



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년03월14일
(11) 등록번호 10-1244151
(24) 등록일자 2013년03월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01K 7/00 (2006.01) H05H 1/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2010-0136602
(22) 출원일자 2010년12월28일
심사청구일자 2010년12월28일
(65) 공개번호 10-2012-0074687
(43) 공개일자 2012년07월06일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020080002308 A
(논문.2006.05)

(73) 특허권자
한국기초과학지원연구원
대전광역시 유성구 과학로 169-148 (어은동)
(72) 발명자
이용렬
대전광역시 서구 월평동로 83, 다모아 아파트 11
2동 505호 (월평동)
박미경
대전광역시 유성구 노은서로 222, 104동 1802호
(지족동, 열매마을1단지)
(74) 대리인
특허법인대한

전체 청구항 수 : 총 10 항

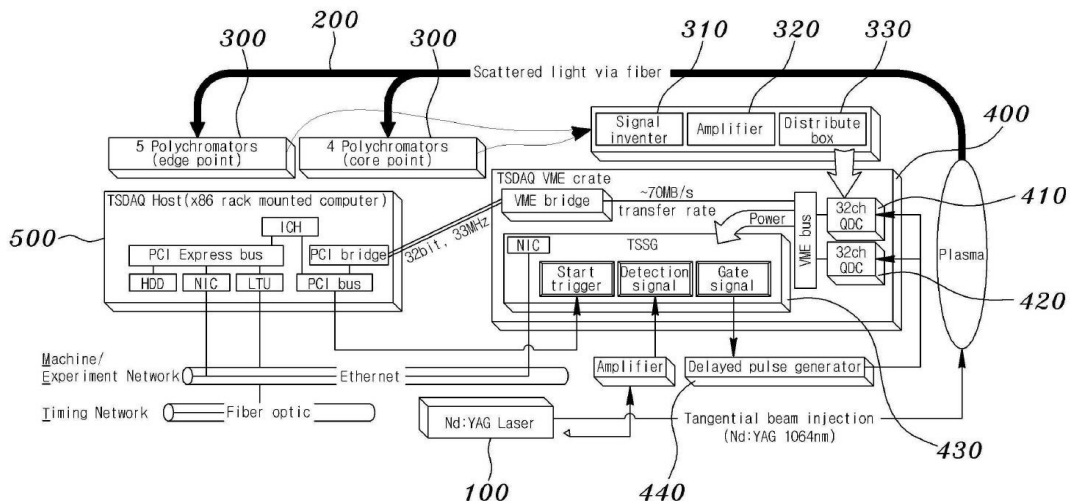
심사관 : 이달경

(54) 발명의 명칭 EPICS 기반의 표준 프레임워크가 탑재된 톱슨 산란 진단 시스템 데이터 처리장치

(57) 요약

본 발명은 EPICS 기반의 표준 프레임워크가 탑재된 톱슨 산란 진단 시스템 데이터 처리장치에 관한 것으로, KSTAR 장치와 동기 운전을 수행 하게 되며 플라즈마의 실시간 온도 계산을 위하여 톱슨 산란 진단 시스템이 제공하는 전기신호를 획득하고 선 처리 작업을 통하여 작성된 룩업 테이블의 자료와 비교 판단하여 플라즈마 온도를 추출해 낸다. 추출된 플라즈마 온도는 EPICS CA 프로토콜을 사용하여 네트워크로 연결된 모든 실험 참가자 및 운전자들에게 실시간으로 서비스 된다. 본 발명을 통하여 개발된 표준 프레임워크는 기존 구축된 토카막 진단 데이터 처리장치의 성능 및 기능개선 작업에 사용되며 추후 구축될 시스템의 표준 프레임워크로 사용되어 개발 시간단축 및 안정적인 운영을 제공하는 효과가 있다. 또한 여러 지역에 설치되어 있는 다양한 시스템의 상태 정보를 중앙에서 모니터링 할 수 있는 환경을 제공하며 조작자 및 운전자의 실수를 방지하게 된다.

대표도



특허청구의 범위

청구항 1

초전도 토카막 장치의 톱슨산란 진단 시스템이 제공하는 전기신호를 수신 받는 디지털라이저(QDC) 모듈이 장착된 VME 버스랙;과

상기 VME 버스랙과 PCI 확장모듈로 연결되며, 플라즈마 실험의 시작신호를 받는 로컬 타이밍 보드(LTU) 장치와 토카막 진단 시스템에 범용으로 적용할 수 있는 표준 프레임워크(SFW);를 사용한 응용프로그램이 탑재된 데이터 처리장치(TSDPS)를 구성하고,

상기 톱슨산란 진단 시스템이 제공하는 전기 신호와 동기 되는 게이트 시그널을 사용하여 순수한 톱슨 산란 데이터 신호를 획득하고, 획득한 데이터와 룩업테이블(LUT)을 비교하여 플라즈마의 온도를 산출하는 것을 특징으로 하는 EPICS 기반의 표준 프레임워크가 탑재된 톱슨 산란 진단 시스템 데이터 처리장치.

청구항 2

제 1항에 있어서, 상기 VME 버스랙은,

별도의 배경신호 획득을 위한 TS 신호 발생기(TSSG)를 더 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 EPICS 기반의 표준 프레임워크가 탑재된 톱슨 산란 진단 시스템 데이터 처리장치.

