

## 이더넷 통신에 의한 부스트컨버터의 원격제어와 모니터링 시스템 구현

황인철, 양오  
청주대학교

### The Implementation of Remote Control and Monitoring System for Boost-Converter using Ethernet Communication

In-Chul Hwang, Oh Yang  
Dept. of electronic Engineering, Cheong-Ju University

**Abstract** - 산업분야의 통신시스템에는 주로 RS232C 통신, RS485 통신, CAN 통신 등이 주로 사용되었다면 근래에는 고속통신이 가능하며 공장 자동화(CIM)나 시스템 통합에 편리한 이더넷통신이 사용되고 있는 추세이다. 즉, 기존의 PC와 프로세서간의 통신의 방식에서 랜 선을 이용하여 원거리에서 프로세서의 제어와 모니터링이 가능하도록 구현되는 실정이다. 이더넷을 통해 연결된 시스템은 10Mbps~100Mbps의 빠른 속도로 모니터링과 제어가 가능하여 널리 사용되고 있다. 본 논문에서는 승압형 컨버터를 구현하기 위하여 마이크로프로세서는 컨버터의 입력전압과 출력전압이 필요하며 이를 마이크로프로세서 내부에 있는 12비트 A/D변환기로 구현하였다. 전압 제어를 위해서 본 논문에서는 25us 마다 PWM의 ON/OFF 폭을 미리 예측한 후 타이머를 이용하여 A/D 변환을 하도록 하였다. 원 칩 마이크로프로세서인 DSP(TMS320F2812)의 PWM 기능을 이용하여 승압형 컨버터에서 출력되는 전압을 계측하여 PID 제어이론을 바탕으로 전압을 제어하였다.

## 1. 서 론

기존의 RS232C 통신, RS485 통신, CAN 통신 등은 원거리 통신에 유리했지만 근래에 들어서는 근거리에서도 제어와 모니터링이 가능하도록 구현이 가능한 이더넷 통신이 추세이다. 이러한 이더넷 통신은 약 300M 까지 통신이 가능하고 Hub를 사용하여 세계 어느 곳에서나 제어나 모니터링이 가능하기 때문에 편리성이 많다.

이더넷을 구현하기 위하여 Wiznet에서 나온 W3150A+칩을 사용하였다. 이 칩의 특징으로는 이더넷에 필요한 기능이 내장되어 있기 때문에 해당 레지스터를 설정하여 주면 어렵지 않게 이더넷 통신을 구현할 수 있다.

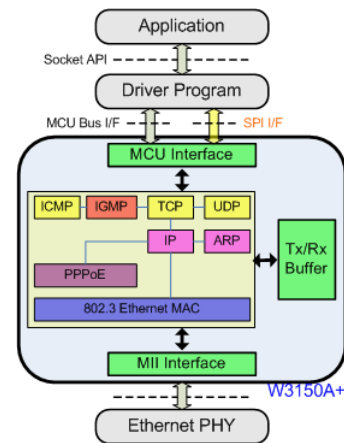
프로세서는 하나의 프로세서에 여러 가지 기능이 내장되어 하나의 칩만으로 구현이 가능한 원 칩 프로세서로서 대표적인 프로세서가 TI에서 나온 DSP이다. DSP는 각각 시리즈로 구별되어, 목적에 맞도록 여러 가지 기능이 구현되어 있다. 그중 2000시리즈는 제어를 지향하는 마이크로 프로세서로서 PWM(Pulse Width Modulation) 생성 로직 모듈, AD컨버터, DA컨버터 등의 제어에 관련된 기능이 내장되어 있다.

DSP(TMS320F2812)는 150MHz의 시스템 클럭으로 고속 연산이 가능하기 때문에 제어와 관련된 연산을 처리 하는데 우수한 성능을 발휘한다. 본 논문에서는 승압형 컨버터로써 Boost 컨버터를 사용하였으며 25~50[V]의 입력전압으로 40[V]~80[V]의 출력전압을 이더넷을 이용한 원격으로 제어하고 이때 스위칭 주파수 40KHz의 사양으로 선정하였다. PWM의 제어는 12 비트의 AD 컨버터를 이용하여 출력전압을 샘플링 하였으며, 이렇게 하여 얻어진 출력 전압을 PWM 제어에 이용하였다.

퍼지나 신경망, 유전자(Genetic) 알고리즘과 같은 많은 현대 제어이론이 제안되고 있음에도 불구하고 산업현장에서 가장 많이 사용되고 있는 것은 고전적인 비례적분(PID) 제어기나 비례적분미분(PID) 제어기이다. 이러한 제어기들은 그 구조가 간단하고 구현하기 쉬우며, 또한 빠른 응답 특성을 가지기 때문에 여러 분야에서 아직까지 제어기로서 사용되고 있다. 본 논문에서는 이렇게 하여 구성된 제어기를 승압형 컨버터의 원격 제어에 적용하였으며, 과도 상태에서의 출력 특성, 정상 상태에서의 출력 특성, 부하전류에 따른 출력전압의 변화 등을 관찰하였다. PC상에서 출력전압의 상태, PWM의 Duty, 기준 값과의 오차 그리고 PI 제어기의 내부 파라미터 등을 모니터링 하였으며, PC상에서 기준 값을 변경하면서 출력 전압의 값을 관찰하여 원격제어가 잘 이루어지는지를 확인하였다.

