

CCS를 이용한 보호 계전요소 S/W 모듈 시뮬레이터

노재근, 이돈시, 정순영, 오재훈, 오성민, 권효철, 홍정기
(주)효성, 중공업연구소

Protection Relaying S/W Module Simulator using CCS Tools

Jae-Keun No, Don-Si Lee, Soon-Young Jung, Jae-Hoon Oh, Sung-Min Oh, Hyo-Chul Kwon, Jung-Gi Hong
HYOSUNG Corporation, Power & Industrial R&D Center

Abstract - 향후 개발 되어질 Digital Power IED (Protection & Measuring, Control, Supervision etc.) 에서 제작된 H/W 및 Simulation 용 Target Board 의 Firmware Process Flow 지침으로서 개발 경험을 바탕으로 보다 안정적이고 효율적인 Programming 을 가능하게 하고, 실시간 연산 Process 의 기준 확립 및 이해를 통한, 개선 아이디어 도출 및 수정 필요시 빠른 Trouble-Shooting 능력을 배양할 수 있다.

새로운 Process 아이디어의 Simulation 적용 및 확인으로 호환성과 안정성에 기반하는 F/W Optimization을 항상 유지 관리할 수 있으며, Measuring Element (전압, 전류, 전력, 주파수 등), Protection Element (OC, OCG, OV, OVG, UV, UC, DOC 등) 의 기준을 정함으로써 새로운 개발자에게는 개발 실무를 위한 교육 자료로 이용하고, 기존 개발자들에게는 안정된 F/W 모듈을 제공한다. 본 논문에서는 개발 시간을 단축하고, 다양한 진보 Process 접근을 원활히 할 수 있는 F/W 및 S/W 시뮬레이터를 제시한다.

1. 서 론

디지털 IED 의 제품 개발은 그 형식에 비해 대단히 까다로운 개발 과정을 거친다. 현재 적용분야가 매우 많은 디지털 전력보호 IED 및 Metering IED는 이미 많은 부분이 정형화되어 있고, 이를 구현하기에는 IED 관련 개발 경험이 있다면, 적절한 시간과 공간적 요소로서 어렵지 않은 일이다. 그러나, 이러한 정형화되었지만 복잡한 개념들은 개발자로 하여금 다른 생각을 갖게 되었고, 이러한 개발자의 마인드 덕분에 같은 Sequence Logic을 가진 알고리즘도 전혀 다른 프로그램이 양산되어 만일 개발자가 개발 참여를 중단한다면 그 업무 인수인계가 쉽지 않은 약점이 있다. 또한 이러한 업무 인력의 희귀성으로 인하여 반복적인 프로그래밍에 의한 반복적인 업무가 시간이 지나도 계속되는 상황이다. 그리하여 우리 (주)효성 중공업 연구소에서는 전력용 디지털 IED 에 적용할 수 있는 F/W 및 S/W 모듈을 구성하고 이에 대한 적용 테스트를 지속하고 있다. 작게는 신입 개발자의 OJT (On-The-Job Training)를 위한 효율적 자료로서, 크게는 현재 개발 중인 IED 류의 신뢰성 테스트의 기반으로 이용된다. 또한 추가적으로 여러 업무로 인한 업무 효율성 저하를 미연에 방지하고, 업무 인수인계 절차를 간소화 시킬 수 있다.

본 논문은 전력 IED 개발 업무를 System 부분, 계측 부분, 보호 계전 부분으로 분류하여, 이에 대한 표준화 모듈 을 제공하고, 그것의 활용으로써 개발 업무 효율성을 극대화할 수 있는 CCS (Code Composer Studio) Tool 기반의 Simulator를 제시한다.

2. 본 론

2.1 표준화 모듈 개요

디지털 IED를 개발하는 과정에서 고려되어야 Process는 MPU(Micro Process Unit)를 기준으로한 H/W System 부분과, 이를 제어하는 F/W, 그리고 이러한 장치를 활용하게끔 해주는 S/W 등이 있다. 무엇보다도 그 기능에 따라 디지털 보호 계전기 및 고정밀 디지털 계측기기 등은 연산 중심의 MPU 와 계측 Process 등을 공통으로 적용할 수 있으며, 특히 다양한 종류의 디지털 보호 계전기는 각 보호 기능에 대한 모듈화로서 그 기능에 대한 꾸준한 보완 및 수정이 가능하다. 이 장에서 주로 다루게 될 디지털 보호 계전기 및 고정밀 디지털 계측기기의 각 부분 모듈화 내용은 다음과 같다.

