

atp

Automatisierungs-
technische Praxis

7/2003

Juli

CERN entscheidet sich für ein industrielles
SCADA Paket

Sonderdruck

Oldenbourg



CERN entscheidet sich für ein industrielles SCADA Paket

Das weltweit größte Forschungslabor für Teilchenphysik wird seine gigantischen Experimente in Zukunft mit einer speziell auf diesen Industriebereich zugeschnittenen Software überwachen und steuern.

Kommerzielle SCADA-Systeme (Supervisory Control And Data Acquisition) sind weithin akzeptiert und in den vergangenen 15 Jahren in industriellen Systemen umfassend eingesetzt worden. Detektoren und Beschleuniger in Forschungslabors der Teilchenphysik, deren Abläufe komplexen Herstellungsprozessen gleichen, werden jedoch üblicherweise mit Hilfe von Spezialhardware und -software gesteuert.

Angesichts eingeschränkter Ressourcen und der Verfügbarkeit immer leistungsfähigerer kommerzieller Tools zieht CERN, wo immer dies möglich ist, verstärkt kommerzielle Technologien in Betracht. Diese Überlegung war auch ausschlaggebend, sich für den Einsatz von SCADA-Standardsystemen zur Überwachung und Steuerung der LHC-Detektoren zu entscheiden. PVSS II, das intelligente SCADA Produkt des österreichischen Software Hauses ETM, kam anfangs nur in der Überwachung der LHC-Detektoren zur Anwendung. Mittlerweile ist es die Standardlö-

sung für jene neuen Systeme von CERN, die den Einsatz der SCADA-Technologie erfordern.

Durch welche Eigenschaften zeichnet sich dieses Systeme aus?

Die großen LHC-Detektoren können über eine Million I/O-Überwachungskanäle umfassen. Dies erfordert offensichtlich ein stark verteiltes Steuerungssystem, das sich voraussichtlich aus Dutzenden, wenn nicht sogar Hunderten von PCs zusammensetzen wird. Hinzu kommt noch, dass die Detektoren aus einer Vielzahl an Subdetektoren bestehen, die zwar während der normalen Datenerfassung integriert betrieben werden, aber logisch voneinander unabhängig sind und ab und zu parallel zueinander als Standalone-Systeme laufen müssen. Für die Entwicklung und Fehlersuche muss das Steuerungssystem folglich unterteilt werden können und den gleichzeitigen Betrieb der verschiedenen Teile ermöglichen.

Die Komponenten eines Detektors sind sehr speziell und befinden sich überwiegend in einem starken magnetischen Strahlungsfeld. Aus diesem Grund sind hier keine Standardmodule einsetzbar, wie sie gewöhnlich zur Datenabnahme

verwendet werden. Obwohl in einigen Bereichen, wie zur Steuerung von Gas- oder Tieftemperaturanlagen, PLCs mit I/O-Standardmodulen zur Anwendung kommen, werden weitaus häufiger spezielle I/O-Module verwendet, die überwiegend von maßgeschneiderter Software gesteuert werden, welche auf PCs oder VMEbus-Plattformen installiert ist.

Ein weiterer entscheidender Unterschied ist auf der Überwachungsebene zu finden. Ein Detektorsteuerungssystem besteht herkömmlicherweise aus einer hierarchischen Anordnung endlicher Automaten (Finite State Machines - FSMs), da dies den Ansatz der Physiker am besten widerspiegelt. Der Einsatz von FSMs eignet sich besonders gut, wenn es um die Steuerung einer großen Anzahl ähnlicher Geräte geht. Obwohl im allgemeinen FSM Funktionalitäten in der Industrie keine Anwendung finden, weisen sie doch einige Ähnlichkeiten zu Batch-Management-Systemen auf, was bei SCADA-Systemen typischerweise fehlt. Im CERN wurden jedoch FSM-Bausätze entwickelt und bereits bei anderen Experimenten eingesetzt. Die Integration solcher Bausätze in das vorhandene SCADA-System ist daher notwendig.

