보간법을 응용한 데이터 추출 및 복원 방법을 적용한 모니터링 시스템의 기본 개념을 보여주고 큐빅 헤르미트 보간법에 사용되는 데이터 추출 포인트 그림 2와 같이 데이터 변화 기울기의 방향 또는 부호의 변동이 발생하는 점, 샘플 데이터의 처음과 마지막 포인터를 추출한다.

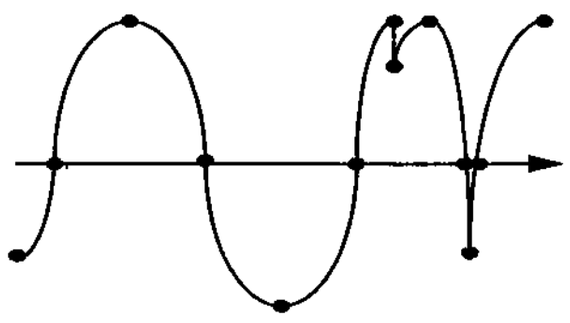


그림 2. 데이터 추출 조건
Fig. 2 Condition for data extraction

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 큐빅 헤르미트 보간법을 적용한 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.

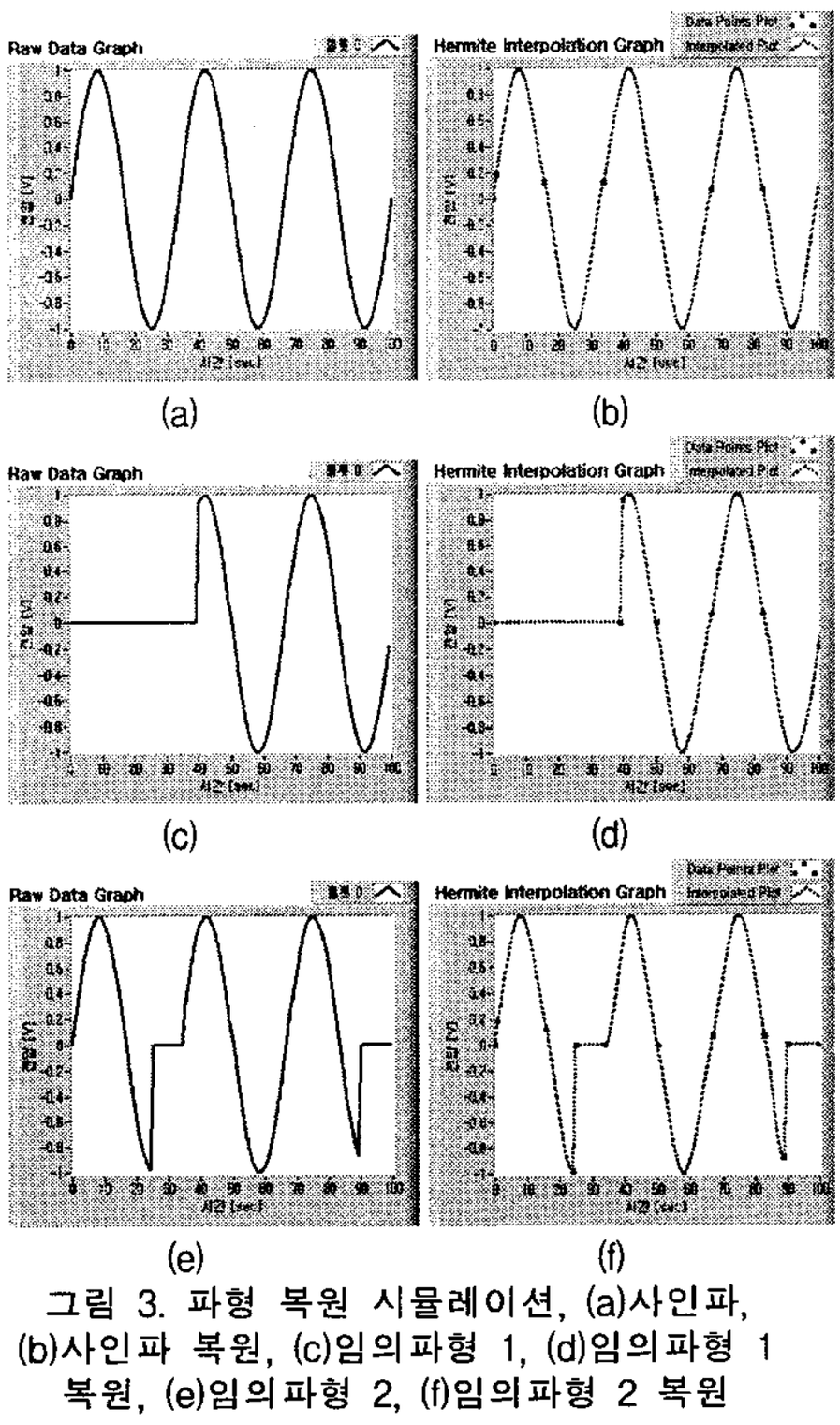


