GEFÖRDERT VOM

Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

BMBF - Förderschwerpunkt
Struktur und Wechselwirkung
fundamentaler Teilchen

Schlussbericht

Betrieb, Wartung und Entwicklung von HLT/DAQ-Komponenten (Hardware und Software) für das Vorhaben 'ATLAS Experiment - Physik auf der TeV-Skala am Large Hadron Collider'

Zuwendungsempfänger:	Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg
Projektleitung:	Prof. Dr. R. Männer
E-Mail:	reinhard.maenner@ziti.uni-heidelberg.de
Förderkennzeichen:	05HA6VM1
Förderzeitraum:	01.07.2006 – 30.06.2009
Zuwendung:	367.320,00 EUR
Projektträger:	Projektträger DESY

Genutzte Großgeräte:	CERN - LHC - ATLAS
Veröffentlichungen:	13
Konferenzbeiträge:	3
Diplomarbeiten:	0
Dissertationen:	1
Habilitationen:	0
Patente:	0

Dieser Bericht wurde beim Projektträger über einen individuellen Online-Zugang vom Projektleiter eingereicht und am 23.12.2009 für eine Veröffentlichung freigegeben.

Schlussbericht

Betrieb, Wartung und Entwicklung von HLT/DAQ-Komponenten für das Vorhaben „ATLAS Experiment – Physik auf der TeV-Skala am Large Hadron Collider“

Zuwendungsempfänger: Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg, Institut für technische Informatik (ZITI)

Projektleitung: Prof. Dr. R. Männer

Zusammenfassung

Im Berichtszeitraum 2006 bis 2009 wurden schwerpunktmäßig folgende Tätigkeiten durchgeführt: Abschluss der Inbetriebnahme der ROBIN Baugruppen am CERN und der Arbeiten am FPGA-basierten HLT (2006), Kommissionierung des gesamten Readout-Systems (ROS) mit den ROBIN-Baugruppen sowie zusätzliche Fertigung von 70 ROBINs (2007). Systemtests und Optimierungen in Vorbereitung des LHC-Starts (2008). Fertigstellung der Architekturvariante „switch-based ROS“, Optimierung des bus-basierten „baseline ROS“ und Entwicklung der Nachfolgebaugruppe ROBIN-Express (2009).

Die Arbeiten im HLT Bereich wurden aufgrund einer Architekturentscheidung zugunsten einer reinen Softwarelösung nach der Promotion des beteiligten Mitarbeiters beendet. Im Readout-Bereich stellen die ROBIN-Baugruppen ein zentrales Element von ATLAS dar und sind seit dem Abschluss der Inbetriebnahme erfolgreich im Einsatz. Ein Nachfolger, basierend auf derselben Technologie, liegt zum Zeitpunkt der Berichterstellung bereits als Prototyp vor. Die Zusammenarbeit mit den vorherigen Partnerinstituten NIKHEF, RHUL und RAL wurde dabei fortgesetzt.

Bericht

Aufgabenstellung

Hauptziele des Vorhabens im Berichtszeitraum waren die Installation, Inbetriebnahme und der Betrieb der vom Antragsteller entwickelten ReadOutBuffer (ROBIN) für das Trigger/DAQ-System von ATLAS, die Optimierung der ReadOut-Architektur sowie die Weiterentwicklung von HLT-Algorithmen. Weitere Ziele waren die Entwicklung eines ROBIN-Prototyps mit PCIexpress Interface und Untersuchungen im Bereich Trigger/DAQ im Zusammenhang mit dem geplanten LHC-Upgrade. Die relevanten Details der ATLAS-Trigger- und Datennahme- (TDAQ) Architektur wurden im Schlussbericht 2006 eingehend dargestellt und sind unverändert.

Voraussetzungen

Die Tätigkeiten setzen die Aktivitäten der vorangegangenen Förderperiode fort.