Die Detektoren werden in weltweiter Zusammenarbeit von 150 Forschungsinstituten entwickelt. Dies hat entscheidende Auswirkungen auf die Entwicklung des entsprechenden Überwachungs- und Steuerungssystems. Die Detektorsteuerungssysteme werden gleichzeitig an mehreren Standorten entwickelt, wobei jedes dieser Steuerungssysteme schließlich in CERN eingesetzt und in ein individuelles Überwachungssystem integriert wird. Da die Mitglieder dieser Entwicklungsteams keine SCADA-Experten sind, ist eine möglichst starke Vereinfachung des Entwicklungsprozesses erforderlich (siehe hierzu auch die folgenden Ausführungen).

Bei der Inbetriebnahme des Detektors werden nur einige

wenige Mitglieder des Entwicklungsteams bei CERN vor Ort sein. Die anderen Mitarbeiter müssen jedoch in der Lage sein, den Status des Detektors zu verfolgen. Dafür ist ein Fernzugriff auf das Steuerungssystem mit der Möglichkeit der Überwachung und der Übertragung von Befehlen an das System unter sicheren, kontrollierten Bedingungen erforderlich.

Funktionen von PVSS II

Anders als der überwiegende Teil der SCADA-Produkte basiert PVSS nicht auf Tags, sondern ist stark auf die jeweilige Anlage ausgerichtet. Bei einem System, das auf Tags basiert, würden die Daten einer bestimmten Anlage in einer entsprechenden Anzahl an einfachen, voneinander unabhängigen Datentypen (Tags) dargestellt werden. PVSS basiert auf dem Konzept eines strukturierter Datentyps, der Datenpunkttyp (DTP) genannt wird. Dies ist eine äußerst wirksame Methode zur Einkapselung der Merkmale einer externen Anlage und besitzt Ähnlichkeiten mit objektorientierten Programmiersprachen. Außerdem können komplexe Datenpunkttypen erstellt werden, die ihre Eigenschaften von anderen Datenpunkttypen erben. PVSS ermöglicht die Erstellung von Instanzen aus diesen Vorlagen, den sogenannten Datenpunkten (DP). Die strukturierte Beschaffenheit des Datentyps bietet den Vorteil, dass alle Daten einer bestimmten Anlage in Gruppen zusammengefasst werden können. Daher ist es dem Benutzer möglich, alle Daten einer bestimmten Anlage an einem Platz gesammelt vorzufinden und verschiedene Anlagen bequem zu replizieren.

Das Konzept dieser Vorlagen und Instanzen wird auch auf grafische Objekte (Anlagenbilder) angewendet. Parametrisierte Anlagenbilder können durch Substituierung aktueller Werte zur Laufzeit instanziiert werden. Dadurch ist es möglich, ein einzelnes generisches Grafikobjekt gleich welcher Komplexität ein-



Bild 1: Herzstück der CERN-Experimente ist ein 27 Kilometer langer kreisförmiger Tunnel 100 Meter unterhalb der Erdoberfläche, in dem sich ein Teilchenbeschleuniger der Superlative befindet. Im neuen Protonen Speicherring LHC (Large Hadron Collider) prallen Teilchen in 10 mal höheren Geschwindigkeiten aufeinander als in früheren Beschleunigern (Bild: CERN).

mal zu erstellen und beliebig oft wiederzuverwenden.

Die PVSS-Architektur entspricht kooperierenden, verteilten Prozessen, die als Manager bezeichnet werden. Die wichtigsten Manager sind:

Treiber: dienen der Kommunikation zwischen externer Hardware und dem Eventmanager.

Eventmanager: empfängt, verarbeitet und verteilt Ereignisse, wie beispielsweise die Änderungen von Werten.