2.1.1 System 모듈화

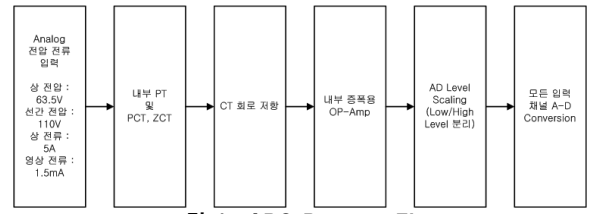
산업용 디지털 기기류는 보통 연산 및 제어 중심의 MPU 에 대한 설계 작업이 우선된다. 적절한 성능과 효율적인 메모리의 사용 및 전체적인 경제성 등의 포괄적 분석으로 System 부분 설계가 끝나게 된다.

또한 인터럽트 및 비휘발성 메모리의 사용, AD Conversion 부의 설계 등은 기본적인 System 활용에 사용되는 모듈이다. 이러한 모듈은

제품 목적에 의하여 어느 정도 공통점을 가지고 있으므로, 모듈화 초기에 좋은 Process Flow 및 Simulation 등에 대한 지속적인 관리 시, 관련 전체 제품에 대한 신뢰성은 상승하고, 그 개발기간은 상대적으로 단축시킬 수 있다. 물론 다양한 MPU 관련 제품을 일괄적으로 모듈화하는 것은 많은 노력과 관심이 있어야 될 내용이다. 인력 구성으로 보면 이러한 부분의 꾸준한 관심을 기울일 수 있는 여유가 필요하다.

다음은 구체적인 System Process 모듈의 자체 고려되어야 할 점이다

- IED 의 H/W 적 특성 및 설계 구조에 따라 적절한 Data 처리가 이루어져야 하며, 이에 대한 처리는 기대하지 않은 상황에 대비하게끔 Programming 되어야 함
- Atomic Processing 등의 Chip 자체 고급 기능은 그 기능의 정도에 따라 적절한 운용이 되어야 함
- CAN, IEEE1394 등의 Board 간 통신을 하고자 할 때는 Initial 부분 부터 명료하게 전개하여, 정확한 데이터 전송이 이루어지게 설계함.
- 기타 Chipset 및 External I/O, PLD 등은 H/W 개발자와 정보 공유 할 것
- 기본적인 H/W 부분의 정확한 이해 및 표준화로서 H/W 의 이해를 돕고, 향후 H/W Debugging 시 개선 Idea 를 도출함
- AI System Test Procedure는 향후 구체적인 Document를 제시한다. System 모듈에 대한 구체적인 안을 제시하였다. 여기서 가장 중요한 것은 System 모듈을 위한 기본적인 정보가 모두 정형화되어 있어야 하며, H/W, F/W, S/W 의 공통된 호환으로 유기적인 시스템을 구성하는 것이다. 예로서 AD Conversion 에 대한 Process Flow를 소개한다.



<그림 1> ADC Process Flow

2.1.2 계측 요소 모듈화

기본적인 전압, 전류의 Analog Source 입력으로써 자체 수치 및 전력, 주파수, 역률, 고조파 및 기타 PQ 요소 등을 계측하여야 하며, 이를 위한 방법은 무수히 많다. 그러나 이러한 방법론 뿐만 아니라, Analog 회로/ Digital 회로 / Analog Filter 등의 Process 이해와 기타 Phasor 연산 방법, 고조파 추출 등의 다양한 연산 모듈을 유연하게 처리할 수 있도록 설계하는 것이 중요하다. 그 예로서 계측 Process 중 기본적인 계측요소의 정확도와 안정성을 높이는 사전 Procedure 는 다음과 같다

- 내부 CT 및 PT 의 오차 예측
 - 내부 OP-Amp 및 회로 저항의 오차 예측
 - AD Converter 의 오차 및 정밀도 예측
 - Analog Low-Pass Filter 사양 및 그에 따른 위상, 크기 보상 필요성, 또한 고조파 계측의 영향 등을 고려하여 설계
 - 권장 Sampling Rate 및 Filter 사양
 - Digital Filter 의 활용 사양
 - Phasor 추출 알고리즘 및 그에 따른 Calibration 방법
 - 기타 요소 (대칭분, 전력량 누적, Demand 사용법, 고조파 Factor(THD, TDD, K-Factor, Derating 등)의 정의
- 위와 같은 요소 외에 현재 전력 계측의 상당한 관심을 가지고 있는 PQ(Power Quality) 등에 관한 요소는 따로 정리한다.
- 순시데이터를 이용한 PQ 요소 (Impulse, 주파수변동, DC-Offset 등)
 - 실효치 감시 요소 (Swell, Sag, Interruption 등)