## 2. 본 문

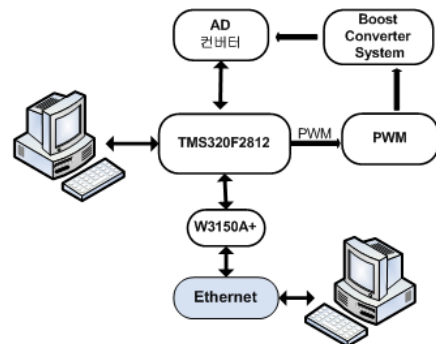
### 2.1 W3150A+의 구조 원리



<그림 1> W3150A+의 내부 블록 다이어그램

그림 1은 W3150A+의 블록 다이어그램을 나타내고 있다. 이더넷을 구현하기 위해서는 마이크로프로세서를 이용하여 ARP, ICMP, UDP, IP, TCP 등과 같은 프로토콜을 소프트웨어적으로 구현해야 하는 어려움이 있다. 본 논문에서는 이와 같은 프로토콜을 하드웨어 적으로 구현된 하드웨어 스택을 사용하였다. 대표적인 하드웨어 스택으로는 Wiznet에서 나온 W3150+ 칩을 사용하였다. W3150+에서는 ARP, ICMP 등과 같은 프로토콜은 하드웨어적으로 구성되어 간단히 'ping'을 이용하여 하드웨어를 시험할 수 있고 본 논문에서 사용한 프로토콜은 TCP/IP 프로토콜을 이용하여 부스트 컨버터의 내부 파라미터나 PID 제어기의 각종 파라미터를 모니터링하고 아울러 컨버터의 원하는 출력전압을 원격에서 제어할 수 있는 시스템을 구성하고자 한다.

### 2.2 제어 시스템 구성



<그림 2> 전체 시스템 구성도

그림 2의 시스템 구성도는 전체 제어 시스템의 구성도이다. 승압형 컨버터, 40KHz의 PWM과 AD 변환한 값으로부터 PWM의 Duty를 조정하는 DSP, 모니터링과 제어를 위한 PC, 그리고 이더넷 통신을 위한 모듈과 제어를 위한 PC로 구성된다.

DSP를 이용한 제어알고리즘을 구현하기 위해서는 3개의 입력신호와 1개의 출력 신호가 필요하다. 즉 입력전압  $V_{in}$ , 인덕터에 흐르는 전류  $I_{in}$ , 출력전압  $V_o$ 가 제어기에 입력되고 연산된 결과는 PWM 1개의 신호로 출력된다. 승압형 컨버터를 구현하기 위해서는 매 샘플링 시간마다  $V_{in}$ ,  $I_{in}$ ,  $V_o$ 가 DSP 내부에 있는 A/D 변환기에 입력되어 디지털 값으로 환산된다. 실제 DSP 내부에 있는 각각의 A/D 변환기는 입력 전압 값의 범위는 0~3 V이기 때문에 최대값 3 V가 입력 될때 12비트 A/D 변환기의 최대값인 4095가 나오도록 구성하였다.

### 2.2.1 승압형 컨버터의 전압, 전류 제어기 설계

$V_{in}$ ,  $I_{in}$ ,  $V_o$ 의 값을 구하기 위해 각각의 A/D 연산 결과 값에 이득  $K_v$ ,  $K_i$ ,  $K_o$ 를 곱하여 디지털 제어기를 구현하였다. 컨버터의 안정성을 고려하여  $V_{in}$ 과  $V_o$ 의 경우 각각 80V와 120V에서 과 전압 보호를 하였고  $I_{in}$ 의 경우 8A이상 흐를 경우 과전류 보호를 하였다. 비 정상 동작 되었을 때 PWM을 차단함으로써 컨버터의 오동작을 방지하였다.