청구항 3

제 2항에 있어서, 상기 데이터 처리장치는,

상기 TS 신호 발생기(TSSG)에서 출력하는 시작신호를 입력받아 지연된 디지털라이저 게이트 시그널을 생성 하는 지연신호 발생기를 포함하는 것을 특징으로 하는 EPICS 기반의 표준 프레임워크가 탑재된 톱슨 산란 진단 시스템 데이터 처리장치.

청구항 4

제 3항에 있어서, 상기 TS 신호 발생기는,

상기 톱슨산란 진단 시스템의 검출부에서 들어오는 시그널을 지역 타이밍 보드(LTU)의 시작 신호가 감지된 이후에 상기 지연신호 발생기로 전달하는 것을 특징으로 하는 EPICS 기반의 표준 프레임워크가 탑재된 톱슨 산란 진단 시스템 데이터 처리장치.

청구항 5

제 2항에 있어서, 상기 TS 신호 발생기는,

지연신호 발생기로 검출부 신호를 전달한 후 조작자가 정의한 시간 후에 배경 신호 측정을 위한 게이트 시작 신호를 한번 더 출력 하는 것을 특징으로 하는 EPICS 기반의 표준 프레임워크가 탑재된 톱슨 산란 진단 시스템 데이터 처리장치.

청구항 6

제 2항에 있어서, 상기 TS 신호 발생기는,

상기 톱슨 산란 진단 시스템의 검출부 시그널과 LTU의 시작 신호사이의 시간 간격을 10ns 해상도로 측정해주는 것을 특징으로 하는 EPICS 기반의 표준 프레임워크가 탑재된 톱슨 산란 진단 시스템 데이터 처리장치.

청구항 7

제 1항에 있어서, 상기 표준 프레임워크(SFW)는,

비동기적 디지털라이저 제어를 위한 control 쓰레드와, 데이터 획득을 담당하는 acquisition 쓰레드, 데이터 pool 작동방식을 제공하는 buffer 쓰레드, 실시간 계산을 수행하는 calculation 쓰레드, 실험 직후 후처리를 수행하는 catch end 쓰레드를 포함하는 것을 특징으로 하는 EPICS 기반의 표준 프레임워크가 탑재된 톱슨 산란 진단

시스템 데이터 처리장치.

청구항 8

제 1항에 있어서, 상기 데이터 처리장치는,

상기 디지털타이저의 게이트 폭의 변화에 따른 측정값 사이의 선형 성을 검사하고, Pedestal 값과 각 채널에 대한 지터 비율을 검출하기 위한 캘리브레이션모드와,

플라즈마가 없는 상황에서 데이터 처리 실험을 위한 로컬모드와,

실제 실험 데이터 및 중앙 데이터베이스로의 데이터 전송을 위한 리모트 모드를 포함하여 운전되는 것을 특징으로 하는 EPICS 기반의 표준 프레임워크가 탑재된 톱슨 산란 진단 시스템 데이터 처리장치.

청구항 9

제 1항에 있어서, 상기 데이터 처리장치는,

플라즈마가 발생한 시간 구간과 없는 구간 사이의 레이저 빔의 직접적인 산란에 의한 데이터 차이를 보상하는 pre-DAQ 프로세스를 포함하는 것을 특징으로 하는 EPICS 기반의 표준 프레임워크가 탑재된 톱슨 산란 진단 시스템 데이터 처리장치.

청구항 10

제 1항에 있어서, 상기 톱슨산란 진단 시스템은,

초전도 토카막 장치 내부에 형성된 플라즈마에 레이저를 조사하는 레이저 소스;

플라즈마에 조사된 레이저를 산란된 포톤들을 수신받기 위한 광섬유; 및

상기 광섬유를 통해 수신된 포톤들을 파장대역으로 분리하는 폴리크로메터(Polychromators);를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 EPICS 기반의 표준 프레임워크가 탑재된 톱슨 산란 진단 시스템 데이터 처리장치.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 EPICS 기반의 표준 프레임워크가 탑재된 톱슨 산란 진단 시스템 데이터 처리장치에 관한 것으로, 좀 더 상세하게는 토카막 진단장치에 범용으로 적용하기 위한 표준 소프트웨어 프레임워크를 사용한 데이터 처리 장치의 개발과 정밀한 신호처리로 안정적인 데이터 획득을 통해 초전도 토카막 장치의 플라즈마 온도의 측정을 수행하는 데이터 처리장치에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 초기 플라즈마 실험 이후 매년 새로운 진단시스템이 추가 설치되고 있다. 한국형 초전도 토카막 장치(KSTAR ; Korea Superconducting Tokamak Advanced Research)의 경우 대부분의 진단 시스템이 표준 미들웨어인 EPICS를 기본으로 하여 개발되었으며 신뢰성 있는 운전을 보이고 있다.

[0003] 플라즈마 진단장치 중의 하나인 톱슨산란 진단장치는 레이저 빔 발생기에서 나오는 고 에너지 신호를 플라즈마에 입사하고 플라즈마에 의해 산란되어 나오는 포톤 신호를 측정하여 전자의 온도를 측정하려는 목적의 진단장치이다. 레이저 빔의 입사 경로상에서 플라즈마의 상호작용으로 산란되는 빛을 포집하여 광섬유를 통해 데이터 획득 장치로 전송하게 된다.