Datenbankmanager: ist eine Datenbank, in der die Systemkonfiguration, der letzte bekannte Wert aller Datenpunkte und alle Ereignismeldungen gespeichert sind.

Userinterface-Manager: ist für alle Bildschirmausgaben an den Bediener zuständig.

API: ermöglicht die Kommunikation mit externen Anwendungen sowie den Zugriff auf alle internen PVSS Daten.

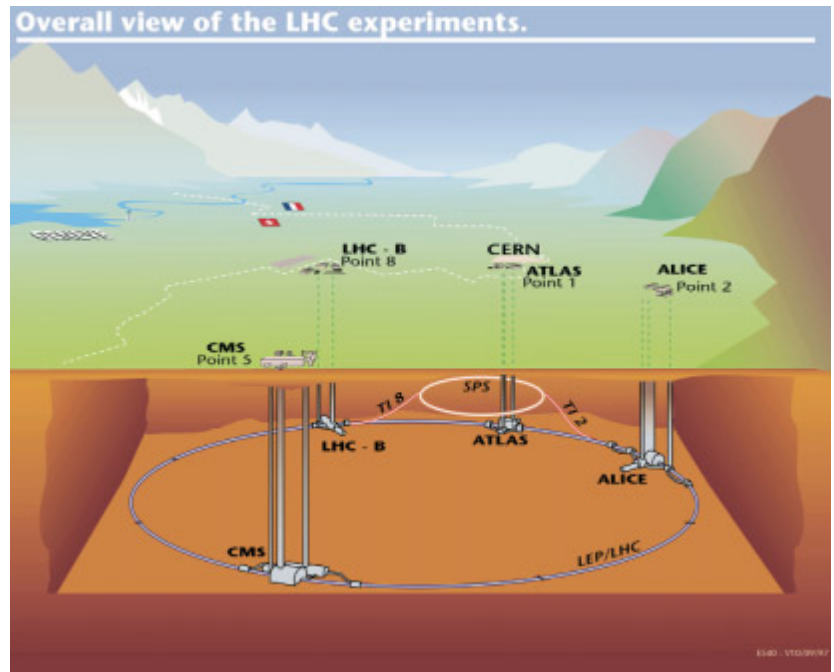
CTRL (Controlmanager): verarbeitet PVSS Scripts, die nicht von einem Eingriff des Bedieners abhängig sind.

Datenarchive: enthalten alle an Datenpunkten vorgenommene Änderungen.

Die Manager können über mehrere Rechner verteilt werden, auf denen entweder Windows oder Linux installiert ist. Von den meisten Managern können mehrere Instanzen gleichzeitig vorhanden sein. Ausgenommen davon sind jedoch der Eventmanager und der Datenmanager, für die es jeweils nur eine Instanz innerhalb eines Systems geben darf. Des Weiteren ist es möglich, einzelne PVSS-Systeme zur Erstellung eines Netzwerks miteinander zu verknüpfen. In einem derartigen Meta-System stehen alle Datenpunkte eines PVSS-Systems allen anderen angebandenen PVSS-Systemen zu Verfügung.

PVSS ermöglicht die Erstellung redundanter Systeme. Ein redundantes System besteht im Wesentlichen aus zwei vollständigen, parallel laufenden Systemen. Eines der Systeme wird dabei als primäres System konfiguriert, während das andere als Standby-System dient. Das Standby-System empfängt die Daten nicht vom Feld oder vom

Bild 2: Der ATLAS (A Toroidal LHC Apparatus) Detektor in der unterirdischen Experimentierhalle und im Querschnitt (Bild: CERN).



Bediener, sondern vom primären System. Dadurch enthält es ebenso ein identisches Prozessabbild wie das primäre System. Im Fall eines Defekts im primären System kann das Standby-System die Kontrolle der Überwachung mit einem identischen Prozessabbild übernehmen.