그림 3. 파형 복원 시뮬레이션, (a)사인파, (b)사인파 복원, (c)임의파형 1, (d)임의파형 1 복원, (e)임의파형 2, (f)임의파형 2 복원

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

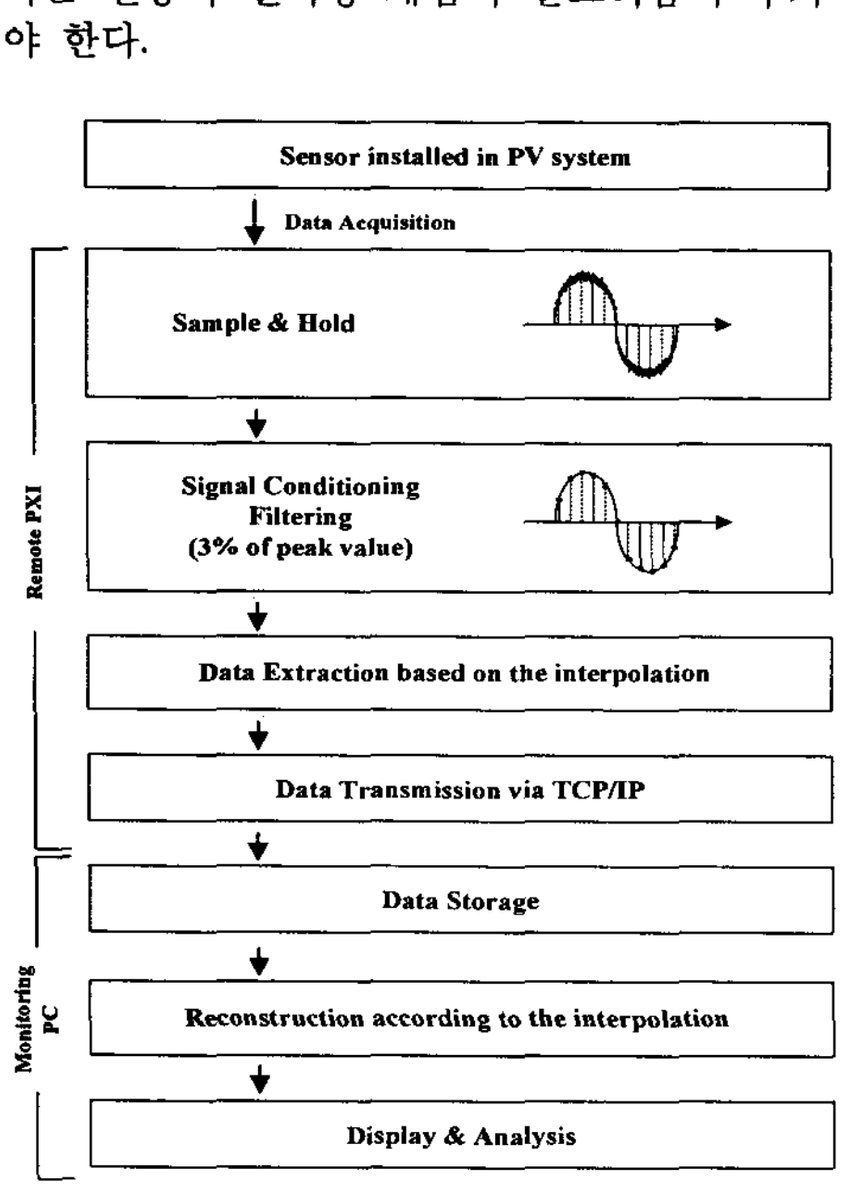


그림 4. 제안된 모니터링 시스템의 구현

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 4은 제안된 방식을 태양광 인버터를 대상으로 구현하기 위한 데이터 취득/전송/저장/복원의 과정을 나타낸다. 태양광인버터의 출력전압으로부터 샘플링 된 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.

