GEANT4
Il progetto e la partecipazione INFN

Maria Grazia Pia
INFN Genova

Alessandro Feliciello (Torino, III),
Ernesto Lamanna (Cosenza, I),
Stefano Magni (Borexino, II),
Mirco Mazzucato (Padova, I),
Maria Grazia Pia (Genova, I)

Profilo della relazione

- Introduzione: ruolo di Geant e stato di Geant3
- Motivazioni del redesign di Geant
- Lo sviluppo di Geant4 in RD44
- Strategie di Software Engineering
- Ruolo delle tecnologie Object Oriented
- Il toolkit Geant4.0
- Performance
- Le conclusioni dei referees di RD44
- La Collaborazione Geant4
- Il Servizio di Produzione e il Supporto degli Utenti
- La partecipazione dell'INFN
- Conclusioni

Chi usa Geant?

- Tutti i principali esperimenti di fisica delle alte energie e nucleare nei maggiori laboratori
  - CERN
  - DESY
  - FNAL
  - SLAC
  - Cornell
  - CEBAF
  - KEK
  - LNF
  - Gran Sasso
  - etc.
- Applicazioni di fisica spaziale, medica, acceleratori
- Geant3 era un prodotto CERN, distribuito dal CERN, che pure forniva il supporto agli utenti attraverso la Divisione DD/CN/IT

Il ruolo di Geant

- *Geant è uno strumento di simulazione, che fornisce un'infrastruttura generale per*
  - geometria
  - tracking di particelle
  - interazioni di particelle con la materia
  - visualizzazione di rivelatori e relativa risposta, tracce
  - etc.
- *L'esperimento sviluppa il codice specifico per*
  - generatore primario di eventi
  - descrizione geometrica del rivelatore
  - descrizione della risposta del rivelatore (digitizzazione)
- Ruolo fondamentale in varie fasi dell'esperimento
  - progettazione del rivelatore
  - studio dei canali di fisica
  - sviluppo e test del software di ricostruzione e fisica
  - calcolo di risultati fisici per pubblicazioni

Strategie di Software Engineering

- Il Software Engineering ha un ruolo fondamentale
- **User Requirements**
  - Raccolti inizialmente e sistematicamente rivisti
  - Secondo lo standard ESA PSS-05
- **OOA&D**
  - Metodologie Object Oriented per analisi e design
    - Booch/UML
  - Software process di sviluppo: approccio a spirale iterativo di cicli di design e di implementazione
  - CASE Tool: Rational Rose
  - Design fondamentale per lo sviluppo distribuito in parallelo
  - Problem domain decomposition e OOAD risultano in una struttura di dipendenza unidirezionale fra le class categories
- Esteso uso di sistemi di **Quality Assurance**

Ruolo delle tecnologie OO

- **Decomposizione in parti**
  - ognuna delle quali possa essere rifinita e gestita indipendentemente
- **Trasparenza**
  - uso di classi astratte, disaccoppiamento dall'implementazione
- **Flessibilità**
  - modelli e implementazioni alternative, con fine granularità di scelta
- **Apertura all'evoluzione**
  - estensibilità a nuovi modelli, implementazioni, algoritmi etc. senza interferire con il software esistente
  - possibilità per l'utente di includere facilmente i propri dati e modelli
- **Interfaccia a software esterno al kernel Geant4 senza dipendenza**
  - databases per la persistenza
  - librerie di visualizzazione
  - strumenti di interfaccia utente
  - etc.

Geometria

- Descrizione dettagliata di rivelatore ed efficiente tracking di particelle nel modello di rivelatore
- Interfaccia mediante lo **standard ISO STEP** (Standard for the Exchange of Product Model Data)
  - ***scambio con CAD***
- ***Rappresentazioni multiple di solidi***
  - CGS (Constructed Solid Geometries)
  - Estensioni in STEP
  - BREPS (Boundary REPresentated Solids)
- ***Trattazione di vari tipi di campo***
  - di disuniformità e differenziabilità variabile
  - sostanziale progresso rispetto a Geant3
- ***Nuovi metodi di navigazione***
  - gerarchia di volumi (Geant3)
  - geometria 'piatta' (CAD)
  - **smart voxels** (Geant4)
    - ricerca molto efficiente nel database di volumi
- ***Conversione di geometrie da Geant3 a Geant4***

Altre componenti

- **Materiali**
  - elementi
  - isotopi
  - materiali composti
- **Particelle**
  - proprietà dal PDG
  - altri tipi di particelle specifici per uso in Geant4
    - esempio: ioni
- **Hits**
  - definiti dall'utente
  - rivelatori sensibili possono essere generati da volumi, solidi, touchables
- **Digis**
  - riproduzione della risposta di rivelatore
- **Run e Event**
  - Possibile gestire **piú eventi contemporaneamente**
    - possibilità di trattare facilmente il pile-up

Fisica adronica

Modelli parametrizzati e 'data-driven'

