GEANT4

Maria Grazia Pia

INFN Genova & CERN, Divisione IT

Lorenzo Bellagamba (Bologna),
Alessandro Brunengo (Genova)
Elvio Di Salvo (Genova)
Ernesto Lamanna (Cosenza)
Maria Luisa Luvisetto (Bologna)
Stefano Magni (Milano)
Mirco Mazzucato (Padova)
Maria Grazia Pia (Genova)
Enzo Ugolini (Bologna)

Commissione Calcolo

Roma, 21 maggio 1999

Profilo della presentazione

- Introduzione: ruolo di Geant e stato di Geant3
- Motivazioni alla base di Geant4
- RD44
- Principali caratteristiche di Geant4
- Il MoU
- La Collaborazione Geant4
- Il Servizio di Produzione e il Supporto degli Utenti
- La partecipazione italiana
- Conclusioni

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

Che cosa era Geant3?

- Geant3 è usato in tutti i principali esperimenti di alte energie per la simulazione di rivelatori
- Ultima versione: Geant3.21, del marzo 1994
- Contiene ~200K linee di codice
- È l'equivalente di 50 anni-uomo di lavoro, lungo un arco di >15 anni
- È usato in fisica delle alte energie, fisica nucleare, area medica, radioprotezione e applicazioni spaziali

- **Il risultato è un sistema di software complesso**
  - ha un problem domain complesso
  - richiede flessibilità per applicazioni molto diverse
  - management e manutenzione sono complicati

- **Non è autosufficiente**
  - fisica adronica mediante l'interfaccia ad altri packages

- **Era diventato arduo**
  - *mantenere il programma*
  - *estenderne la funzionalità*
  - *migliorare la trasparenza e il contenuto di fisica*

Nuove esigenze di simulazione

- Gestione di elevate statistiche di eventi simulati
- Robustezza e affidabilità di produzione su grande scala
- Scambio di descrizione di rivelatori con CAD
- Fisica trasparente e validabile
- Estensioni di fisica ad alte energie
  - LHC
  - fisica di neutrini / cosmici
- Estensioni di fisica a basse energie
  - applicazioni spaziali
  - applicazioni di fisica medica
- Fisica adronica affidabile
  - non solo per calorimetria, ma anche per identificazione di particella (esperimenti di violazione di CP)
- ...etc.

Motivazioni per un redesign di Geant

- Era diventato molto complicato
  - mantenere il programma
  - estenderne la funzionalità
  - migliorare la trasparenza e il contenuto di fisica
- Geant3 era inadeguato per la scala degli esperimenti della nuova generazione
  - Le strutture dei dati sono insufficienti
  - La gestione della memoria è inadeguata
  - La fisica è inadeguata, o per insufficiente accuratezza ed affidabilità, o per incompleta copertura in energia
- Geant3 ha problemi intrinseci di precisione
  - tracking
  - matrici di rotazione
- Lo scambio di dati con altri programmi era arduo
- Una componente fondamentale (fisica adronica) era esterna a Geant, con interfaccia a packages esterni
- ...etc.

Che cosa è Geant4?

- **OO toolkit per la simulazione di rivelatori in fisica delle alte energie della prossima generazione**
  - *...e della generazione attuale*
  - *...e non solo di alte energie*
  - fisica nucleare, ioni pesanti, acceleratori, scienze spaziali, fisica medica etc.
- Esperienza di **produzione e gestione di software distribuito** in una collaborazione internazionale, con partecipazione da vari esperimenti, laboratori e istituti
- Esperienza di applicazione di metodi di **software engineering e di tecnologie Object Oriented** all'ambiente HEP

Profilo temporale

- **Approvato come R&D a fine '94**
- **Obiettivi a fine '95**
  - metodologia OO, problem domain, OOA&D completo
  - prototipo di tracking, performance
- **Obiettivi a primavera '97**
  - α-release con la stessa funzionalità di Geant 3.21
  - persistenza (hits), ODBMS
  - trasparenza di modelli fisici per gli utenti
- **Obiettivo a luglio '98**
  - primo β-release pubblico
- **Obiettivo a fine '98**
  - production release: **Geant4.0**

→ **Tutti gli obiettivi temporali e i requirements sono stati rigorosamente rispettati da RD44**

- **Riconfigurazione successiva alla fase R&D**
  - Collaborazione internazionale Geant4 dal 1/1/1999
  - Gestione della fase di produzione
  - Sviluppo e R&D anche nella fase di produzione