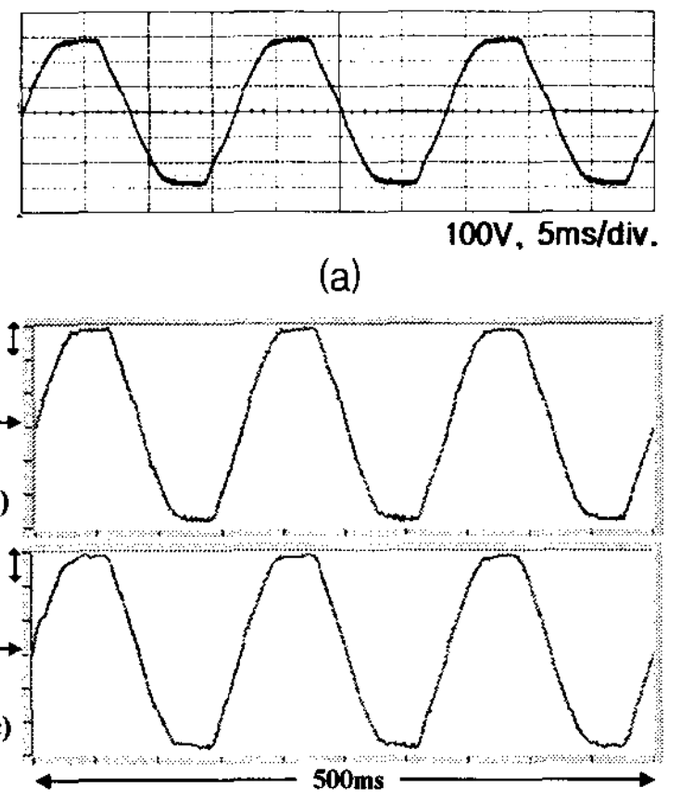


그림 5. 정상상태 파형 복원, (a)측정파형, (b)피크치 3% 이하 제거, (c)피크치 4% 이하 제거

그림 5(a)는 정상상태에서의 인버터 출력전압을 오실로스코프로 계측한 화면이며, 그림 5(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 5(b)는 3%, 그림 5(c)는 4%에 해당하는 피크치 데이터를 제거한 후 복원시킨 파형을 보여준다. 스위칭 노이즈 등의 미세한 변화분은 복원에서 제외되지만 피크치 3% 이하 제거에 해당하는 5(b) 파형은 원신호의 형상을 유지하고 있음을 확인할 수 있다.

그림 6는 그림 5의 파형에 대한 FFT 분석결과를 보여준다. FFT 결과에서 알 수 있듯이 저차 고조파 성분에 대한 복원율는 매우 우수함을 알 수 있다. 하지만 실험에 이용된 인버터의 스위칭 주파수에 의해 발생되는 10kHZ와 이의 배수 영역에 나타나는 고조파는 피크치의 3% 이하 값을 제거할 경우부터는 거의 나타나지 않는다.

