

Worldwide LHC Computing Grid

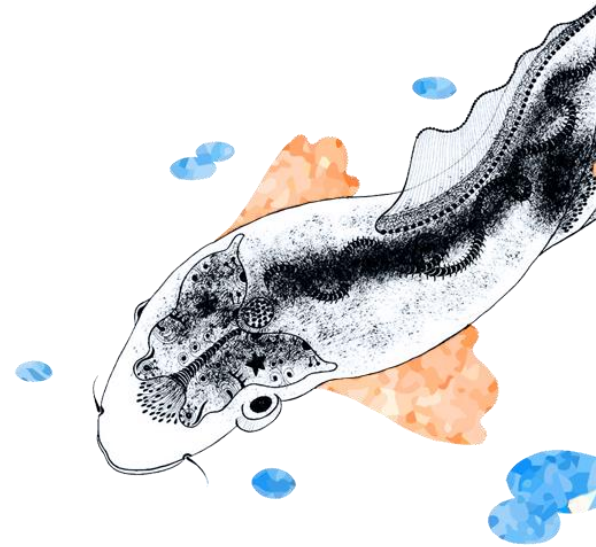
글로벌 분산 컴퓨팅

안상언

GSDC

GSDC2016, KIRD

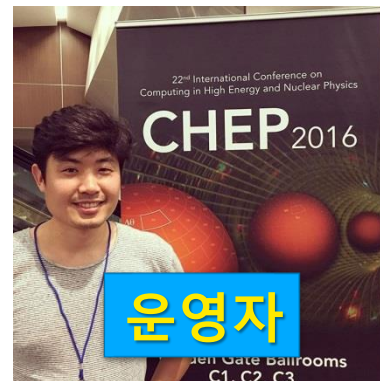
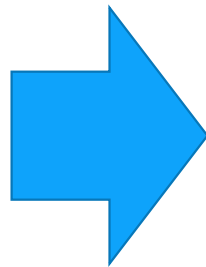
2016.12.26



- 입자물리전공
- 유럽핵입자물리연구소(CERN)에서 ALICE 실험 참여(`07-`12)
- KISTI 티어-1 센터 구축 및 운영(`12-현재)
 - 시스템 어드민, 배치시스템, 그리드 미들웨어



<사진=동아사이언스>



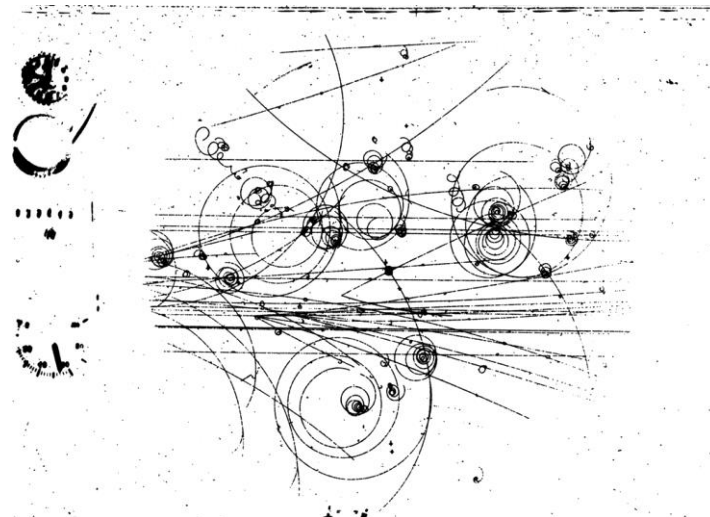
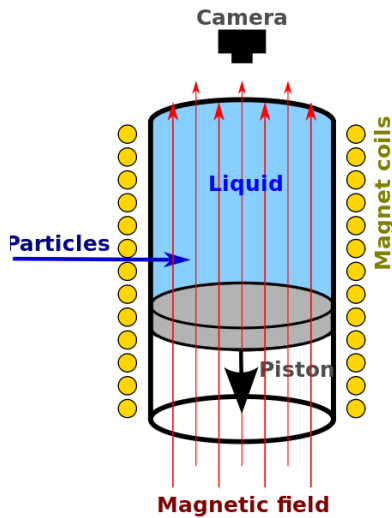
들어가는 말

- 글로벌 분산 컴퓨팅 과정 (2시간)
 - “WLCG 소개”, “그리드 서비스”
- 그리드 컴퓨팅의 성공적 활용 사례
- 대규모 집단 연구에서 어떻게 활용될 수 있는가?

