

## Rozproszona heterogeniczna baza danych wspierająca budowę wielkiego eksperymentu fizyki wysokich energii

Tomasz Traczyk  
ttraczyk@ia.pw.edu.pl



Politechnika Warszawska  
Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych  
Instytut Automatyki i Informatyki Stosowanej

### Wprowadzenie: eksperyment ALICE

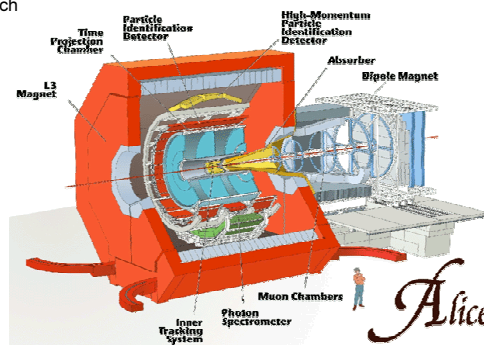
- ❖ Baza danych DCDB: założenia i architektura
- ❖ Struktura danych: założenia, trudności i rozwiązania
- ❖ Podsumowanie



## Eksperyment ALICE

### ALICE (A Large Ion Collider Experiment)

- Miejsce
  - Europejskie Centrum Badań Jądrowych CERN (Genewa)
- Cel
  - badanie właściwości materii w warunkach zderzeń jonów o wielkich energiach
- Aparatura
  - nowy akcelerator LHC (Large Hadron Collider)
    - 4 wielkie detektory
  - detektor ALICE
    - magnes L3 (po detektorze LEP)
    - zespół subdetektorów
    - miliony komponentów!
- Czas
  - rozruch przewidywany na rok 2008



## Trudności w konstrukcji detektora ALICE

### Trudności techniczne

- Unikalność sprzętu
- Niemożność przetestowania w warunkach rzeczywistej eksploatacji
- Wielkie rozmiary i duża złożoność sprzętu
- Konieczność osiągnięcia dużej precyzji (aparatura pomiarowa)
- Potrzeba znajomości szczegółowych charakterystyk setek tysięcy komponentów
  - pomiary możliwe tylko przed montażem

### Trudności organizacyjne

- Produkcja i pomiary rozproszone w ponad 80 laboratoriach rozrzuconych po całym świecie (27 krajów!)

⇒ **Wsparcie informatyczne jest niezbędne dla powodzenia przedsięwzięcia**



## Wprowadzenie: eksperyment ALICE

## Baza danych DCDB: założenia i architektura

## Struktura danych: założenia, trudności i rozwiązania

## Podsumowanie



## DCDB – baza danych konstrukcji detektora ALICE

### Cele bazy danych DCDB (*Detector Construction Database*)

- Wspomaganie budowy detektora
  - rejestracja komponentów
  - śledzenie obiegu oraz montażu lub podziału komponentów
- Gromadzenie danych komponentów
  - wyniki testów i pomiarów różnorodnych charakterystyk komponentów
  - materiał wyjściowy do kalibracji detektora

### Zespół DCDB

- Warszawska grupa DCDB
  - międzywydziałowa grupa pracowników i studentów Politechniki Warszawskiej
  - odpowiada za projekt, realizację i utrzymanie bazy DCDB
  - kierownik: dr Wiktor Peryt (Wydział Fizyki PW)
- Zespół DCDB w CERN
  - odpowiada za
    - ♦ sprawy organizacyjne
    - ♦ administrowanie centralnym węzłem bazy DCDB w CERN



## Założenia DCDB

### Rozproszenie

- Laboratoria rozrzucone od USA po Indie
  - problemy z niezawodnością łącz
  - ostre restrykcje w dostępie do sieci (badania jądrowe)
- Dążenie do autonomii działań laboratoriów

⇒ Nie można zastosować systemu scentralizowanego

⇒ Rozwiązanie: rozproszona baza danych

### Heterogeniczność

- Instytuty mają bardzo różne możliwości w dziedzinie informatyki
  - brak profesjonalistów w dziedzinie baz danych
  - brak systemów zarządzania bazami danych
  - skromne fundusze („spółdzielnia”)

⇒ Nie można zastosować wyłącznie komercyjnych SZBD

⇒ Rozwiązanie: wykorzystanie w laboratoriach bazy danych typu *open source*



## Architektura DCDB

### Bazy satelickie

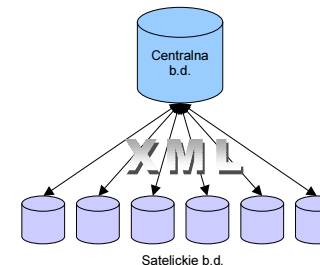
- W laboratoriach
- Gromadzą dane powstające bezpośrednio w procesie produkcji, testów i pomiarów
- Technologia
  - PostgreSQL lub Oracle