2.1.3 보호 계전 요소 모듈화

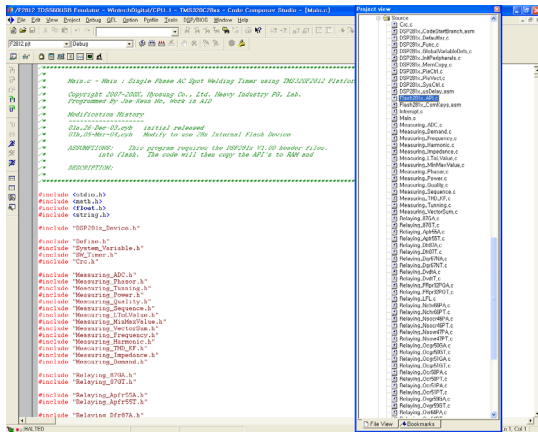
전력 계통 보호를 위한 계전요소의 종류는 매우 다양하며, 이러한 다양한 요소들은 서로의 유기적인 결합과 함께 실제 계통에서의 고장을 유추하여 빠른 시간에 판단하게 된다. 실제 정형된 보호 계전 요소의 구현은 Analog Source를 통한 입력이 정확하다면, 매우 안정된 판단 Process를 어렵지 않게 설계할 수 있다. 그러나 이러한 면 때문에 다른 요소보다 정형화된 이론은 자칫 큰 오류를 범할 수 있으며, 이 때문에 특히 모듈화를 통한 꾸준한 Simulation이나 구체적인 Process의 관리가 더욱더 중요하다. 다음은 각 source를 기준으로 한 보호 계전요소의 분류이다.

- 전류 Source 기반의 보호 요소 (50P, 51P, 50N, 51N, 46, 50BF, 79, 87, 37, 49 등)
- 전압 Source 기반의 보호 요소 (59, 64, 47, 27 등)
- 전압 및 전류 Source 기반의 보호 요소 (67P, 67G, 67N, 32P, 32Q)
- 그밖의 보호 요소
 - 주파수 기반(81O/U)
 - 임피던스 기반 (21, 21FL)
 - 전동기 Sequence 보호 (Stall/Lock) 등

2.2 모듈 검증을 위한 CCS Simulation Tool

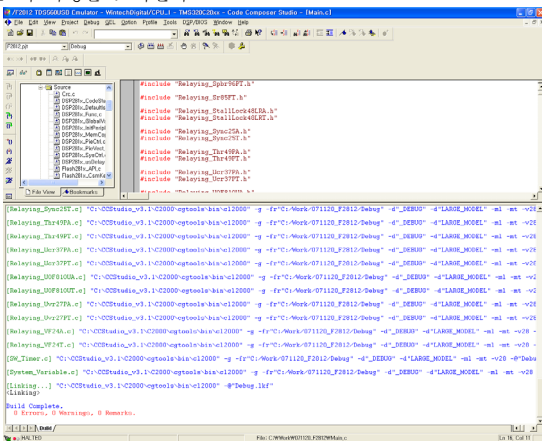
현재 가장 많은 사람들이 IED System에 사용하는 MPU는 보통 TI(Texas Instrument) DSP Series이며, 이는 Debugging Tool의 효율적인 지원 등으로 대부분 선호한다. 그리하여 위에서 분류되었던 System 및 계측/계전요소 등은 그 검증 절차를 거쳐 모듈로서의 위치를 구성하게 되는데, 이에 대한 Simulation Tool은 TI 전용 Emul./Simul. Tool인 CCS (Code Composer Studio)로 구성한다. 이는 다양한 Debugging 함수 및 레지스터 등의 Emulation을 가능하게 하고 실시간으로 Jtag이라는 자체 기능으로써 상태를 감시할 수 있다. 다음 몇가지 그림으로써 사용법을 소개한다

- <그림 2> 오른쪽에 CCS 전력 IED 모듈의 구성 형태가 보인다. 각 System, 계측, 계전 요소들은 파일 및 고유의 파일이름으로 시작한다. 또한 각 Source Code마다 Header 파일을 두어 부분별 변수 Initial. 및 설명 내용을 함께 신고 있다 (실제로 항목은 더 많다)