PVSS basiert auf der funktionsstarken und flexiblen Programmiersprache CTRL, ähnlich der Programmiersprache C, die zusätzlich zu den Standard-eigenschaften von C viele SCADA-spezifische Funktionen enthält. Dadurch kann der Entwickler die PVSS Funktionalität beliebig erweitern.

Warum sich CERN für PVSS II entschieden hat

CERN führte umfangreiche Tests mit SCADA-Produkten und eine öffentliche Ausschreibung durch, bevor die Entscheidung für PVSS zur Steuerung der LHC-Detektoren getroffen wurde. Mit Hilfe einer Liste spezieller Auswahlkriterien wurden schließlich die Produkte getestet und die Auswahl festgelegt. Die Hauptgründe der Entscheidung für PVSS waren:

Preis-Leistungsverhältnis: PVSS wurde nach einer Ausschreibung und der Abgabe von Angeboten mehrerer Bewerber ausgewählt.

Kompatibilität zur Anlage: die Struktur entspricht im großen und ganzen der Form, welche die mit der Entwicklung der Detektoren betrauten Physiker zur Veranschaulichung ihrer Daten verwenden.

Offenheit: die Möglichkeit des Zugriffs auf alle internen PVSS-Daten von einer externen Anwendung aus.

Skalierbarkeit: durch die flexible Lastverteilung kann die Systembelastung durch Aufteilung der verschiedenen Manager eines PVSS-Systems auf mehrere CPUs verringert werden. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, mehrere PVSS-Systeme miteinander zu verbinden und eine Systemgruppe zu bilden, in der Daten zwischen den einzelnen Systemen ausgetauscht werden. So kann beispielsweise eine Benutzeroberfläche innerhalb eines Systems alle Daten von allen anderen verbundenen Systemen in vollständiger Transparenz darstellen.

Unterstützung mehrerer Plattformen: PVSS läuft unter Windows und Linux. Beide Betriebssysteme können gleichzeitig für ein PVSS-System eingesetzt werden.

Flexibilität: PVSS bietet Systementwicklern viele verschiedene Möglichkeiten, das Basisprodukt zu erweitern und den eigenen Anforderungen entsprechend anzupassen.

Wie erfolgt die Anpassung an die Anlage?

Die Steuerungssysteme der LHC-Experimente werden an vielen verschiedenen Standorten weltweit entwickelt, besitzen jedoch zahlreiche übereinstimmende Merkmale. CERN entwickelt daher ein Framework aus wiederverwendbaren Komponenten. Dieses Framework umfasst alle allgemeinen Anlagen sowie mehrere Funktionen und Einrichtungen zur Erweiterung der Funktionalität von PVSS und zur Anpassung an das Detektorsteuersystem. Das Framework ist stark an der objektorientierten PVSS-Struktur hinsichtlich der Datenpunkte und der grafischen Objekte ausgerichtet. Zusätzlich bietet das Framework die Möglichkeit, verschiedene Konfigurationsdaten, wie z.B. Datenpunkte, mit Hilfe einer internen Skriptsprache zu generieren.

Die folgende Illustration soll die Einbindung der PVSS Funktionen in das Framework veranschaulichen. Als Beispiel soll hier ein typisches Gerät, wie z.B. ein Hochspannungsnetzteil (HVPS), in einem physikalischen Experiment mit hohem Energieaufwand angeführt werden. Ein Hochspannungsnetzteil (HVPS) besteht aus einem Gehäuse, an das Steckkarten angeschlossen sind. Auf jeder