Planung und Ablauf

Die wichtigste Vorgabe für den Ablauf war der LHC-Start im September 2008, der nur mit einem vollständig funktionsfähigen Readout-System durchgeführt werden konnte. Wegen dieser hohen Priorität wurde die zugehörige Doktorandenstelle mit einer ganzen E13-Stelle dotiert, da kein geeigneter Bewerber auf eine 50%-Stelle zu finden war. Die Meilensteine M1 (Installation) und M2 (Kommissionierung) wurden rechtzeitig erreicht, M4 (Design ROBIN-Express) und M5 (Prototype ROBIN-Express) wurden aufgrund der Verzögerungen nach dem LHC Start in 2008 mit ca. 6 Monaten Verspätung erreicht. Der ROBIN-Express Prototyp ist derzeit noch nicht vollständig verifiziert. Meilenstein M4 (switch-based ROS) wurde auf Seite des ROBIN Mitte 2009 erreicht. Die bus-basierte Architektur bietet bei Austausch der ROS-PC durch aktuelle Hardware – bei Einsatz der gegenwärtigen ROBIN-Baugruppen – ein vergleichbares Potential zur Leistungssteigerung, so dass diese Architekturvariante nicht mehr als Upgrade-Option angesehen wird. Vor einer eventuellen Implementierung wären weitere Integrationstests auf Systemebene notwendig.

Insgesamt konnten alle wichtigen Aufgaben in Bezug auf das Gesamtvorhaben rechtzeitig durchgeführt werden.

Zusammenarbeiten

Die Zusammenarbeit mit den bisherigen Projektpartnern wurde fortgesetzt, dies sind insbesondere NIKHEF, RHUL, RAL und die Readout-Gruppe am CERN.

Ergebnisse

Das wesentliche Ziel – der Aufbau eines vollständigen, funktions- und leistungsfähigen Datenaufnahmesystems (DAQ) für ATLAS – konnte in der abgeschlossenen Förderperiode erreicht werden.

Das ATLAS DAQ System (Abbildung 1) unterscheidet sich von verbreiteten DAQ-System durch den aktiven Datenabruf seitens der höheren Triggerstufen (HLT) aus dem ReadOut-System (ROS).