- Basati su dati sperimentali
- Due domini
  - Low Energy
  - High Energy
- In buona parte ripresi da Gheisha
  - gli esperimenti LEP avevano adottato Geant3/Gheisha
- Che cosa c'è di nuovo
  - nuove parametrizzazioni
  - raffinamento ed estensione di parametrizzazioni esistenti
    - pp, sezione d'urto elastica differenziale
    - nN, sezione d'urto totale
    - pN, sezione d'urto totale
    - np, sezione d'urto elastica differenziale
    - πN, sezione d'urto totale
    - πN, scattering elastico coerente
  - trasporto di **neutroni** a bassa energia
  - **stopping** π^- (approccio misto parametrizzato/teorico)
  - **stopping** K^- (approccio misto parametrizzato/teorico)

Grafica - Persistenza

- **Grafica** gestita attraverso interfacce astratte
  - sistema aperto ad evoluzioni
- **Vari drivers di visualizzazione**
  - OpenGL, OpenInventor, X11, Postscript, DAWN, OPACS, VRML
- **User Interfaces**
  - Command-line, Tcl/Tk, Tcl/Java, batch+macros
  - OPACS, GAG
  - MOMO GUI
    - generazione automatica di codice per descrizione di rivelatore e materiali
- **Persistenza**
  - L'uso di ODBMS è una scelta dell'utente
  - interfacce a ODBMS tutte astratte in Geant4
  - possibilità di esecuzione in modo transiente o persistente
  - rivelatore, traiettorie, steps, hits etc.
  - selezioni, cut-views etc.

Il contributo dei fisici INFN a RD44

- **Alessandro Feliciello**
  - *Fisica adronica*
  - Contributo allo sviluppo del modello QMD
  - Test dei modelli di preequilibrio e deeccitazione
- **Ernesto Lamanna e Francesco Safai Tehrani**
  - *Geometria*
  - Iperboloide
- **Stefano Magni**
  - *Geometria, Fisica elettromagnetica, Testing*
  - Sviluppo di modelli relativi a fotoni ottici
  - Contributo allo sviluppo e gestione del System testing
  - Interfaccia a STL
  - Strumenti di documentazione per Software Reference Manual
- **Maria Grazia Pia**
  - *Fisica adronica*
  - Object Oriented Analysis and Design
  - Modelli e sviluppo per stopping π e K
  - Modello e sviluppo per evaporazione di fotoni
  - Sviluppo di Unit testing
  - Contributo a system testing per β e production releases
  - Training

Il ruolo dei fisici INFN nel nuovo Geant4

- **I collaboratori INFN sono inseriti nelle aree chiave di Geant4**
- **Production Service e User Support**
  - secondo le esigenze definite dal TB e concordate nei Working Groups
- **Geometria** (S. Magni)
  - sviluppi ed estensioni
    - area fondamentale per tutti gli esperimenti
- **Fisica elettromagnetica** (E. Lamanna)
  - μ di alta energia (E>300 GeV)
    - di interesse per LHC
- **Fisica adronica** (A. Feliciello, M.G. Pia)
  - OOAD
  - Sviluppo di Kinetic Model
  - Stopping particles
  - Modelli di deeccitazione
  - Tests di fisica
    - area fondamentale di Geant4 (BaBar, LHC, ν etc.)
- **Training**
  - per utenti e collaboratori

Scala temporale del progetto

- Fino al compimento degli esperimenti LHC

...dopo faremo Geant5!

I benefici per l'INFN

- **Diritto al Production Service e User Support** per tutti i fisici INFN, per tutti gli esperimenti e progetti di interesse per l'INFN
- Possibilità di **contribuire alle decisioni tecniche e scientifiche** della Collaborazione Geant4
  - linee di sviluppo
  - priorità
  - tutela degli interessi delle attività INFN
- **Acquisizione di competenze tecnologiche avanzate,** che possono essere trasferite alla comunità INFN
- **Acquisizione di competenze specifiche di simulazione** con Geant4
  - utili per applicazione negli esperimenti di appartenenza
  - nucleo di esperti per training e consulenza alla comunità INFN
- Interesse intrinseco di partecipazione ad un rilevante progetto internazionale, di alto contenuto tecnologico e fondamentale per gli esperimenti della nuova generazione
- Pubblicazioni

Conclusioni

- Geant4 è il toolkit per la simulazione di rivelatori per la prossima (attuale) generazione di **esperimenti HEP, nucleari, applicazioni spaziali, di fisica medica e di acceleratori**
- Geant4 è sviluppato e gestito mediante uno **schema di software distribuito** in una collaborazione internazionale
- La collaborazione Geant4 fornisce il **servizio di produzione** e il **supporto degli utenti** agli esperimenti, istituti e laboratori membri
- Mediante la partecipazione alla Collaborazione Geant4 l'INFN acquisisce il diritto a **servizio di produzione** e il **supporto degli utenti** per l'intera comunità INFN
  - nessun servizio e supporto, se non partecipasse
- I collaboratori INFN hanno dato un contributo significativo a RD44 e sono inseriti in aree fondamentali nella nuova Collaborazione Geant4
- Le risorse necessarie per la partecipazione dei collaboratori INFN sono modeste, ma la ricaduta di benefici sull'INFN è elevata