### Baza centralna

- W CERN
- Gromadzi
  - dane z baz satelickich
  - dane dotyczące montażu i okablowania
- Technologia
  - Oracle 10g

### Wymiana danych

- W architekturze gwiazdziej
- Własny protokół bazujący na XML-RPC
- W fazie końcowej prace nad wykorzystaniem protokołu SOAP



## Aplikacje DCDB

### Przygotowane aplikacje

- *RABBIT* – uniwersalny interfejs użytkownika
  - przeglądanie i edycja danych
  - wyszukiwanie danych z użyciem złożonych kryteriów
  - proste analizy danych i rysowanie wykresów (np. histogramów)
- *LabServer* – zautomatyzowany zapis danych do bazy
  - z oprogramowania laboratoryjnego (np. LabView) lub plików XML
- *Dictionary Wizard* – program wspomagający tworzenie i modyfikacje metadanych
- Specjalizowane moduły dla poszczególnych grup użytkowników
  - np. okablowanie

### Technologia

- Architektura trójwarstwowa z cienkim klientem
- Model MVC (*model – view – controller*), technologie JSP i Apache Struts
- Serwery aplikacyjne Apache Tomcat lub Oracle Application Server
- *Root* – specjalizowany pakiet do analizy danych fizycznych (CERN)



### ❖ Wprowadzenie: eksperyment ALICE

### ❖ Baza danych DCDB: założenia i architektura

### ❖ Struktura danych: założenia, trudności i rozwiązania

### ❖ Podsumowanie



## Struktura bazy danych – założenia

### Motywacja

- Niemożność utrzymania wielu różnych struktur danych siłami małego zespołu
- Wielka pracochłonność budowania i testowania wielu specjalizowanych aplikacji
- Poważne trudności przy scalaniu zróżnicowanych struktur w bazie centralnej

### Założenia projektowe

- Ta sama struktura bazy dla wszystkich
  - laboratoriów
  - subdetektorów i komponentów
- Aplikacje
  - działające w WWW
  - dostępne globalnie
  - wspólne dla wszystkich danych
  - sterowane danymi



## Generyczna struktura danych

### Generyczna struktura danych

- Jedna, wspólna i możliwie uniwersalna
- Sterowana metadanymi – słownikami

### Zalety

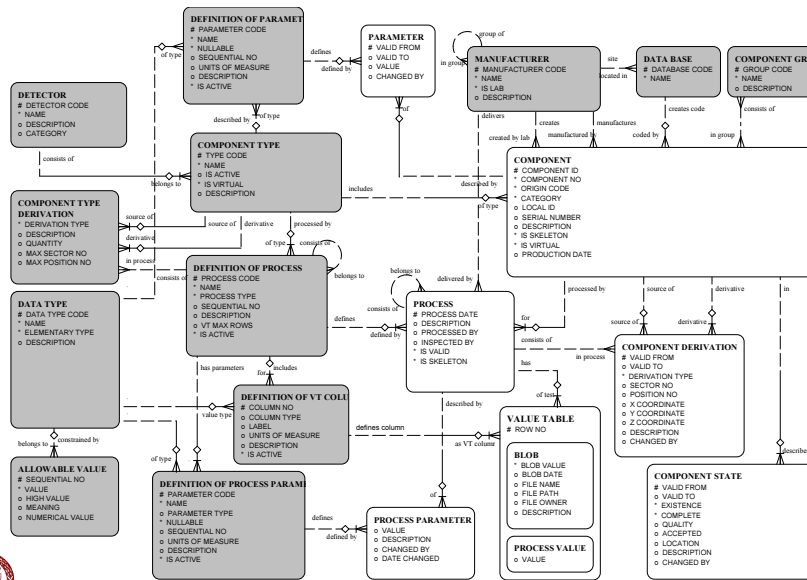
- Znacznie ułatwione utrzymanie i zarządzanie rozwojem
- Możliwość stworzenia jednej generycznej aplikacji
- Ułatwienie scalania danych w bazie centralnej
  - struktura bazy centralnej bardzo podobna do struktur baz satelickich

### Wady

- Mniej jasna struktura i trudniejsze zapytania
- Zagrożenie problemami z wydajnością
- Złożone klucze i duże rozmiary indeksów
- Konieczność stosowania proceduralnych ograniczeń integralności (wyzwalaczy)
- Konieczność synchronizacji
  - zmian struktur wszystkich baz
  - zmian metadanych (słowników)



## Generyczna struktura danych, c.d.



T.Traczyk: Rozproszona heterogeniczna baza... BDAS'05

13

## Trudności i rozwiązania

### Trudności

- Bardzo duża ilość danych pomiarowych
  - obecnie zgromadzono wyniki ponad miliona testów
    - ♦ łącznie ponad dwieście milionów punktów pomiarowych
    - ♦ niektóre testy zawierają po kilkanaście tysięcy punktów pomiarowych
  - spodziewany ok. dziesięciokrotny przyrost danych
  - znaczny rozmiar zajętej przestrzeni dyskowej, zwłaszcza na indeksy
  - niezbyt duża wydajność przy ładowaniu danych
- Złożone kryteria wyszukiwania komponentów
  - zawierają wiele warunków
  - nie można ich wspomóc indeksami
    - ♦ wielkie rozmiary
    - ♦ rzadkie użycie