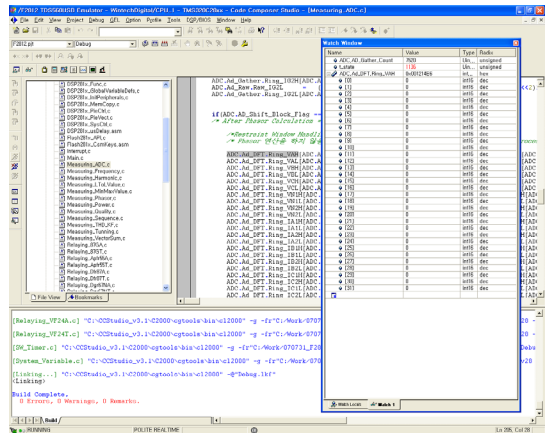
<그림 2> CCS 형태 및 모듈

- CCS는 자체 Compile 및 Link를 통하여 실행이 가능하다. <그림 3>은 이 과정을 표시한다



<그림 3> 모듈 Compile 작업

- CCS의 다양한 기능중에 가장 효율적으로 모듈 검증에 쓰이는 것은 Real-Time Watch-window는 실시간으로 개발자가 원하는 변수의 상태변화 및 데이터 감시가 가능하다. 기타 Register Watch 기능은 System의 상태를 추가로 감시할 수 있다. 이는 <그림 4>는 Real-Time Watch-window를 표시한다



<그림 4> CCS의 실시간 감시 기능

이처럼 CCS Tool을 사용하여 각 System, 계측, 보호 계전 모듈의 검증이 가능하고, 쉽게 현재 Flow 상태의 파악이 용이하다. 참고로 이의 CCS Tool은 전용 Emulator 등이 추가로 설치되어야 한다. 이는 반드시 고가일 필요는 없으며, CCS Version을 플랫폼용으로 사용한다면 TI의 모든 Chipset을 모두 구현할 수 있으므로, H/W와 달리 일부 F/W 및 기능 구현 S/W는 모듈화를 통한 관리가 가능하다.

Tool에 대한 사용법 등은 인터넷 서핑을 통하여 여러 자료를 습득할 수 있다. TI사에서의 User's Guide뿐만 아니라 설계관련된 개인 블로그 등의 글은 더 이해가 빠르며, 확실하지만 그래도 역시 가장 중요한 일은 많이 수행시켜보고, 실제 값이 Simulation 시 값과 일치하는지 검증하는 단계이다. 중요한 것은 Tool의 사용법이 아닌 준비된 모듈의 Process Flow가 개발자 생각과 일치하는지 아닌지를 판단하는 것이다. 또한 추가되는 요소에 의해서는 간단한 *c 및 *h의 추가로서 함수 호출의 방법으로 수행 감시가 가능하다. 또한 당사의 모듈 구현은 프로그램 뿐만 아니라 각각의 Source Code에 대한 설명문서 및 Flow-Chart, Block-Diagram으로 관리된다.

3. 결론

현재 개발자의 경험위주로 구현되어졌던 전력 IED, 특히 디지털 보호 계전기 및 고정밀 전력 Meter 등은 자체적인 H/W, F/W, S/W 적인 전문성 때문에 모듈 구현이 쉽지 않고, 그 관리도 어려웠지만, (주)효성 중공업 연구소의 전력 IED 유관 부서에서는 시간 및 공간적 투자를 통한 초기 모듈화를 이룩하였다. 이로써 중복적인 업무 처리 및 신제품에 대한 신뢰성과 안정성 향상 등에 이바지 하였으며, 추가로 개발 기간까지 단축시킬 수 있는 기반을 조성하였다. 이는 계속 유지 관리되어야 할 것이며, 선진사의 벤치마킹 관련 서적 및 논문 등으로 좀 더 효율적인 Upgrade가 가능할 것이고, 전력 계통 모의 Tool로서 얻어진 테스트 데이터의 각 요소 응동 사항 및 새로운 알고리즘의 테스트로서도 그 기능을 다할 것이다.

특히 개발자들은 좀 더 효율적으로 개발에 임하여, 기능 프로그래밍으로 낭비되는 시간을 보호 Scheme의 확대, 알고리즘의 적정성등의 연구를 할 수 있는 기회를 많이 가질 것이고, 이로써 국내 전력 IED, 구체적으로 디지털 보호 계전기 및 고정밀 디지털 계측기는 세계수준으로 끌어올려질 것이며, 범위를 확장하여 제어기, 감시기기 등에도 적용되어 실제 전력 IED의 큰 축을 형성할 것이라 믿어 의심치 않는다. 본 논문은 이를 뒷받침 해주는 척도가 될 것이다..

[참고 문헌]

- [1] (주)효성 중공업PM 전력PU, "Hysong Pro Series", 2005
- [2] J.Lewis Blackburn, "Protective Relaying-Principles & Application", 1987
- [3] Walter A. Elmore (ABB), "Protective Relaying Theory and Application", 1994
- [4] 백종철, "TMS320F28X CPU 핸드북", 2005
- [5] TI, "Tms320F28XX Reference Guide", 2005