La fase di sviluppo RD44

- **Geant4 e' stato sviluppato da RD44**
  - >100 fisici (sperimentali e teorici) e informatici
  - ~40 istituti, >10 esperimenti rappresentati
  - ~50% CERN+esperimenti LHC, ~50% altri esp. e sedi
- α e β-testers in vari esperimenti
- **Partecipazione italiana**
  - Alessandro Feliciello (Torino)
    - *Fisica adronica: test del Precompound Model*
  - Ernesto Lamanna (Roma1)
    - *Fisica elettromagnetica: contributo ad estensione dei modelli per μ di alta energia*
  - Stefano Magni (Milano)
    - *Fisica e.m.: fotoni ottici*
    - *Geometria: PGONS, ray tracing*
    - *Global: migrazione a STL*
    - *System testing*
    - *Documentazione: Software Reference Manual*
  - Maria Grazia Pia (Genova)
    - *Fisica adronica, data driven: Stopping particles*
    - *Fisica adronica, teorica: Photon evaporation*
  - F. Safai Tehrani (Roma1)
    - *Geometria: iperboloide*
  - Lucia Silvestris Bari: *α-testing*

Le componenti di Geant4

- ***Codice***
  - versione di produzione
  - versione R&D
  - circa 1M linee di codice, 2000 classi
  - disponibile su web come tar files
- ***Documentazione***
  - Guida introduttiva
  - 5 manuali
  - disponibile su web, continuamente aggiornata
- ***Esempi***
  - distribuiti come il codice
  - sofisticato sistema di navigazione su web dalla documentazione al codice degli esempi
- ***MoU***
  - organizzazione della gestione e sviluppo di Geant4, del servizio di produzione e del supporto utenti

Principali caratteristiche

- ***Software engineering***
  - **User Requirements**
    - Raccolti inizialmente e sistematicamente rivisti
  - **OOA&D**
    - Metodologie Object Oriented per analisi e design
  - **Software process**
    - Processo a spirale iterativo di cicli di design e di implementazione
  - Esteso uso di sistemi di **Quality Assurance**
- ***Fisica elettromagnetica***
  - Estesa a PeV
  - Estensioni a 1 eV in corso (ESA)
- ***Fisica adronica***
  - Nativa e trasparente
  - Vari modelli paramettrizzati e teorici, alternativi e complementari
- ***Geometria***
  - Scambio con CAD
  - Navigazione molto efficiente e veloce

Hardware e software necessari

- ***Piattaforme***
  - AIX, HP, DEC, Sun, SGI: *compilatori nativi, g++*
  - Linux: *g++*
  - Windows-NT: *Visual C++*
- ***Software commerciale***
  - Rogue Wave Tools.h++
  - *non sarà piú necessario con il nuovo release 4.01 a fine mese, STL già in versione R&D del release 4.0*
- ***Free software***
  - gmake
  - CLHEP
- ***Grafica***
  - OpenGL, X11, OpenInventor, DAWN, VRML...
  - OPACS, GAG, MOMO...
- ***Persistenza***
  - possibile run in versione transiente
  - in versione persistente usare una interfaccia HepDB su standard ODMG

Standards

- Scelta di basarsi su standards, ISO e de facto
- **STEP**
  - ingegneria e sistemi CAD
- **ODMG**
  - RD45
- **OpenGL e VRML**
  - grafica
- **CVS**
  - code management
- **C++**
  - linguaggio di programmazione
- **Unità**
  - Geant4 è indipendente dal sistema di unità
  - tutte le quantità numeriche sono espresse esplicitamente con le loro unità
  - l'utente non è vincolato ad usare un particolare sistema di unità

Il MoU

- Dal 1/1/1999 Geant4 è gestito da una Collaborazione internazionale di **basata su MoU**
  - Il MoU è derivato da indicazioni di ICFA e del Direttorato CERN
  - Geant4 non è un prodotto CERN
  - è il prodotto di una collaborazione internazionale di fisici, che ne detiene la proprietà intellettuale
    - (il codice è accessibile pubblicamente)
- **Motivazione del MoU**: fornire un servizio di produzione e supporto utenti di alta qualità
  - *Supporto fornito da **esperti** in ciascuna area specifica*
  - ***Manpower proporzionato** alla comunità di utenti*
    - Ogni componente che vuole far farte della comunità di utenti contribuisce con una adeguata componente al manpower della collaborazione
  - *Supporto **distribuito** capillarmente*
  - *Supporto incanalato attraverso persone al tempo stesso esperte di Geant4 e che conoscono bene le esigenze della comunità di utenti che a loro afferisce*
  - ***Responsabilità** del supporto definite chiaramente*