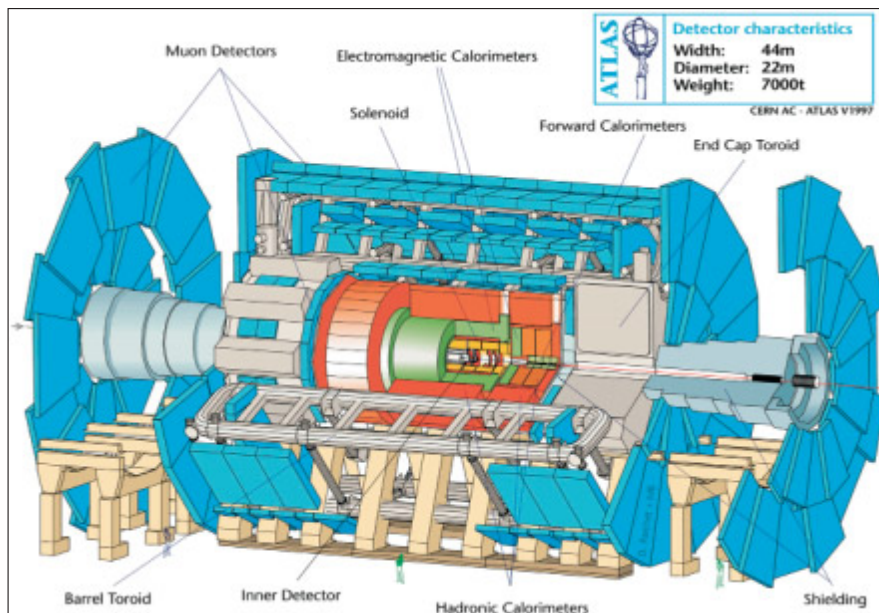


Bild 3: Am Europäischen Kernforschungszentrum CERN entsteht derzeit in internationaler Kollaboration der weltweit größte Beschleuniger, der mit 14 TeV etwa die zehnfache Energie und die hundertfache Proton-Proton Kollisionsrate bisheriger Maschinen liefert. Dies eröffnet die Möglichkeit, über die Grenzen der bisher bekannten Physik hinaus zu gehen, stellt aber auch eine große Herausforderung für die Entwicklung der Detektoren dar, die nötig sind, um die charakteristischen Zerfallsprodukte der Teilchen nachzuweisen. Die Arbeiten befinden sich bereits im vollen Gange, die Inbetriebnahme von ATLAS und LHC soll im Jahr 2005 erfolgen (Bild: CERN).

Was bedeutet CERN?

CERN ist die Europäische Organisation für Kernforschung und das größte Labor der Teilchenphysik (<http://welcome.cern.ch/welcome/>). Ziel von CERN ist die Erforschung der Materie sowie der Kraft, welche diese zusammenhält. Das Labor bietet Forschern die modernsten wissenschaftlichen Einrichtungen, insbesondere die gewaltigen Anlagen, die winzige Teilchen unter Lichtgeschwindigkeit beschleunigen und spalten können. Die Experimente zur Erforschung dieser Teilchen werden in einem weltweiten Zusammenschluss aus mehreren Physikern entwickelt. Momentan bereitet sich CERN auf den Large Hadron Collider (LHC), den nächsten Teilchenbeschleuniger, vor, der sich gerade im Aufbau befindet. Der LHC wird der bisher größte und gewaltigste Teilchenbeschleuniger der Welt sein. Zur Erforschung des neuen Energieniveaus von 7 TeV, das mit dem LHC erreicht werden soll, wird gleichzeitig eine neue Generation von Detektoren (ALICE, ATLAS, CMS und LHCb) konstruiert.

Was bedarf bei CERN einer Überwachung?

Neben den Detektoren gibt es noch weitere Systeme bei CERN, die in koordinierter, jedoch nicht unbedingt integrierter Form überwacht werden müssen. Dazu gehören Standardsysteme, wie die Stromversorgung, die Zugangskontrolle, Kühlung und Belüftung, ebenso wie äußerst spezielle physikalische Teilchensysteme, wie der Teilchenbeschleuniger und die physikalischen Detektoren. Jedes System besitzt seine eigenen Besonderheiten, deren Darstellung den Rahmen dieses Artikels, der sich auf die Detektorsteuerungssysteme konzentriert, sprengen würde.