- 60-70년대, 수 백 만장의 사진 검증을 통한 입자검출
 - Bubble chambers (52년 발명 by D. A. Glaser, 60년 노벨상 수상)

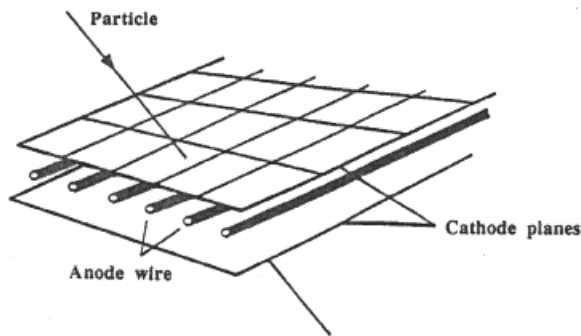


< Old CERN Bubble Chamber >

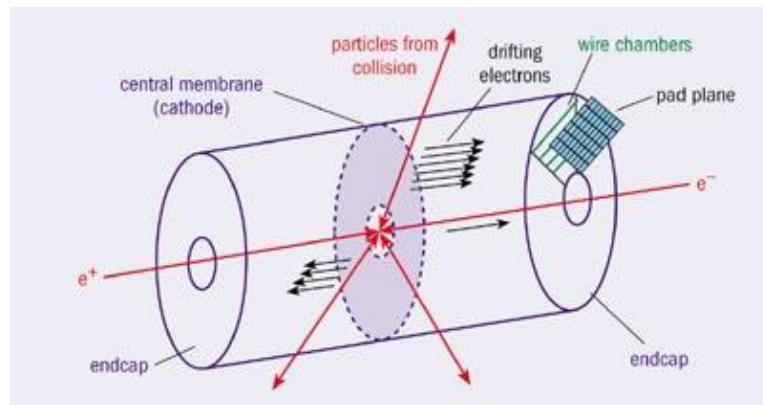


< A Photograph from Bubble Chamber >

- 68년, G. Charpak에 의해 Multiwire Chamber 개발
 - 92년 노벨상수상 - MWPC, DC -> MRPC, TPC
 - Transistor Amplifier를 이용해 더욱 작은 현상을 감지
 - 컴퓨터를 활용한 데이터 획득의 시작