[0004] 이러한 시스템은 정밀한 신호 제어기술이 필요하며, 시스템은 신호에 민감한 하위 모듈을 포함하고 있다. 디지털타이저로 들어오는 입력 시그널 또한 매우 작다. 이것은 데이터 획득과정에서 불안정한 요소로 작용한다.

[0005] 따라서, 초전도 토카막 장치의 플라즈마 온도를 정확하게 검출하기 위하여 안정적인 데이터 획득을 위한 데이터 처리 장치의 개발이 필요한 실정이다. 또한 이미 KSTAR에 설치된 다른 진단 시스템의 경우 획득된 데이터를 가공처리 하는 시간이 많이 소모되어 결과 출력이 지연된다. 이러한 요인은 다음 플라즈마 실험을 지연시키는 요

인으로 작용할 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 상기와 같은 문제점을 해결하기 위한 본 발명은 플라즈마 전자의 온도를 정확하게 검출하기 위한 톱슨산란 진단 시스템을 초전도 토카막 장치에 간섭 없이 동기화시키는 운전 환경을 제공하는 데이터 처리시스템을 개발하는데 그 목적이 있으며 플라즈마 실험 전에 계산된 테이블 형태의 자료구조를 보유하도록 하여 원하는 결과를 플라즈마 실험과 동일 시간에 전시 할 수 있는 소프트웨어 구조를 제공하도록 하고 다른 KSTAR 진단시스템 개발 및 성능개선 작업에 적용할 수 있는 표준 소프트웨어 프레임워크(SFW)를 개발하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0007] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명은 초전도 토카막 장치의 톱슨산란 진단 시스템이 제공하는 전기신호를 수신 받는 디지털라이저(QDC) 모듈이 장착된 VME 버스랙과 상기 VME 버스랙과 PCI 확장모듈로 연결되며, 플라즈마 실험의 시작신호를 받는 로컬 타이밍 보드(LTU) 장치와 토카막 진단 시스템에 범용으로 적용할 수 있는 표준 프레임워크(SFW);를 사용한 응용프로그램이 탑재된 데이터 처리장치(TSDPS)를 구성하고, 상기 톱슨산란 진단 시스템이 제공하는 전기 신호와 동기 되는 게이트 시그널을 사용하여 순수한 톱슨 산란 데이터 신호를 획득하고, 획득한 데이터와 록업테이블(LUT)을 비교하여 플라즈마의 온도를 산출하는 것을 특징으로 한다.

[0008] 또한, 초전도 토카막 장치와 동기운전을 위한 지역 타이밍보드(Local Timing Unit: LTU) 제어 컴포넌트, 톱슨진단 시스템의 운전 상태를 표시해주는 표준 상태전시 컴포넌트, 시스템의 건상상태를 알려주는 시스템 모니터링 컴포넌트, 연속된 데이터 입출력관리와 실시간 계산을 수행하는 다수의 쓰레드 컴포넌트; 등으로 구성된 토카막 진단장치 표준 프레임워크(SFW)를 구성하고 상기 프레임워크를 사용하여 개발한 응용프로그램(IOC)을 상기 호스트 시스템에서 구동하도록 한다. 상기 호스트 시스템과 VME 버스랙은 PCI 확장모듈로 연결시켜 데이터 처리장치를 구성한다.

[0009] 또한, 상기 VME 버스랙은, 별도의 배경신호 획득을 위한 TS 신호 발생기(TSSG)를 더 포함하여 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0010] 또한, 상기 데이터 처리장치는, 상기 TS 신호 발생기(TSSG)에서 출력하는 시작신호를 입력받아 지연된 디지털라이저 게이트 시그널을 생성 하는 지연신호 발생기를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0011] 또한, 상기 TS 신호 발생기는, 상기 톱슨산란 진단 시스템의 검출부에서 들어오는 시그널을 지역 타이밍 보드(LTU)의 시작 신호가 감지된 이후에 상기 지연신호 발생기로 전달하는 것을 특징으로 한다.

[0012] 또한, 상기 TS 신호 발생기는, 지연신호 발생기로 검출부 신호를 전달한 후 조작자가 정의한 시간 후에 배경 신호 측정을 위한 게이트 시작 신호를 한번 더 출력 하는 것을 특징으로 한다.

[0013] 또한, 상기 TS 신호 발생기는, 상기 톱슨 산란 진단 시스템의 검출부 시그널과 LTU의 시작 신호사이의 시간 간격을 10ns 해상도로 측정해주는 것을 특징으로 한다.

[0014] 또한, 상기 표준 프레임워크(SFW)는, 비동기적 디지털라이저 제어를 위한 control 쓰레드와, 데이터 획득을 담당하는 acquisition 쓰레드, 데이터 pool 작동방식을 제공하는 buffer 쓰레드, 실시간 계산을 수행하는 calculation 쓰레드, 실험 직후 후처리를 수행하는 catch end 쓰레드를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0015] 또한, 상기 데이터 처리장치는, 상기 디지털라이저의 게이트 폭의 변화에 따른 측정값 사이의 선형 성을 검사하고, Pedestal 값과 각 채널에 대한 지터 비율을 검출하기 위한 캘리브레이션모드와, 플라즈마가 없는 상황에서 데이터 처리 실험을 위한 로컬모드와, 실제 실험 데이터 및 중앙 데이터베이스로의 데이터 전송을 위한 리모트 모드를 포함하여 운전되는 것을 특징으로 한다.