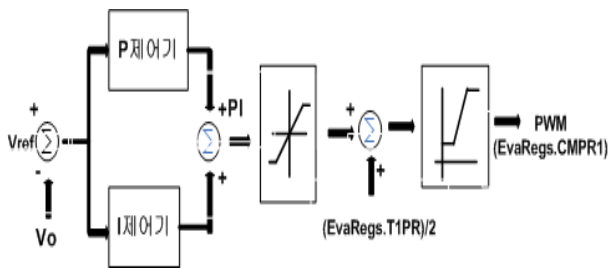
승압형 컨버터의 출력전압을 일정하게 동작하는 제어기로 기준전압 ( $V_{ref}$ )과 실제 출력값( $V_o$ )을 입력받아 전압오차  $V_{err}$ 가 적어지도록 비례(P), 적분(I), 제어기를 구성하였다.

$$V_{pi} = K_{vp} * V_{err} + K_{vi} \int_0^t V_{err}(\tau) d\tau \quad (1)$$

식 (1)을 구현할 때 제어기의 간편성과 설정 값의 변동에 신속한 응답을 위해 실수형 변수를 사용하지 않고 정수형 변수를 사용하였다.

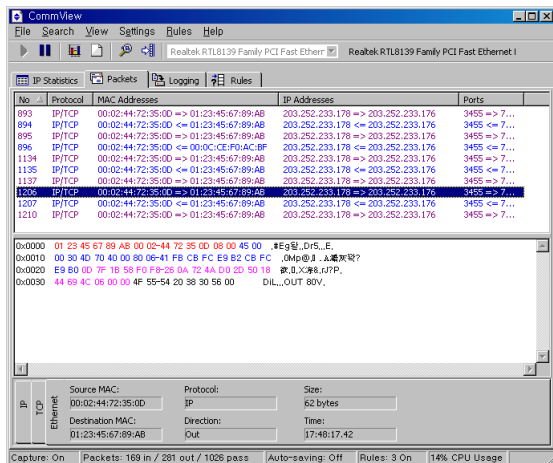
전압 PI 제어기의 포화 동작을 방지하기 위해 Anti-windup을 사용하였다.

전압 PI제어 연산을 위해 인터럽트를 발생하게 되는데 이때 대한 PWM 발생 로직은 다음과 같다. 매 스위칭 주파수마다 발생하는 인터럽트를 이용하여 전류 PI제어기의 출력이 PWM 레퍼런스에 반영하게 된다.

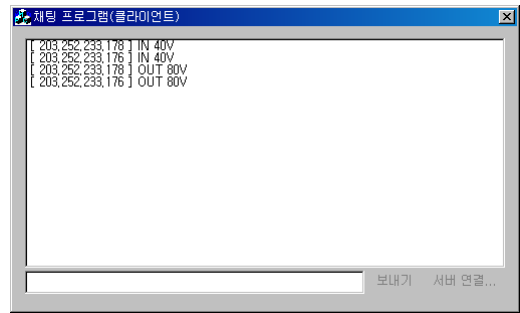


〈그림 3〉 PWM 신호 발생

### 3. 실험 결과 및 검토



〈그림 4〉 Comview 프로그램을 이용한 패킷 수신



〈그림 5〉 소켓 생성 프로그램을 이용한 패킷 송신

승압형 컨버터의 스위칭 주파수는 40KHz를 사용하였으며, 25us마다 입력 전압, 출력 전압, 및 인덕터 전류를 샘플링 하여 PI제어기에 의해 PWM 듀티(Duty)를 갱신하게 된다. 본 논문에서 설계된 전압 및 전류 PI제어기 이득은 아래의 표와 같다.

〈표 1〉 승압형 컨버터의 PI 제어기 파라미터.

종류	기호	값
전압 PI 제어기	$K_{vp}$	25
	$K_{vi}$	10
	$K_{vsat}$	2

〈표 2〉 실험 결과

	입력 전압	출력 전압
이론 값	40[V]	80[V]
실험 값	40[V]	79.5[V]

승압형 컨버터와 DSP(TMS320F2812)를 이용하여 위와 같은 결과들을 얻을 수 있었다.

### 4. 결 론

본 논문에서는 이더넷 통신에 의한 부스트 컨버터의 원격제어 및 모니터링 시스템을 구현하였다. 이를 위해 DSP(TMS320F2812)를 사용하여 전압, 전류 제어기는 비례적분(PI) 제어기로 설계하였다. 승압형 컨버터를 구현하기 위해서는 입력전압과 인덕터 전류 및 출력전압에 대한 정보가 필요하며, A/D 변환기를 사용하여 각각의 정보를 수집하여 최종적인 연산결과를 PWM으로 출력하여 원하는 출력전압을 얻게 되었다. 이더넷 통신은 기존의 직렬 통신에 비해 복잡하지만 구현이 되면 어느 곳에서나 제어가 가능하다는 장점이 있다.

### 〔참 고 문 헌〕

- [1] 이현우, “전력전자에 의한 전동기 제어”, 경남대학교 출판부
- [2] 김운서, 양오, “DSP를 이용한 승압형 DC-DC 컨버터의 원격제어”, 대한전자 공학회, 2003년
- [3] Wiznet, “W3150A+”, Datasheet, 2007
- [4] TMS320C/F28X Peripherals, “EV, ADC, eCAN, McBSP, SPI, SCI” Reference Guide, Texas Instruments, 2003