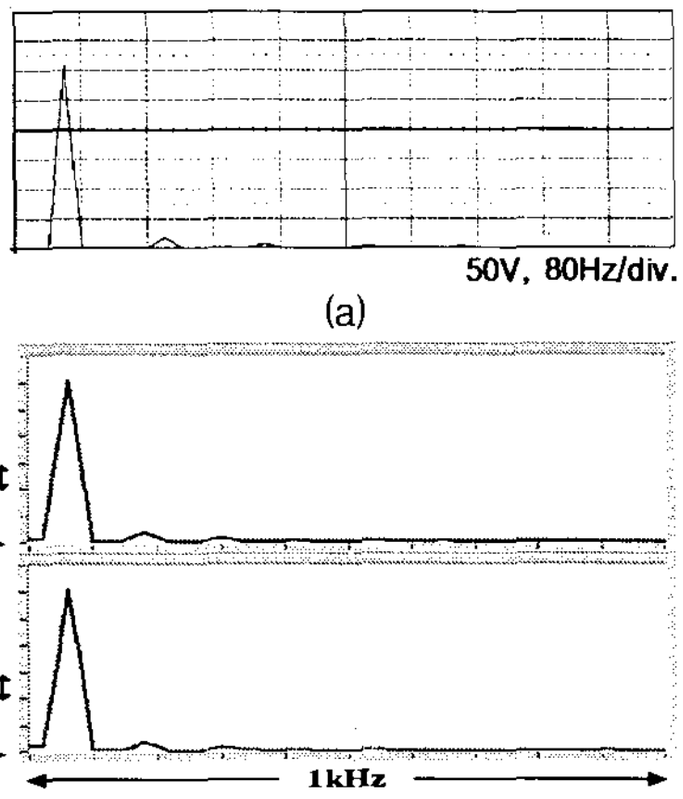
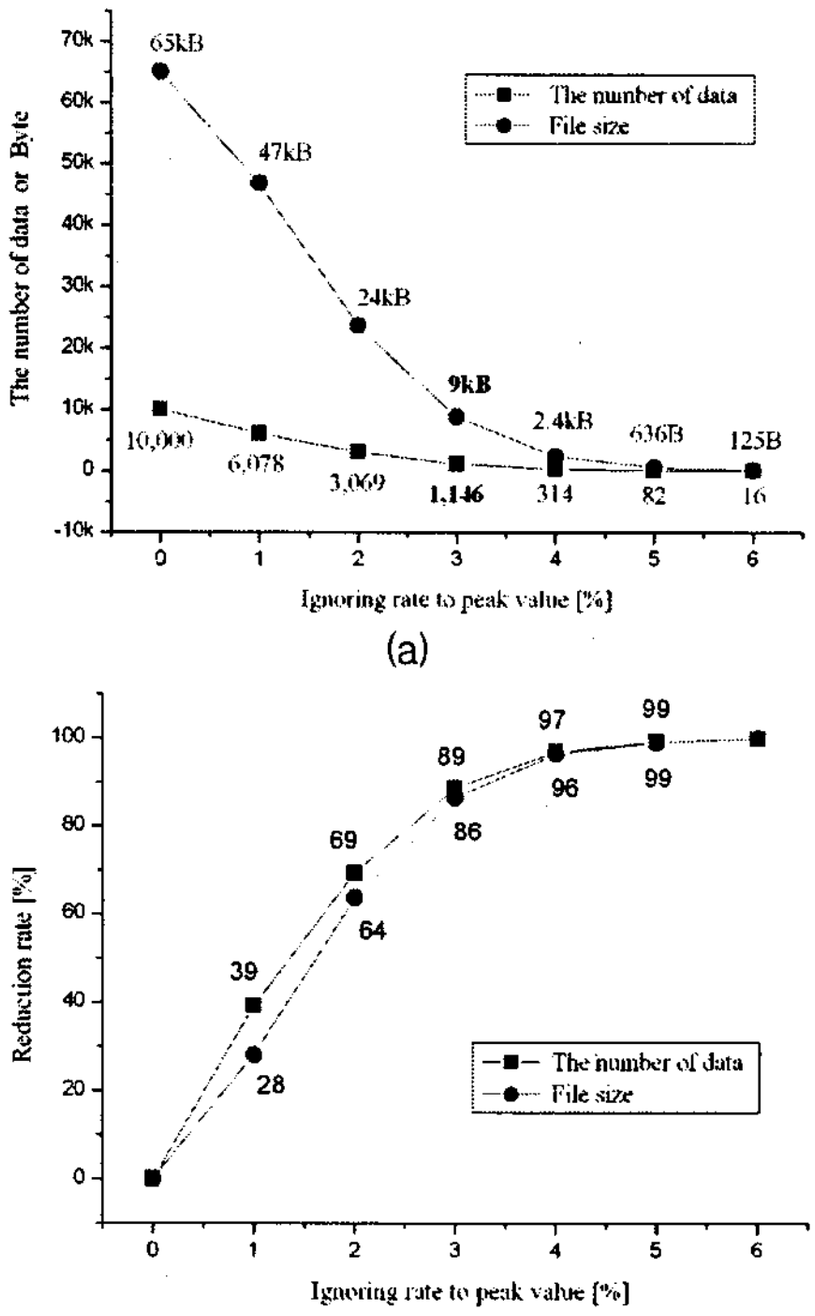