Steckkarte befinden sich mehrere Hochspannungskanäle, und jede Entität besitzt mehrere zugeordnete Parameter. Eine derartige Anlage eignet sich von Natur aus zu einer objektorientierten Darstellung. So wurde für jedes Gehäuse, jede

Steckkarte und jeden Kanal ein Datenpunkttyp erstellt.

Zusätzlich wurde ein Anzeigesatz, in PVSS-Terminologie auch Panel (Anlagenbilder) genannt, entwickelt, mit dessen Hilfe die Entwickler neue Instanzen von HVPSen erstellen

und konfigurieren können. Die Anlagenbilder profitieren von der objektorientierten Struktur der grafischen PVSS Objekte. Mit dieser Funktionalität, auch Referenzanlagenbild genannt, ist die Erstellung einer grafischen Abbildung der Anlage möglich, die beliebig oft instanziiert werden kann. Da die Parameter beim Laden eines solchen Anlagenbildes als Argumente weitergegeben werden können, ist die Erstellung von Instanzen zur Laufzeit möglich. Über diese Konfigurationspanels werden PVSS-Skripts zum Erstellen und Konfigurieren der entsprechenden Datenpunkte für eine neue Instanz des HVPS aufgerufen. Damit übereinstimmend enthält das Framework Anlagenbilder zum Betrieb dieser Geräte. Sobald die operationalen Panels für eine Anlage einmal entwickelt wurden, können diese dynamisch zur Laufzeit instanziiert werden, wenn dies für eine bestimmte Instanz dieser Anlage erforderlich ist.

Das funktionsstarke API (Application Programming Interface) von PVSS ermöglicht eine enge Integration des von CERN entwickelten FSM-Bausatzes

mit PVSS. Diese Integration bietet dem Bediener zur Konfiguration des FSM-Verhaltens des Systems eine benutzerfreundliche Oberfläche im PVSS, wobei diese Integration stark auf die objektorientierte PVSS-Struktur ausgerichtet ist. Weiters wurde ein generischer FSM-Datenpunkttyp definiert, der von allen Anlagentypen mit FSM-Verhalten geerbt wird. Die instanziierten Elemente des Datenpunkttyps speichern alle FSM-Daten, die mit dem FSM-Bausatz über das API ausgetauscht werden.

Zusammenfassung

Die Entscheidung für den Einsatz von PVSS in den LHS-Detektorsteuerungssystemen, die in den nächsten Jahren in vielen Instituten weltweit entwickelt werden, fiel im September 2000. Zur Vereinfachung dieser Entwicklungen wird ein Framework erstellt, das die objektorientierte PVSS Funktionalität umfassend nutzen wird. Dieses Framework soll Dopplungen durch die einmalige Entwicklung von häufig verwendeten Komponenten vermeiden, welche mehrmals eingesetzt werden können.

Bis jetzt wurden nur relativ kleine Betriebssysteme zum Testen der Komponenten von LHC-Detektoren entwickelt. Allerdings, aufgrund der Entscheidung für den Einsatz von PVSS bei LHC-Experimenten, ist PVSS im CERN als empfohlenes Produkt für neue Systeme, die SCADA-Technologie erfordern, vorgesehen. Als Folge daraus werden gegenwärtig die Detektorsteuerungssysteme bei operationalen Experimenten (COMPASS, NA60) unter Einsatz von PVSS und einer ersten Version des Frameworks entwickelt. Des weiteren wird im CERN damit begonnen, PVSS bei weiteren Steuereinheiten, wie beispielsweise für ein neues Vakuumkontrollsystem, bei der Überwachung der Heliumverflüssigungsanlage, einzusetzen.

Wayne Salter
CERN, IT Division

ETM Aktiengesellschaft,
Kasernenstr. 29, A7000 Eisenstadt,
Tel. +43 26 82 741-0, Fax -107,
Internet: www.etm-ag.com