[0016] 또한, 상기 데이터 처리장치는, 플라즈마가 발생한 시간 구간과 없는 구간 사이의 레이저 빔의 직접적인 산란에 의한 데이터 차이를 보상하는 pre-DAQ 프로세스를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0017] 또한, 상기 톱슨산란 진단 시스템은, 초전도 토카막 장치 내부에 형성된 플라즈마에 레이저를 조사하는 레이저

소스, 플라즈마에 조사된 레이저를 산란된 포톤들을 수신받기 위한 광섬유 및 상기 광섬유를 통해 수신된 포톤들을 파장대역으로 분리하는 폴리크로메터(Polychromators)를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0018] 이와 같이 구성되는 본 발명은 초전도 토카막 장치의 플라즈마 온도를 실시간으로 정확하게 검출할 수 있는 이점이 있다. 본 발명은 안정적인 데이터획득 및 에러 상수를 얻기 위하여 IOC에 교정 로직을 만들고, 레이저 성능과 채널 수를 고려했을 때 전자온도 계산 과정을 실시간으로 수행하여 플라즈마 상태정보를 정밀하게 획득할 수 있는 효과가 있다.
- [0019] 또한, 이 후로 구축될 초전도 토카막 장치 진단 데이터처리장치의 표준 프레임워크로 사용되어 개발 시간단축 및 안정적인 운영을 제공하는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0020] 도 1은 본 발명에 따른 EPICS 기반의 표준 프레임워크가 탑재된 톱슨 산란 진단 시스템 데이터 처리장치의 구성도,
- 도 2는 본 발명에 따른 EPICS 기반의 표준 프레임워크가 탑재된 톱슨 산란 진단 시스템 데이터 처리장치의 신호 흐름도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0021] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 EPICS 기반의 표준 프레임워크가 탑재된 톱슨 산란 진단 시스템 데이터 처리장치의 바람직한 실시 예를 상세히 설명하면 다음과 같다.
- [0022] 본 발명에 따른 EPICS 기반의 표준 프레임워크가 탑재된 톱슨 산란 진단 시스템 데이터 처리장치는 초전도 토카막 장치의 톱슨산란 진단 시스템이 제공하는 전기신호를 수신 받는 디지털라이저(QDC) 모듈이 장착된 VME 버스랙과 상기 VME 버스랙과 PCI 확장모듈로 연결되며, 플라즈마 실험의 시작신호를 받는 로컬 타이밍 보드(LTU) 장치와 토카막 진단 시스템에 범용으로 적용할 수 있는 표준 프레임워크(SFW);를 사용한 응용프로그램이 탑재된 데이터 처리장치(TSDPS)를 구성하고, 상기 톱슨산란 진단 시스템이 제공하는 전기 신호와 동기 되는 게이트 시그널을 사용하여 순수한 톱슨 산란 데이터 신호를 획득하고, 획득한 데이터와 록업테이블(LUT)을 비교하여 플라즈마의 온도를 산출하는 것을 특징으로 한다.
- [0023] 또한, 초전도 토카막 장치와 동기운전을 위한 지역 타이밍보드(Local Timing Unit: LTU) 제어 컴포넌트, 톱슨진단 시스템의 운전 상태를 표시해주는 표준 상태전시 컴포넌트, 시스템의 건상상태를 알려주는 시스템 모니터링 컴포넌트, 연속된 데이터 입출력관리와 실시간 계산을 수행하는 다수의 쓰레드 컴포넌트; 등으로 구성된 토카막 진단장치 표준 프레임워크(SFW)를 구성하고 상기 프레임워크를 사용하여 개발한 응용프로그램(IOC)을 상기 호스트 시스템에서 구동하도록 한다. 상기 호스트 시스템과 VME 버스랙은 PCI 확장모듈로 연결시켜 데이터 처리장치를 구성한다.
- [0024] 본 발명은 플라즈마 전자의 온도를 정확하게 검출하기 위한 톱슨 산란 진단 시스템을 초전도 토카막 장치에 간섭 없이 동기화 시키는 운전 환경을 제공하는 데이터 처리시스템을 개발하는데 그 목적이 있으며 플라즈마 실험 전에 계산된 테이블 형태의 자료구조를 보유하도록 하여 원하는 결과를 플라즈마 실험과 동일 시간에 전시 할 수 있는 소프트웨어 구조를 제공하도록 하고 다른 초전도 토카막 진단시스템 개발 및 성능개선 작업에 적용할 수 있는 표준 소프트웨어 프레임워크(SFW)를 제공한다.
- [0025] 도 1은 본 발명에 따른 EPICS 기반의 표준 프레임워크가 탑재된 톱슨 산란 진단 시스템 데이터 처리장치의 구성도이다. 본 발명에 따른 플라즈마 측정을 위한 시스템은 우선, 플라즈마를 진단하기 위한 레이저소스(100)와, 광섬유(200), 폴리크로메터(300)를 포함하고, 여기서 획득한 전기신호를 데이터로 변환하는 전류 집적 방식의 디지털라이저 2개가 설치된 VME 버스랙(400)과, 지역 타이밍 보드가 구비된 호스트 시스템(500 : PC)을 포함하여 구성된다.
- [0026] 톱슨 산란 진단 시스템의 개략적인 구성을 살펴보면, 10Hz 주기로 운영되는 하나의 레이저 소스(100)를 사용한