그림 6. FFT결과, (a)측정파형, (b)피크치 3% 이하 제거, (c)피크치 4% 이하 제거



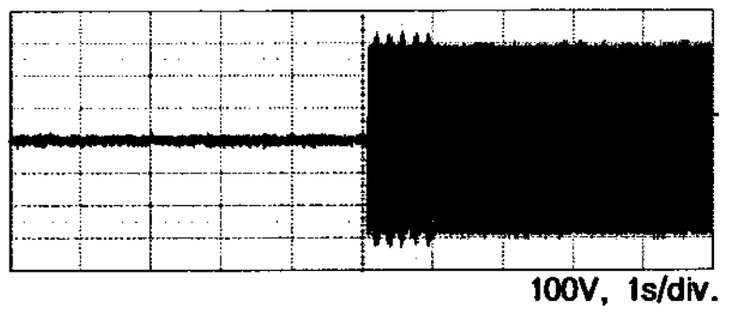
(a)

(a)

그림 7. 데이터 필터링 파일 크기에 감소율

그림 5의 결과를 토대로 데이터 개수의 변화에 따른 저장 공간의 변화와 파일크기의 감소율을 그림 7의 그래프에 나타내었다. 그림 7(a)의 피크치 3% 이하의 변화분를 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 5(b)의 파형에 해당하며 원 파형의 형태를 크게 훼손하지 않는 조건에서 효율적인 복원이 가능하다.

그림 8은 태양광인버터의 기동상태에서의 출력 전압 모니터링 결과이다. 그림 8(a)는 오실로스코프로 계측한 파형이며, 그림 8(b)는 원시 데이터 모두를 이용하여 모니터링 PC에 표시한 화면이다. 피크치의 3% 이하의 변화분을 무시한 조건에서의 결과 파형인 그림 8(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 8(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)

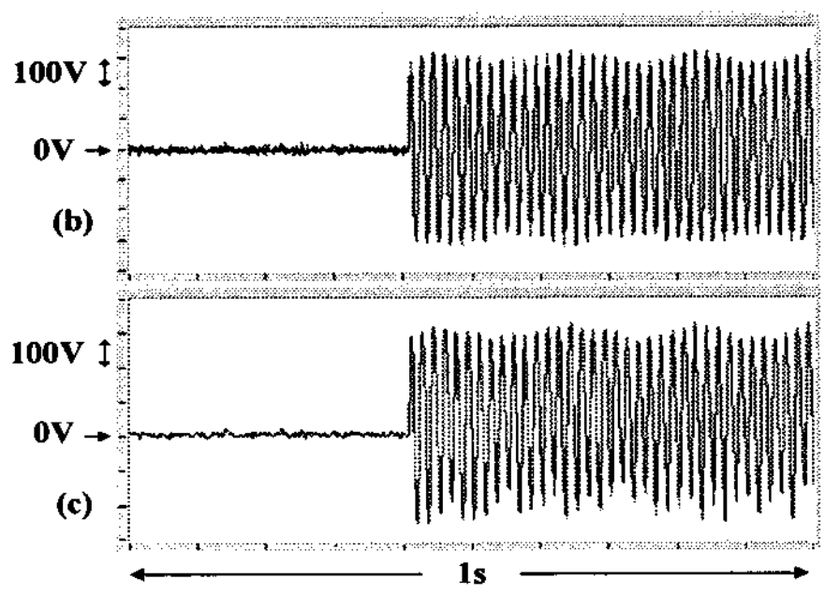


그림 8. 과도상태 파형 복원, (a)측정파형, (b)원시파형, (c)피크치 3% 이하 제거후 복원파형

Ⅳ. 결 론

본 논문에서는 데이터 추출/전송/복원/저장 과정에 있어 데이터를 효율적으로 처리할 수 있는 큐빅 헤르미트 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, 계통연계형 태양광 발전 인버터의 모니터링 시스템에 적용하여 제안된 방식의 효율성을 실험적으로 검증하였다.

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] 김태국, 나양, 신동신, 이승배, "공학도를 위한 수치해석", 한국맥그로힐, 2006년.

[4] 정세영, 윤재헌, 이규봉, 오세영, "수치해석학", 경문사, 1996년.

[5] 김희상, 이상호, 고한석, "An Image Interpolation Using Cubic Hermite Method", 대한전자공학회 학술대회 논문지, 제11권, 제1호, pp. 33-36, 1998년.