T.Traczyk: Rozproszona heterogeniczna baza... BDAS'05

14

## Trudności i rozwiązania, c.d.

### Przechowywanie danych pomiarowych

- Pierwsze podejście: struktura relacyjno-obiektowa
  - kolekcje zawierające całe tablice wyników pomiarów
  - trudne operowanie na bazie
  - nienadzwyczajna wydajność (zwłaszcza w PostgreSQL)
- Obecnie: struktura czysto relacyjna
  - każdy punkt pomiarowy zapisany w osobnym wierszu tabeli
  - łatwe operowanie na bazie
  - bardzo duże zużycie przestrzeni dyskowej (zwłaszcza w PostgreSQL)
- Przyszłość: zastosowanie zoptymalizowanej struktury relacyjno-obiektowej
  - badania w toku
  - spore szanse na
    - ♦ znacznie zredukowanie zajętości dysków
    - ♦ przyspieszenie ładowania danych

T.Traczyk: Rozproszona heterogeniczna baza... BDAS'05

15

## Trudności i rozwiązania, c.d.

### Użyte rozwiązania dla VLDB (Oracle)

- Tabele zorganizowane indeksowo (IOT – *index organized tables*)
  - użyte dla danych, w których klucz główny stanowi dużą część wiersza
    - ♦ typowe zjawisko w strukturze generycznej: odwołania do metadanych
  - z kompresją indeksu
    - ♦ redukcja zapisu powtarzających się części kluczy indeksów złożonych
- Partycjonowanie tabel
  - dla większości tabel partycjonowanie typu *by list*, z podziałem na subdetektory
  - dla tabel typu IOT (np. dane pomiarowe) partycjonowanie typu *by hash*
  - konstrukcje kluczy sprzyjające użyciu indeksów lokalnych dla partycji

T.Traczyk: Rozproszona heterogeniczna baza... BDAS'05

16

## Podsumowanie

### Stan zaawansowania prac

- Bazy satelickie
  - kilka baz w pełni użytkowanych
  - kolejne bazy w rozruchu
- Baza centralna
  - w użytkowaniu
- Obieg informacji
  - w użytkowaniu
  - kończą się prace nad przeniesieniem na protokół SOAP

### Utrzymanie bazy DCDB

- Stan „permanentnego rozwoju”
- Nowe wymagania użytkowników
  - większość daje się zaspokoić przez konfigurację metadanych
- Rozwiązywanie problemów
  - głównie drobne błędy w aplikacjach
  - bazy danych nie sprawiają większych kłopotów



## Podsumowanie

### Stan zaawansowania prac

- Bazy satelickie
  - kilka baz w pełni użytkowanych
  - kolejne bazy w rozruchu
- Baza centralna
  - w użytkowaniu
- Obieg informacji
  - w użytkowaniu
  - kończą się prace nad przeniesieniem na protokół SOAP

### Utrzymanie bazy DCDB

- Stan „permanentnego rozwoju”
- Nowe wymagania użytkowników
  - większość daje się zaspokoić przez konfigurację metadanych
- Rozwiązywanie problemów
  - głównie drobne błędy w aplikacjach
  - bazy danych nie sprawiają większych kłopotów



## Podsumowanie, c.d.

### Wnioski

- W tego typu zadaniach sprawdzają się
  - struktury generyczne b.d.
  - aplikacje sterowane metadanymi
- Użycie struktur generycznych powoduje jednak
  - zagrożenia dotyczące wydajności i objętości danych
  - konieczność starannej optymalizacji użytych struktur danych
- Gwiazdzista architektura połączeń między bazami pozwoliła uniknąć większych problemów z synchronizacją danych
- Zastosowanie XML do wymiany danych pozwoliło obejść problemy związane z heterogenicznością bazy

Rozproszona heterogeniczna baza danych  
wspierająca budowę wielkiego eksperymentu  
fizyki wysokich energii

---



## Podsumowanie

### Stan zaawansowania prac

- Bazy satelickie
  - kilka baz w pełni użytkowanych
  - kolejne bazy w rozruchu
- Baza centralna
  - w użytkowaniu
- Obieg informacji
  - w użytkowaniu
  - kończą się prace nad przeniesieniem na protokół SOAP

### Utrzymanie bazy DCDB

- Stan „permanentnego rozwoju”
- Nowe wymagania użytkowników
  - większość daje się zaspokoić przez konfigurację metadanych
- Rozwiązywanie problemów
  - głównie drobne błędy w aplikacjach
  - bazy danych nie sprawiają większych kłopotów