< Multiwire Proportional Chamber >



< Time Projection Chamber >

입자물리실험과 데이터 3

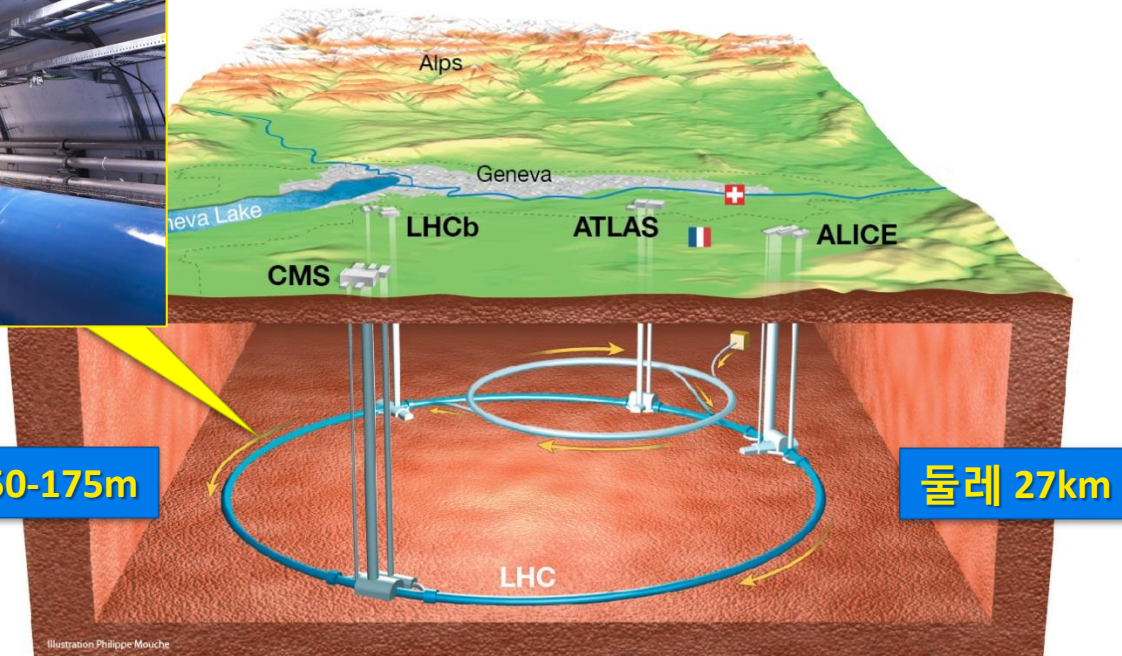
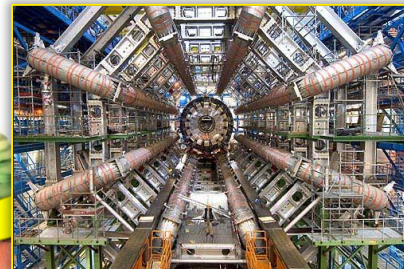
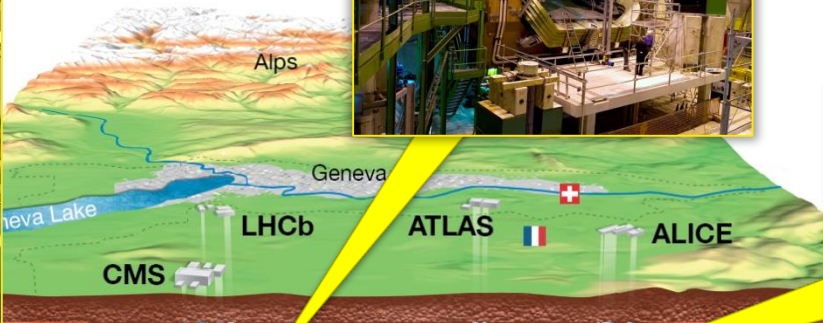