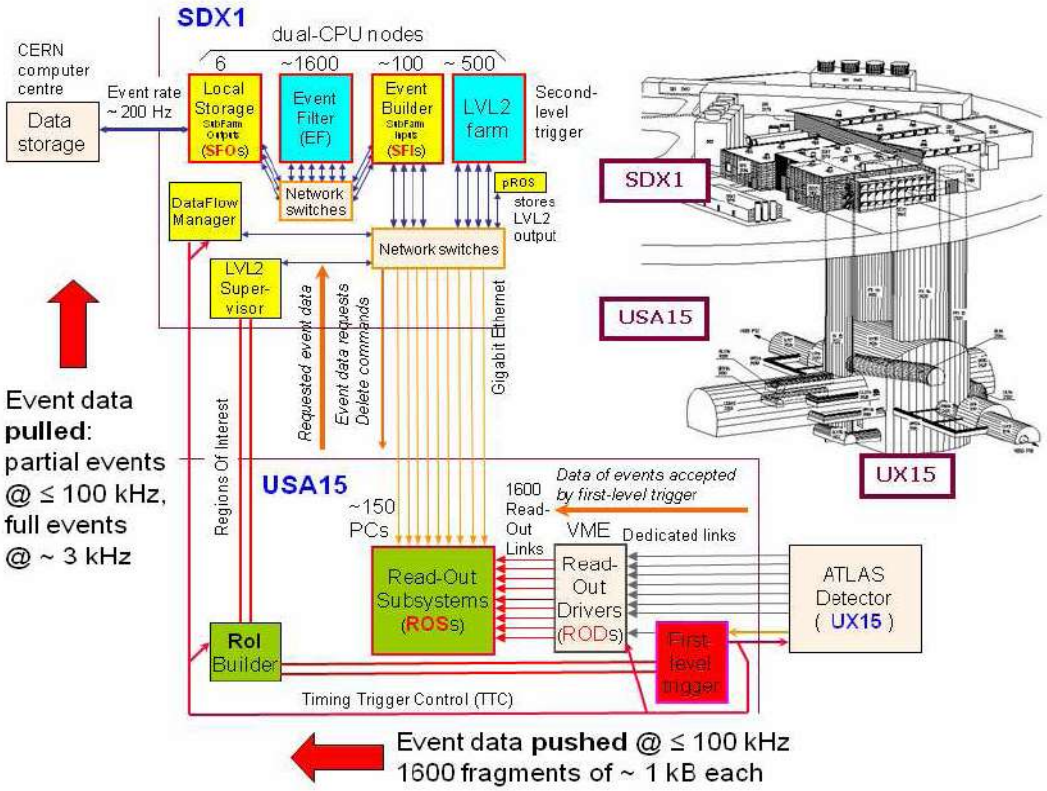

Abbildung 1: ATLAS Trigger und DAQ

Das ROS besteht aus 160 PCs mit jeweils 4 ROBIN-Baugruppen (Abbildung 2), die über je 3 optische Verbindungen mit den Datenausgängen (RODs) der Subdetektoren von ATLAS verbunden sind. Das LVL2-Subsystem des HLT fragt Eventfragmente von einzelnen ROS-PCs mit der vollen Rate (75 bzw. 100kHz) des L1-Trigger ab. Nach einer positiven Entscheidung ruft das Event-Filter System (EF) den gesamten Datensatz für das betreffende Ereignis aus dem ROS ab. Negative Triggerentscheidung beider HLT Teilsysteme werden gesammelt von einem Data-Flow-Manager (DFM) und in Gruppen von je 100 an das ROS übermittelt. Die ROBIN Baugruppen empfangen die Detektordaten mit 100kHz pro Kanal, speichern sie bis zum Eintreffen der Löschanforderungen zwischen und übertragen die angeforderten Fragmente zum PC. Die Last der ROS-PCs entspricht somit nur der durchschnittlichen Anfragefrequenz des HLT Systems, die sich aus 3kHz für EF und 3 bis max. 18kHz für LVL2 zusammensetzt, letzteres allerdings nur für einen Teil der 12 Kanäle.

Abbildung 2: ROBIN Baugruppe

In 2006 und 2007 wurden insgesamt 147 ROS-PCs mit 549 ROBIN Baugruppen ausgestattet, installiert und kommissioniert, das entspricht über 90% des Gesamtvolumens. Das gesamte TDAQ-System wurde ausgiebig im Emulationsbetrieb (Daten werden vorab in den Speicher der ROBINs geladen) und in sogenannten „Cosmic tests“ getestet und das korrekte Zusammenspiel aller Funktionselemente nachgewiesen. Ab 2008 wurde für das ROS ein Wartungsplan etabliert, der eine Rufbereitschaft (24/7) mit 1 Stunde Reaktionszeit beinhaltet. Dieses Schema wurde in 2008 während zahlreicher 24-Stunden und 7-Tages Testläufe in Vorbereitung auf den Start des LHC erprobt. Das Read-Out-System als Ganzes erwies sich dabei als sehr zuverlässig und der Aufwand für Hardware-Reparaturen war gering. Die Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems wurde mit der in 2008 installierten HLT Infrastruktur untersucht, mit der etwa 2/3 der vorgesehenen Größe von LVL2 oder EF emuliert werden kann. In beiden Fällen könnten die vorgesehenen Bandbreiten von 2GB/s für LVL2 und 4.5GB/s für EF überschritten werden. Bei simultanem Betrieb wurde der benötigte LVL2-Durchsatz erreicht bei gleichzeitig 75% der Nennlast für EF. Mit dem voll ausgebauten System wird die Leistungsfähigkeit ohne Zweifel deutlich über den Anforderungen liegen.

Im Hinblick auf die Weiterentwicklung des ROS wurden zwei Faktoren in Betracht gezogen. Dies ist zum einen die allgemeine Entwicklung im PC-Bereich, die voraussichtlich während des Betriebs des LHC zur Verdrängung der gebräuchlichen PCI-X Busarchitektur durch den Nachfolger PCI-e führen wird. Zum zweiten kann durch zunehmende Luminosität und neue Triggeralgorithmen mit höheren Anforderungen speziell des LVL2 Systems an das ROS gerechnet werden.

Um einen sanften Übergang von der PCI-X zur PCI-e Schnittstellenarchitektur künftiger ROS-PC zu ermöglichen, wurde Ende 2008 mit der Portierung des gegenwärtigen ROBIN-Designs nach PCI-e begonnen. Ziel ist dabei eine weitestgehend kompatible Variante hinsichtlich Firmware und Software. Zum Ende der Förderperiode konnte die Erstellung des Schaltplan abgeschlossen werden. Mit Ausnahme der Busschnittstelle – PCI-e anstelle von PCI-X – und des Ethernetadapters konnten praktisch alle Einzelkomponenten beibehalten werden. Die