La Collaborazione Geant4

- Gestisce **distribuzione, sviluppo e servizio utenti**
- Partecipano **esperimenti, laboratori, istituti** che procurano almeno 2 Contribution Units
  - Atlas, BaBar, CMS, LHCB, **IGD**
  - CERN, KEK, SLAC, TRIUMF
  - ESA, Lebedev, IN2P3
  - Common (membri sotto soglia)
  - altre partecipazioni in corso di definizione
- ***Collaboration Board***
  - Gestisce le risorse e le responsabilità
  - Decide l'ammissione di nuovi collaboratori
  - Chairman Y. Watase (KEK Computing Director)
- ***Technical Steering Board***
  - È il forum dove le questioni tecniche e scientifiche sono discusse, decise e ordinate in priorità
  - Gestisce il Production Service e lo User Support
  - Chairman J. Allison (Univ. of Manchester & CERN, BaBar)
- ***Working Groups***
  - Eseguono sviluppo, supporto, manutenzione, QA, test
  - Ogni collaboratore è affiliato ad un Working Group

La gestione di Geant4

- È definita dal **MoU**
- ***Production service***
  - Manutenzione del codice e della documentazione
  - Sviluppo
- ***User support***
  - Consulenza
  - Analisi di problemi concernenti il codice e relativo aiuto
  - Studio di comportamenti anomali
  - Richiesta di nuovi sviluppi

+ **Solo i membri di istituti, laboratori, esperimenti partecipanti alla Collaborazione Geant4 hanno garantiti Production Service e User Support**
  - per gli altri solo codice, librerie e documentazione pubblici e supporto sulla base di 'best effort'

Il supporto degli utenti

- ***Gestione dello User support***
  - http://wwwinfo.cern.ch/asd/geant/geant4_public/support.html
  - Attraverso interfacce automatiche su web per comunicazioni di bachi e documentazione
  - Attraverso interfacce umane, quando necessario
- ***Come funziona?***
  - Tutte le richieste di sviluppo, consulenza e analisi di problemi sono incanalate attraverso il **rappresentante nel TSB** del proprio esperimento o lab/istituto
  - Il rappresentante nel TSB mette l'utente in contatto con gli esperti appropriati al problema
  - Il rappresentante presenta al TSB le richieste di nuovi sviluppi e i problemi della propria comunià di utenti
  - Il TSB decide sulle richieste e determina le priorità
  - Il rappresentante nel TSB comunica l'esito delle richieste ai propri utenti
- ***E se non si è rappresentati nel TSB?***
  - Ci si rivolge ad un qualsiasi membro del TSB
  - Il TSB tratta la richiesta a priorità minima, sulla base di 'best effort'
  - Nessuna garanzia che la richiesta sia presa in considerazione, e tanto meno soddisfatta

Il ruolo dei fisici INFN

- ***Rappresentante CB:*** Mirco Mazzucato
- ***Rappresentante TSB:*** Maria Grazia Pia
- **Documentazione** (S. Magni)
  - **Software Reference Manual**, totale responsabilità italiana
- **Geometria** (S. Magni)
  - Sviluppo, test e manutenzione di **PGONS** (CGS e BREPS), **superfici coniche e cilindriche**, **voxelisation**, **ray tracing**
- **Fisica elettromagnetica** (E. Lamanna, S. Magni)
  - **μ di alta energia**, E>300 GeV: confronto con dati sperimentali e validazione dei modelli fisici (E. Lamanna)
  - **Fotoni ottici**: sviluppo, test e manutenzione (S. Magni)
- **Fisica adronica** (*L. Bellagamba*, A. Brunengo, E. Di Salvo, M.G. Pia)
  - **Hadron Kinetic Model**: OOAD, sviluppo, test e manutenzione (A. Brunengo, E. Di Salvo, M.G. Pia), totale responsabilità italiana
  - **Photon Evaporation**: estensione del modello, test e manutenzione (A. Brunengo, M.G. Pia), totale responsabilità italiana
  - **Stopping particles**: estensione del modello, test e manutenzione (M.G. Pia), totale responsabilità italiana
- **Software management** *(M.L. Luvisetto, E. Ugolini)*
- **System Testing** (S. Magni)
  - Sviluppo di **codice e scripts** di test
- **Production Service e User Support + Training**

Richieste finanziarie

- **Partecipazione al Geant4 Workshop annuale** (unico meeting della Collaborazione)
  - 1 settimana a ESTEC (Olanda)
  - fondamentale per i collaboratori con responsabilità significative
- **Partecipazioni a riunioni di Working Groups**
  - presentazione del proprio lavoro
  - pianificazione del lavoro
- **Lavoro in collaborazione**
  - problem domain analysis
  - design
  - integrazione
  - debugging in fase finale di release (per il gruppo di core developers)
  - collaborazione con teorici
- **Training di nuovi collaboratori**
- *[Riunioni del TSB (6/anno) e CB (2/anno)]*
- Presentazioni a commissioni nazionali, riunioni e training
- **Hardware per Genova**
  - impossibilità di appoggiarsi a gruppi sperimentali
  - tutto lo sviluppo, test e manutenzione dei collaboratori genovesi viene fatto lavorando **in remoto sui servizi pubblici del CERN** (sovraffollati)
- **Licenze di Rational Rose** per i gruppi che hanno responsabilità di OOAD