Illustration Philippe Mouche

<그림=CERN>

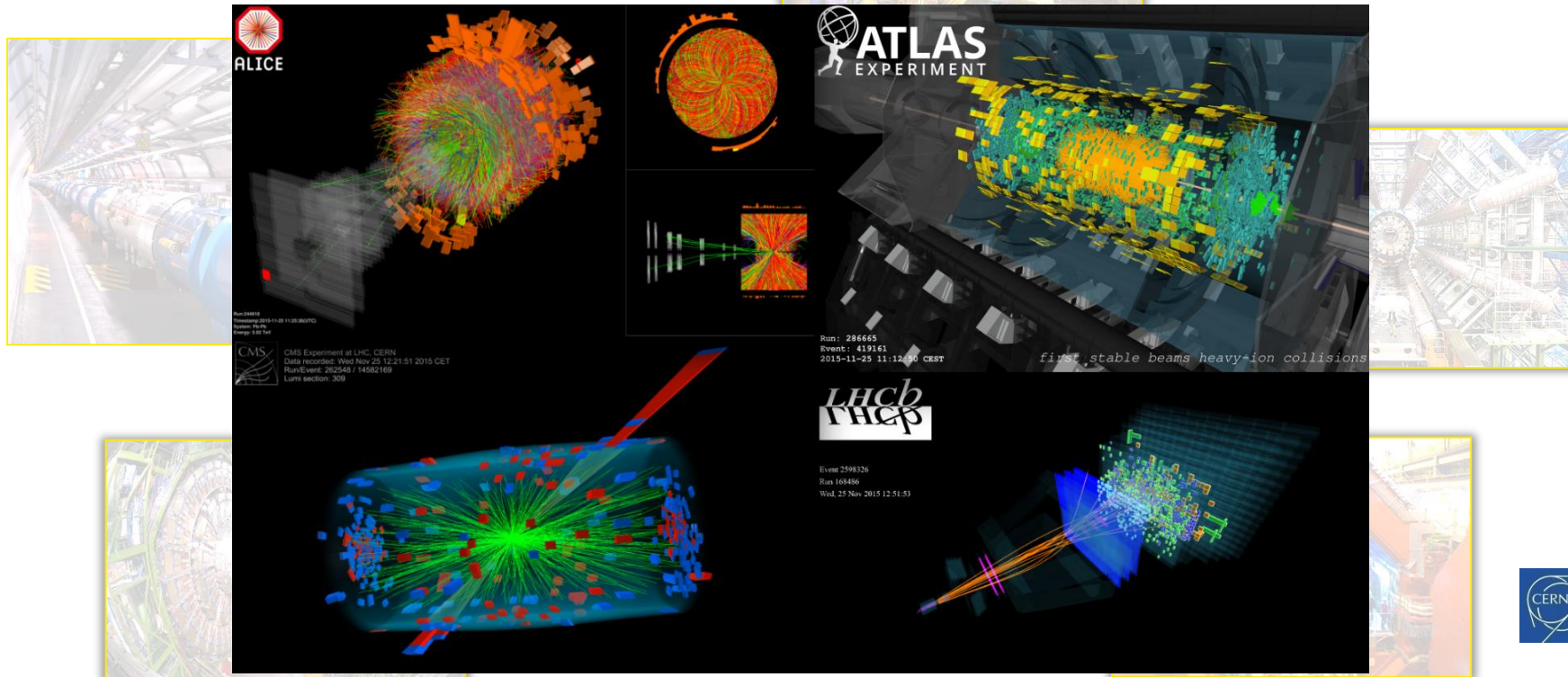


입자물리실험과 데이터 3



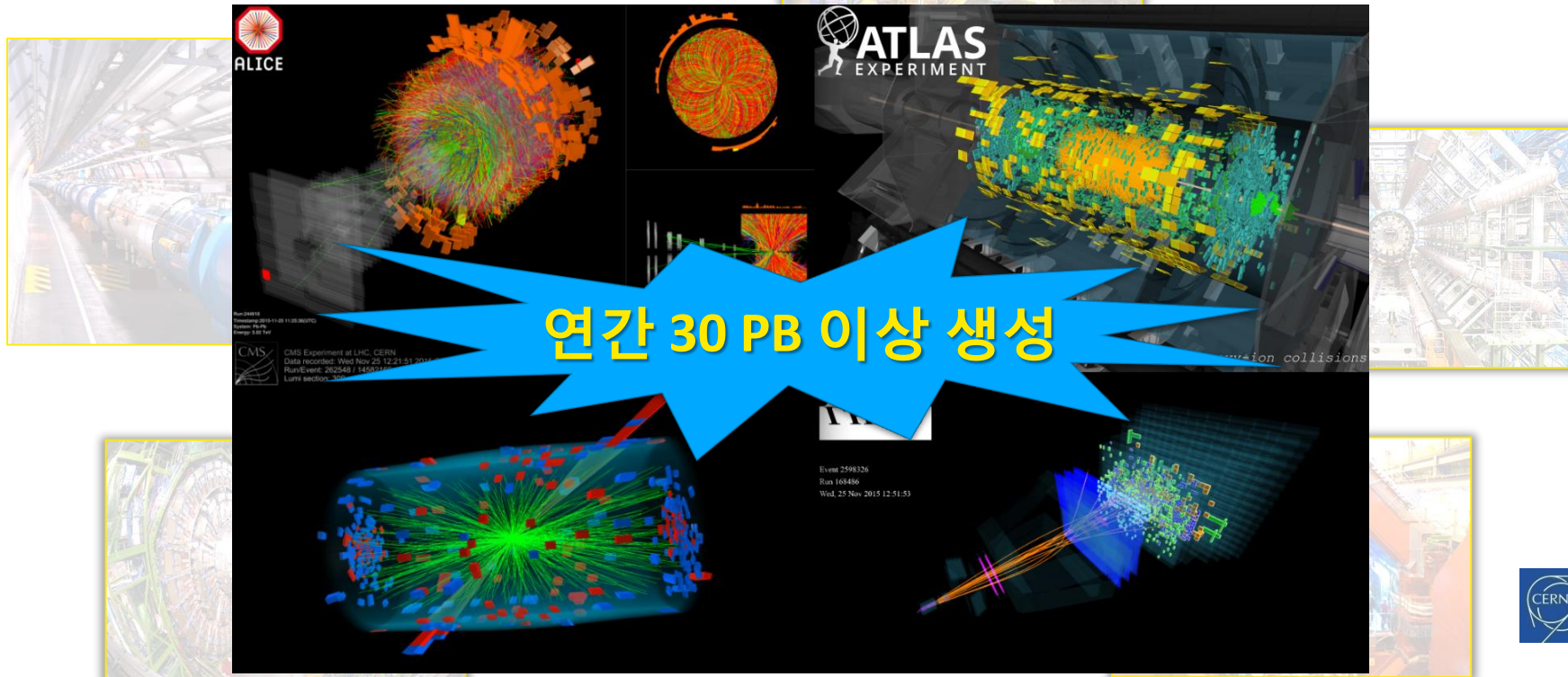
<그림/사진=CERN>

입자물리실험과 데이터 3



<그림=CERN>

입자물리실험과 데이터 3



ALICE

ATLAS EXPERIMENT

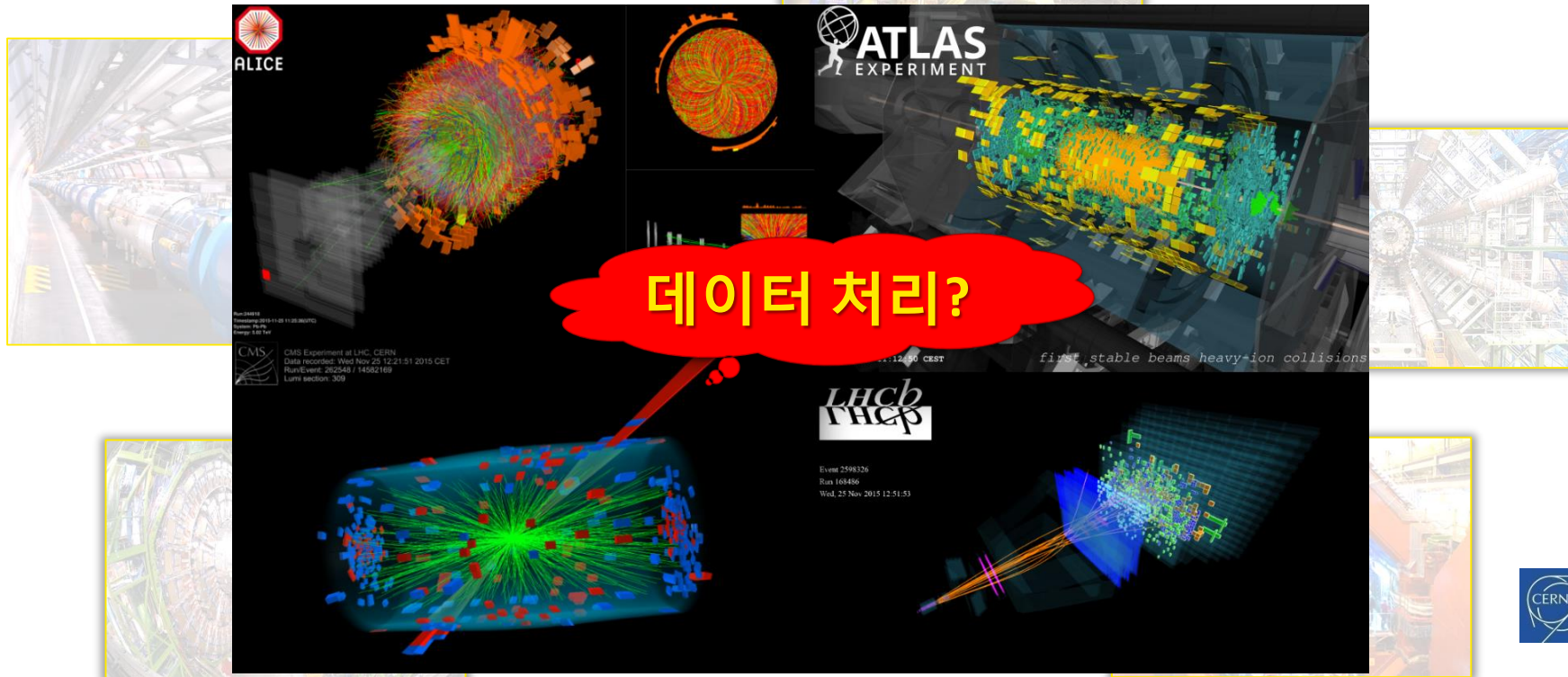
연간 30 PB 이상 생성

CMS Experiment at LHC, CERN
Data recorded: Wed Nov 20 12:21:51 2015
Run/Event: 262548 / 145632
Lumi: 200.000

Event 2598326
Run 168486
Wed, 25 Nov 2015 12:51:53

<그림=CERN>

입자물리실험과 데이터 3



데이터 처리?