다. 상기 레이저 소스의 바람직한 예로 1064nm Nd:YAG 레이저이며, 펄스 에너지는 2J, 펄스폭은 10ns이며, 10Hz 주기를 갖는다. 레이저가 플라즈마를 통과할 때 측정되는 산란된 포톤들은 광섬유(200)를 통하여 전송되며, 폴리크로메터(polychromator)에서 다섯 가지의 파장대역으로 분할되어 전기 신호로 출력된다. 여기서 상기 광섬유의 구성은 4개의 광섬유로 플라즈마 코어쪽 신호를 받고, 5개의 광섬유로 플라즈마 에지쪽 신호를 받는다. 따라서, 총 45채널(9× 5)의 데이터를 사용하여 플라즈마 전자의 온도를 측정하게 되며, 각 광 케이블에 실려 오는 데이터는 산란신호와 배경신호의 구분이 없는 연속된 아날로그 신호이다.

[0027] 상기 톱슨 산란 시스템이 생성해내는 아날로그 시그널은 VME 버스랙(400)과 호스트 시스템(500)으로 구성되는 데이터 처리 장치에 의해 의미 있는 디지털 데이터로 추출되게 된다. 또한, 상기 VME 버스랙과 호스트 시스템은 132MB/sec의 대역폭을 갖는 PCI 확장 모듈로 연결되어 있으며, OS는 표준 리눅스가 적용되었다.

[0028] VME 버스랙(400)은 제 1, 2디지털타이저(410, 420)를 포함하고 있다. 플라즈마에 레이저를 공급하는 레이저 시스템은 플래시 램프 출력 및 Q-스위치 개방 신호를 제공하기 때문에 디지털타이저(QDC)게이트의 시작 신호로 사용할 수 있다. 그러나, 실제 발생한 빔과 레이저 시스템이 제공하는 빔 발생 확인 신호 사이에는 약 20ns 이하의 jitter현상이 감지되었기 때문에, 이 지터 에러를 없애기 위해 레이저 시스템에서 제공하는 신호가 아니라 외부 센서가 감지한 신호를 디지털타이저 게이트의 시작 신호로 사용한다. 또한, 상기 디지털타이저는 마이너스 입력이 필요하므로 상기 폴리크로메터(300)에서 출력되는 플러스 전압을 매우 빠르게 역전시키기 위한 신호 변환기(310 ; 인버터)가 더 구비된다.

[0029] 상기 제 1, 2디지털타이저 모듈은 32채널, 12bit 해상도를 갖으며, 32개의 이벤트버퍼를 제공한다. 상기 신호 변환기에서 출력된 마이너스 전압은 디지털타이저의 전류충전 파트에서 전류레벨로 충전되고, 이것은 디지털타이저 내부 아날로그/디지털 변환기에 의하여 디지털 값으로 변환되어 내부 메모리에 저장되는데, 총 32개의 데이터를 메모리에 저장할 수 있으며 선입력선출력(FIFO) 방식을 갖는다.

[0030] 상기 호스트 시스템은 지역타이밍 보드(LTU ; Local Timing Unit)를 갖는다. 호스트 시스템은 LTU를 사용하여 초전도 토카막 장치의 운전 로직에 동기 된다. LTU는 선 프로그램 시나리오에 따라 중앙제어시스템(CCS ; 미도시)에 장착된 중앙 타이밍 보드(CTU ; 미도시)에 의해 작동한다.

[0031] 본 발명에 따른 데이터 처리장치는 유효 구간의 데이터를 획득하기 위하여 레이저 빔 검출부로부터 들어오는 시그널의 소멸, 전달 그리고 배경 측정을 위한 별도의 시그널 출력이 필요하다. 이를 위해 상기 VME 버스랙에서 독립적으로 구동되어 게이트 신호발생을 제어하는 TS신호 발생기(430)를 더 포함하여 구성된다. 상기 TS신호 발생기는 별도의 이더넷 통신을 통해 제어 가능하며, 하나의 독립적인 IOC 서버로서 작동한다.

[0032] 상기 데이터처리 장치는 표준 프레임워크(SFW)를 개발하여 적용한다. SFW는 초전도 토카막 장치에 설치된 많은 제어 및 데이터 획득 시스템에 적용할 수 있는 범용적인 소프트웨어 프레임워크로 EPICS의 기본 기능을 사용하며, 디바이스 서포트 형태로 구성되고 시스템에 부착된 여러 장치를 제어하는 마스터 역할을 수행한다.

[0033] 상기 프레임워크는 장착되는 디지털타이저의 수량에 맞춰 프로그램 구동시 동적으로 프로세스를 할당할 수 있다. 할당된 프로세스에는 두 개의 독립적인 쓰레드(thread)를 수반한다. 하나는 장치를 비동기적으로 다루기 위한 control 쓰레드이며, 다른 하나는 데이터 획득 로직을 수행하기 위한 acquisition 쓰레드이다. acquisition 쓰레드는 타겟 디지털타이저의 작동 방식에 따라 재 설계 될 수 있는데, 일반적으로 직접 메모리 접근(DMA) 동작, block data 전송 그리고 인터럽트 서비스 루틴 등이 acquisition 쓰레드가 제공하는 기능을 사용하여 적용된다.