I benefici per l'INFN

- **Diritto al *Production Service* e allo *User Support*** per tutti i fisici INFN, per tutti gli esperimenti e progetti dell'INFN
- Possibilità di **contribuire alle decisioni tecniche e scientifiche** di 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 da parte di un nucleo di esperti
  - Utile per applicazione negli esperimenti di appartenenza
  - Utile per training e consulenza alla comunità INFN
- **Visibilità del contributo italiano a Geant4**

Appendice
Che cosa succederebbe se l'INFN non firmasse il MoU?

- **Atlas, CMS, LHCB, BaBar**
  - continuerebbero a godere dello User Support, in quanto partecipanti come esperimenti
- **Altri esperimenti e progetti INFN**
  - non avrebbero diritto allo User Support
    - a meno che entrino in Geant4 singolarmente
    - soglia a 2 CU, altrimenti in area Common, senza diritto a rappresentanti in CB e TSB
  - ogni richiesta di User Support sarebbe trattata dalla Collaborazione sulla base di 'best effort'
    - best effort = dopo aver soddisfatto tutte le altre esigenze, se rimane tempo libero...
- **L'INFN non avrebbe diritto a propri rappresentanti nel Collaboration Board e Technical Steering Board**
  - impossibilità di intervenire nelle scelte della Collaborazione e di far presenti le esigenze INFN
  - perdita di una persona di riferimento italiana come tramite per lo User Support
- ***Quale beneficio si ricaverebbe da tutto ciò?***

Appendice

Il ruolo del CERN

- Geant3 era un prodotto CERN
  - sviluppato nella divisione IT (ex CN, ex DD), con contributo a titolo volontaristico di alcuni fisici esterni
- **Geant4 non è un prodotto CERN**
  - è il prodotto di una Collaborazione internazionale, che ne detiene la proprietà intellettuale
  - il gruppo CERN/IT costituisce ~5% della Collaborazione
- Le competenze fisiche e tecniche sono sparse nell'intera Collaborazione, non concentrate al CERN
- La partecipazione del CERN a Geant4 non copre automaticamente lo User Support per i Member States
- Dalle minute dell'ultimo TSB:
- *"On the question of support to users, the Chairman noted in clarification that the experiments, labs and institutions contributing to the Collaboration benefit from this automatically by virtue of having signed the MoU. There is no intent to obstruct the use of Geant4 by others, but the speed with which their questions can be answered may be limited by the amount of effort available to the Collaboration and requests for new features will be subject to Collaboration approval. The CERN representative added that, since Geant4 belongs to the Collaboration and not to CERN,* ***CERN's signature of the MoU clearly cannot be taken as conferring membership on all the physics institutes in the Member States."***

Appendice

Si puó cambiare il MoU?

- *Il MoU è il risultato di mesi di discussione nel corso del 1998 fra le varie parti interessate*
  - ispirato da ICFA
  - sostenuto dal Management del CERN
  - approvato dai referees di RD44
  - concordato fra tutte le parti che hanno firmato

    il CNTC ha seguito questo processo per l'INFN
- *Il Collaboration Board di Geant4 è responsabile per qualsiasi variazione al MoU*
  - ogni proposta di modifica deve essere approvata dalla maggioranza del CB
  - ...per presentare modifiche al MoU al CB bisogna essere membri della Collaborazione Geant4
- *Si puó provare a cambiare il MoU in altro modo, per esempio avanzando richieste al management del CERN di fornire User Support come in passato?*

  Historia docet...

Appendice

La situazione attuale del MoU

- Il MoU è stato inviato alle parti per la firma nel dicembre 1998
- Tutte le parti lo hanno già firmato, tranne l'INFN
- Il CNTC ha raccomandato la firma del MoU e la partecipazione dell'INFN a Geant4
- La Commissione I ha avuto una prima discussione sul MoU, il giorno stesso in cui i membri della commissione hanno ricevuto a disposizione il testo
  - discussione 'a caldo'
  - decisione di contattare il management del CERN per modifiche al MOU
- La Commissione II ha raccomandato la partecipazione INFN a Geant4, demandando alla Giunta il compito di definirne la forma
- La Commissione III ha raccomandato la firma del MoU e la partecipazione dell'INFN
- Oltre a esperimenti e laboratori, partecipano a Geant4 vari istituti:
  - IN2P3
  - Lebedev (Accademia delle Scienze Russa)
  - ESA (Consorzio di dipartimenti ESA, DERA e Università di Southampton)
  - KEK (KEK stesso + Università del Giappone)