ALICE

ATLAS EXPERIMENT

CMS Experiment at LHC, CERN
Data recorded: Wed Nov 20 12:21:51 2015 CET
Run/Event: 292548 / 14582169
Lumi section: 309

LHCb

Event: 2598326
Run: 104806
Wed, 25 Nov 2015 12:51:53

first stable beams heavy-ion collisions

<그림=CERN>

- <http://cds.cern.ch/record/1541893>

Worldwide LHC Computing Grid

- LHC 실험을 위한 분산 컴퓨팅 인프라스트럭처
 - 전세계 데이터센터의 연합
 - 42개국, 170개 데이터센터
 - 유럽 EGI – European Grid Infrastructure
 - 북유럽 NeIC - Noredic e-Infrastructure Collaboration
 - 미국 OSG – Open Science Grid
 - 약 60만개 코어, 20-30GB/s 데이터 전송률
 - 전세계 사용자 1만명이상
 - 하루 2백만개의 작업 처리
 - `16년 LHC 실험 데이터 35PB 보존

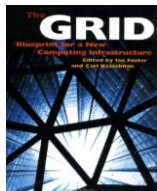


- 고에너지물리(HEP) 실험 데이터의 특성
 - 입자 충돌 이벤트 단위로 저장
 - 개별 이벤트들은 상호 독립적임 -> 동일한 분석 과정에 대해 여러 개의 이벤트를 동시에 처리 가능
 - 멀티코어, 클러스터 등으로 병렬 처리에 적합
 - “Trivial Parallel Processing”, “Embarrassingly Parallel Processing”
- LHC 실험데이터 생산 규모
 - ATLAS, CMS 등 실험 디자인 단계에서 데이터 생산 규모가 단일 데이터 센터에서 처리할 수 없을 것으로 예측
 - LHC 가동시 연간 15PB 생산 예측