[0034] 또한, SFW는 데이터 pool 로직 작동을 위해서 buffer 쓰레드를 제공한다. 데이터 pool은 각 디지털타이저에 대하여 링크드 리스트 데이터 구조를 갖는다. SFW는 acquisition 쓰레드와 buffer 쓰레드와의 통신을 위하여 message queue 방식의 통신 인터페이스를 제공한다.

[0035] 위에서 언급한 3가지 쓰레드 이외에 본 발명에 따른 데이터 처리장치는 calculation 쓰레드를 사용한다. 이것은 플라즈마 발생 구간동안 실시간 연산을 지원한다. 상기 데이터 처리장치에서는 5가지 파장 데이터의 상호비례관계를 추출하여 록업테이블에서 전자 온도를 찾아내는 방식이 적용되었다. 상기와 같이 데이터 처리장치에 설치된 각 개별 디지털타이저마다 4개의 쓰레드가 할당되어 실험 운전에서 사용된다.

[0036] 또한, 이와 별도로 SFW는 단위 플라즈마 실험 직후에 초전도 토카막 장치의 표준 데이터베이스 시스템으로 사용하는 MDStree 서버로의 실험 데이터 전송을 수행하는 catch end 쓰레드를 제공한다. catch end 쓰레드에서는 디지털타이저에 의존적인 값을 얻기 위한 내부 처리 작동을 수행 할 수 있다.

- [0037] 한편, 본 발명에 따른 표준 프레임 워크(SFW)는 시스템의 상태를 알려주기 위한 상태 표시기 로직을 포함한다. 상태는 7가지의 공통적인 상태로 표현된다. *Idle, Standby, Arming, Wait for trigger, During DAQ, Post-processing, Data transfer* 이 있다. 상태표시 정보는 EPICS의 Multi-Bit Binary Input(MBBI) 레코드를 사용하여 IOC 의 현재 상태를 표현하고 있다. 마스터 노드와 하위 디바이스는 각각 하나의 상태표시 레코드를 갖고 있지만, 마스터 노드는 하위 디바이스 상태를 점검하여 상황을 표현한다.
- [0038] 상기 7가지 상태 중에서 *Idle, Standby, Arming* 의 3가지 상태의 경우는 마스터가 관리하는 하위 노드 모두가 같은 상태 모드인 경우에만 마스터가 해당 상태로 천이된다. 3가지 이외의 상태에 대하여는 마스터 노드는 하위 노드의 상태를 검사하여 대표 상태를 표시하게 된다. 시스템은 다음의 우선순위에 따라 상태 천이가 된다.
- [0039] 1. *Data transfer*
- [0040] 2. *Post-processing*
- [0041] 3. *During DAQ*
- [0042] 4. *Wait for trigger*
- [0043] 상기 7가지 상태표시기는 원격지에 설치된 모든 플라즈마 진단 시스템의 데이터 처리 장치에 삽입되어 통일성 있는 시스템 상태를 표현하게 되며 중앙 제어실의 운전자는 토카막 장치 주변에 산재되어 있는 진단장치의 운전 상태를 모니터링 할 수 있다.
- [0044] 한편, 상기 표준 프레임워크에는 세 가지 운전모드(칼리브레이션 모드, 로컬 운전 모드, 리모트 운전 모드)를 갖도록 구성되었다. 상기 표준 프레임워크를 사용한 톱슨산란 데이터 처리장치에서의 칼리브레이션 모드는 디지털 타이저의 게이트 폭에 따른 측정값 사이의 선형 성을 검사하기 위하여 운영된다. Pedestal 값과 각 채널 입력 데이터의 지터 비율 또한 이 운전모드에서 알아 낼 수 있다. 로컬 운전 모드는 플라즈마가 없는 상황에서 완전한 통합 실험을 위하여 사용된다. 실제 실험 데이터 획득 및 중앙 데이터베이스로의 데이터 전송은 리모트 운전 모드에서 수행된다.
- [0045] 상기 데이터 처리장치는 시스템이 초기화된 이후 수동 조작 없이 자동으로 작동된다. 실험 운전은 중앙제어시스템(CCS)과 타이밍 동기화 시스템(TSS)의 제어 아래 실행된다. CCS 입장에서 볼 때 톱슨 데이터 처리장치(TSDPS)는 하나의 수동적인 하위 시스템으로서 전체 플라즈마 실험에 어떠한 간섭도 발생시키지 않는다. TSDPS 는 이벤트 루틴 안에서 플라즈마 운전 상황을 모니터링 하다가 시작 이벤트를 받아서 능동적으로 동작하게 된다.
- [0046] 전체 운전 순서와 상태 천이가 도 2에 도시된 바와 같다. 도 2는 본 발명에 따른 톱슨 산란 진단 시스템의 데이터 처리장치의 동기화된 흐름도이다. 시스템 전원이 인가되면 수행 프로그램은 가상 터미널에서 수행하며 내장된 초기 값으로 초기화를 수행하고, *Idle* 상태가 된다. 운전자에 의하여 운전모드가 결정되면, 즉시 *Standby* 상태가 된다. 운전자에 의하여 내부 파라미터가 변동이 있을 경우 변동된 값은 즉각적으로 IOC 및 보드 레지스터에 반영되며, IOC 는 항상 *Standby* 상태를 유지한다. 운전모드가 release 되었을 때에만 *Idle* 상태로 전환된다. CCS가 제공하는 초전도 토카막 장치의 순차적 실험 시작(shot sequence start) 이벤트를 받으면 시스템은 즉시 *Arming* 상태로 바뀐다. 이 때 SFW는 blip time 및 shot number등의 기초적인 현재 실험 정보를 가져온다. 또한, 디지털타이저 control 쓰레드에서는 저수준의 디지털 데이터 저장을 위한 준비를 수행한다.
- [0047] 이후, 데이터 처리장치에 중요한 상태 천이가 발생한다. 레이저 빔의 직접적인 산란효과로 인해 실제 디지털타이저에서 측정된 데이터는 플라즈마가 없는 경우와 있는 경우에서 소량의 값 차이를 내포하게 된다. 이 차이를 보상하기 위하여 데이터 처리장치는 플라즈마 발생 구간 전에 데이터 획득의 전체 사이클을 수행하며 그 시그널의 차이 값을 계산한다. 이것을 본 발명에서는 pre-DAQ 로 부르며 매 플라즈마 실험 전에 수행하도록 한다. Pre-DAQ 프로세스가 종료되면 시스템은 다시 *Arming* 상태로 전환되어 대기 모드가 된다.
- [0048] CCS가 부여하는 순차적 실험 진행과정 중 shot start 이벤트를 받자마자 IOC는 *Wait for trigger* 상태로 전환되며, 상기 디지털타이저의 이벤트 버퍼 내용을 검사하기 시작한다. 버퍼에 유효한 데이터가 있으며 상태는 즉시 *During DAQ*로 전환된다. 일반적으로 운전자는 이때 지역 타이밍 보드로부터 물리적인 시작 신호가 들어왔음을 알 수 있으며 대부분 실제 플라즈마 발생구간 수 초 전에 획득 프로세스가 진행된다. 데이터 획득은 예정된 시간만큼만 수행되며 SFW는 데이터 획득 작업을 중단 시키고 다음 상태인 *Post-processing* 상태로 시스템을 전환시킨다. 일반적으로 채널별 데이터 분류 작업이나 디지털타이저에서 호스트 시스템으로 데이터 전송 등이 *Post-processing* 상태에서 수행된다. 그러나 TSDPS는 이러한 작업이 데이터 획득과정에서 자동으로 실행되도록 구성하였기에 이 단계를 건너뛰고 *Data transfer* 단계로 진행된다.