- 대규모 집단 연구 (HEP 커뮤니티)
 - 세계 각지에서 100여개 이상의 기관 참여
 - 대부분 컴퓨팅 관련 예산은 지역적으로 투자
 - 상당한 규모의 데이터센터를 보유한 기관들이 있었음
 - 일반적으로 여러 연구 분야를 지원
- 그리드 컴퓨팅
 - `90년대말-2000년대초, 신흥 기술로써 그리드 컴퓨팅 각광
 - HEP 커뮤니티 특성이 그리드 컴퓨팅에 적합
 - 보안/신뢰성 모델 (인증, 가상조직(VO))
 - 이종 시스템에 대한 접근법

WLCG History

그리드 컴퓨팅 기술



유럽 DataGrid 프로젝트

- 미들웨어 개발
- 그리드 테스트베드 구축



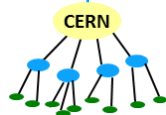
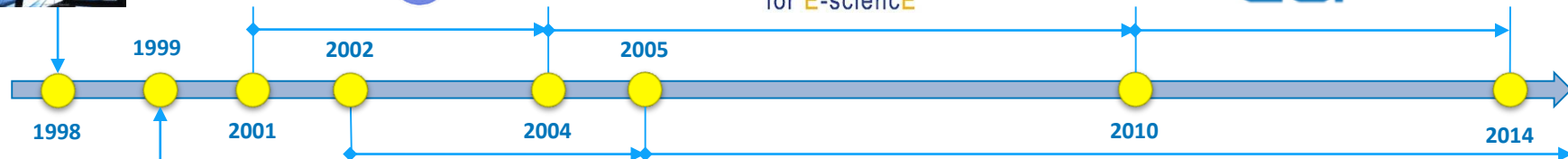
유럽 EGEE 프로젝트(1차-3차)

- LCG로부터 시작, 인프라 공유 및 타 연구 분야 확대
- 규모 확장 and 더불어 안정성 제고
- 상호운용성(interoperability) 확보
- 커뮤니티 확대, 운영 효율성 제고, 분권화



유럽 EGI 프로젝트

- NGI 기반의 지속가능한 인프라 구축
- 미들웨어 개발 and 인프라 분리
- EMI 미들웨어로 통합



MONARC 프로젝트

- 최초 LHC 컴퓨팅 아키텍처 설계
- 계층적 분산 모형 (계층간 네트워크 초점)