- [0049] 데이터 전송 전에 정확한 시간 테이블 작성을 위한 정보를 얻기 위하여 TS 신호 발생기(430)로부터 이격 시간 값을 얻는다. 이격 시간 값은 LTU가 발생한 데이터 획득 시작 신호와 10Hz의 레이저 빔 검출부의 출력 시그널 사이의 시간 차이 값을 말하며 TS 신호발생기가 계산하여 제공한다. 모든 획득 데이터는 상기 호스트 시스템의 하드디스크에 입력 채널별로 분류되어 저장되어 있으며, TSDPS는 중앙의 MDSplus 서버와 통신을 위한 전용 프로토콜을 사용하여 중앙의 MDSplus 서버로 순차적인 데이터 전송을 수행한다. SFW는 MDSplus 서버와 직접적인 연결에 의한 전송 방식을 지원하며 MDSplus의 여러 기능 중 데이터 입출력 기능과 간단한 이벤트 인터페이스만을 사용한다. 데이터 전송이 끝나게 되면 IOC 는 MDSplus 서버에 전송 완료 이벤트를 보내고 이를 모니터링하고 있는 원격의 타 클라이언트들은 완료 신호를 받아 데이터를 갱신할 수 있다.
- [0050] 마지막으로 상태는 *Standby*가 되어 다음 실험을 기다리게 된다. 이러한 운전 흐름은 모든 플라즈마 샷 동안 자동으로 이루어진다.
- [0051] 상기 톱슨 데이터 처리장치의 시그널 이동 경로는 도 2에 도시된 바와 같다. 도 2는 본 발명에 따른 톱슨 산란 계를 위한 데이터 처리장치의 시그널 흐름도이다. 레이저 빔의 출력을 인지한 검출부 장치는 좁고 낮은 레벨의 펄스 신호를 출력해 준다. 이 신호는 증폭기를 통과하여 TS 신호 발생기(430)로 들어간다. 상기 TS신호 발생기는 LTU로 부터 데이터 획득 시작 신호를 기다리다가 신호가 감지되면 즉시 검출부에서 들어오는 신호를 지연신호발생기(440)로 전달해준다. 이와 동시에 연이어 50ms 후에 배경 신호 측정을 위한 게이트 신호 발생을 위하여 짧은 펄스를 상기 지연신호발생기로 전송한다. 이 순간 LTU의 시작 신호와 레이저빔 검출부의 출력신호 사이에서 시간의 불일치가 발생하게 된다. 이 시간은 TS신호 발생기에서 10ns 의 해상도로 측정된다.
- [0052] 톱슨 산란 신호 획득을 위한 디지털이저의 게이트 시그널은 상기 지연신호발생기(440)에 의하여 인가되는데, 상기 지연신호발생기는 톱사막 내부에서 발생한 산란된 포톤의 전달 지연시간을 고려하여 TS신호 생성기에서 입력 받은 신호 대비 약 240ns의 지연을 갖고 디지털이저로의 게이트 시그널을 출력 한다. 이 시간은 조작자에 의하여 pico-second단위로 조정될 수 있으며 또한 이 시간은 15ns 정도의 디지털이저 내부 딜레이를 고려하려 설정 된다.
- [0053] 게이트 신호 입력 동안 디지털이저 내부에 저장된 전류 값은 내부 이벤트 버퍼에 디지털 값으로 저장되고, VME bus read 사이클에 의하여 읽혀진다. 앞서 설명한 IOC 내의 acquisition 쓰레드에서는 읽혀진 디지털 값을 하나의 패킷 노드로 만들게 된다. 이 노드는 200ms 마다 Buffer 쓰레드가 관리하는 data pool로 전송된다. 따라서 하나의 노드에 적어도 두 개의 산란 데이터와 두 개의 배경 데이터 정보가 존재한다. Buffer 쓰레드는 전송받은 데이터를 로컬 하드디스크에 실시간으로 저장을 하게 된다.
- [0054] Acquisition 쓰레드에서는 buffer 쓰레드로 데이터를 전송함과 동시에 calculation 쓰레드로 읽은 데이터를 전송한다. Calculation 쓰레드 에서는 두 개의 배경 신호와 실제 산란신호 그리고 pre-DAQ과정에서 취득한 데이터를 산술 연산하여 순수한 플라즈마 산란 크기 값을 취한다. 이후 폴리크로메터 출력 라인과 맵핑되어 있는 5개 채널 데이터를 사용하여 동일비율을 가진 인텍스를 록업 테이블에서 찾는다. 찾아낸 값은 전자의 온도가 되며, 이 결과는 각 폴리크로메터마다 할당된 PV 값을 갱신하여 EPICS scan mechanism에 따라 업데이트 이벤트를 발생 시킨다. 이 값은 EPICS 통신 프로토콜을 사용하여 원격지의 모든 장소로 전달이 된다. 사용자는 EPICS strip tool 을 사용하여 실시간으로 플라즈마 실험 동안 전자의 온도를 모니터링 할 수 있다.
- [0055] 이상, 본 발명의 원리를 예시하기 위한 바람직한 실시 예와 관련하여 설명하고 도시하였지만, 본 발명은 그와 같이 도시되고 설명된 그대로의 구성 및 작용으로 한정되는 것이 아니다. 오히려, 첨부된 청구범위의 사상 및 범주를 일탈함이 없이 본 발명에 대한 다수의 변경 및 수정이 가능함을 당업자들은 잘 이해할 수 있을 것이다. 따라서 그러한 모든 적절한 변경 및 수정과 균등물들도 본 발명의 범위에 속하는 것으로 간주되어야 할 것이다.

부호의 설명

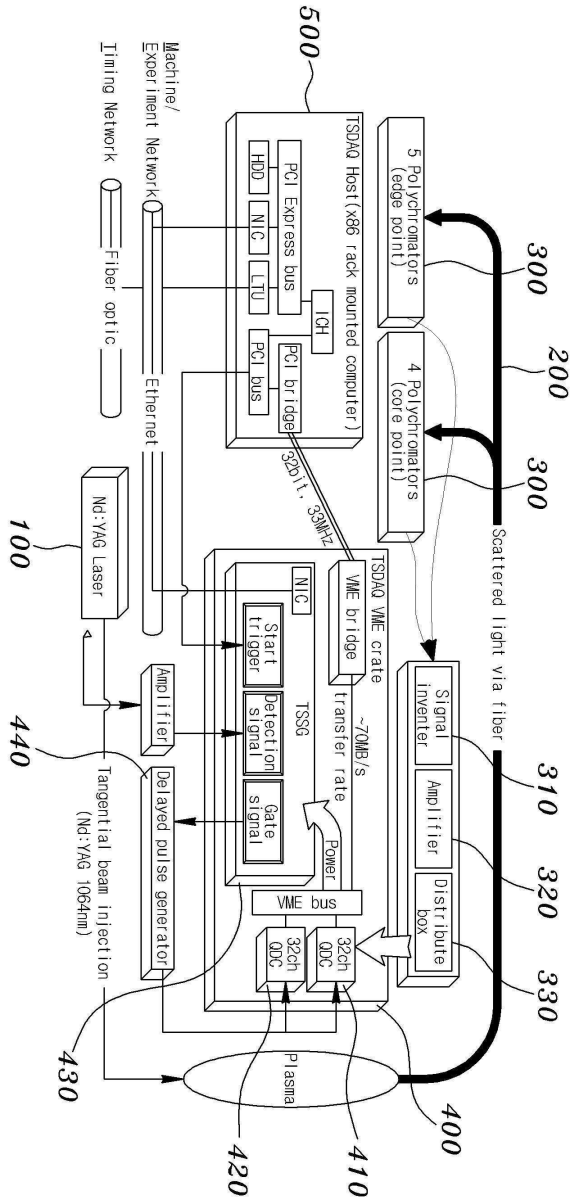
- [0056] 100 : 레이저 소스 200 : 광섬유
 300 ; 폴리크로메터 310 : 인버터
 320 : 증폭기 330 : 분배기
 400 : VME 버스랙 410 : 제 1디지털이저
 420 : 제 2디지털이저 430 : TS 신호 발생기

440 : 지연신호발생기

500 : 호스트 시스템

도면

도면1



도면2