LHC Computing Grid (LCG) 프로젝트

- DataGrid 프로젝트 결과 활용
- LHC 실험 지원을 위한 인프라 구축



Worldwide LHC Computing Grid (WLCG) 프로젝트

- LHC 실험 지원을 위한 글로벌 그리드 인프라 확대 구축

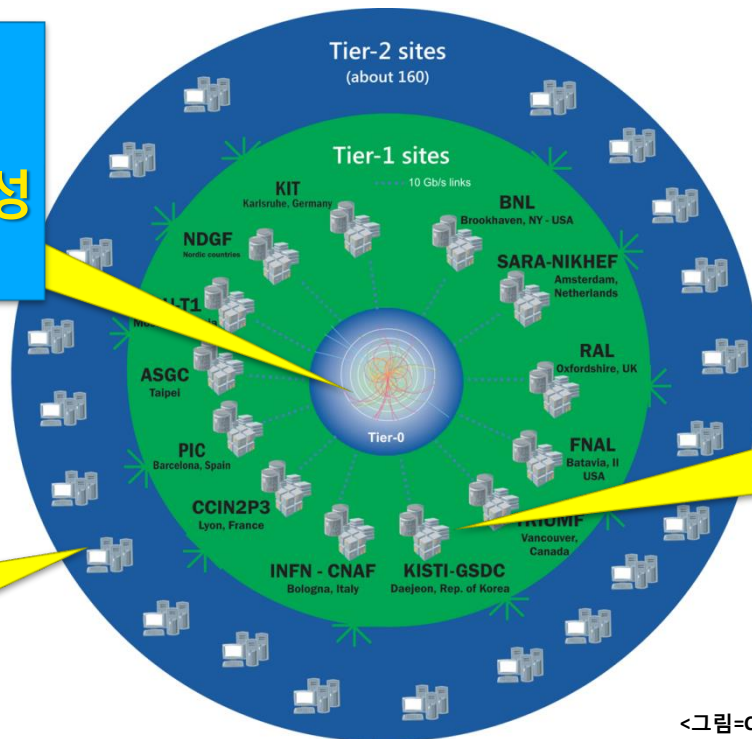
<그림=인터넷/CERN>

Tier-0 (CERN) 15%

- 데이터 기록
- 최초 데이터 재구성
- 데이터 분산

Tier-2 (CERN) 45%

- 시뮬레이션
- 사용자 분석

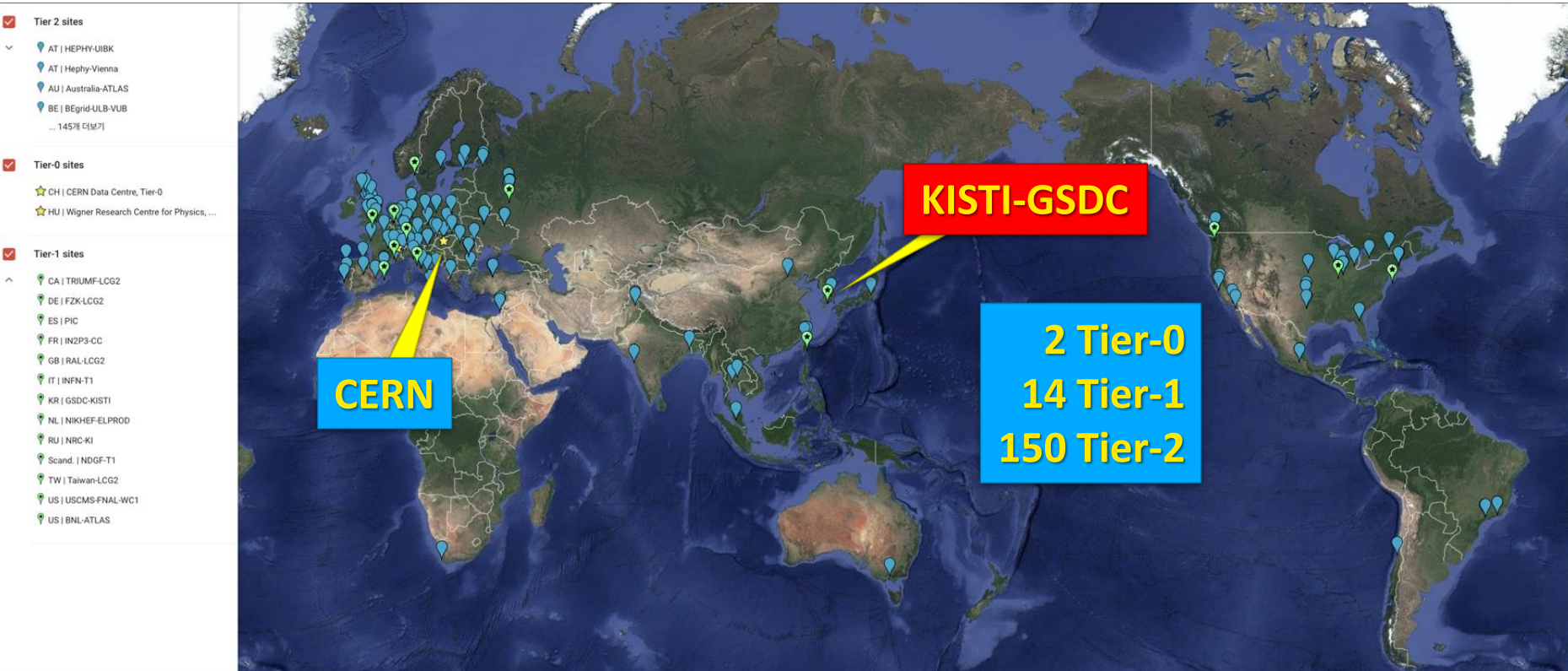


Tier-1 (CERN) 40%

- 데이터 영구 보존
- 데이터 재처리
- 분석
- 시뮬레이션

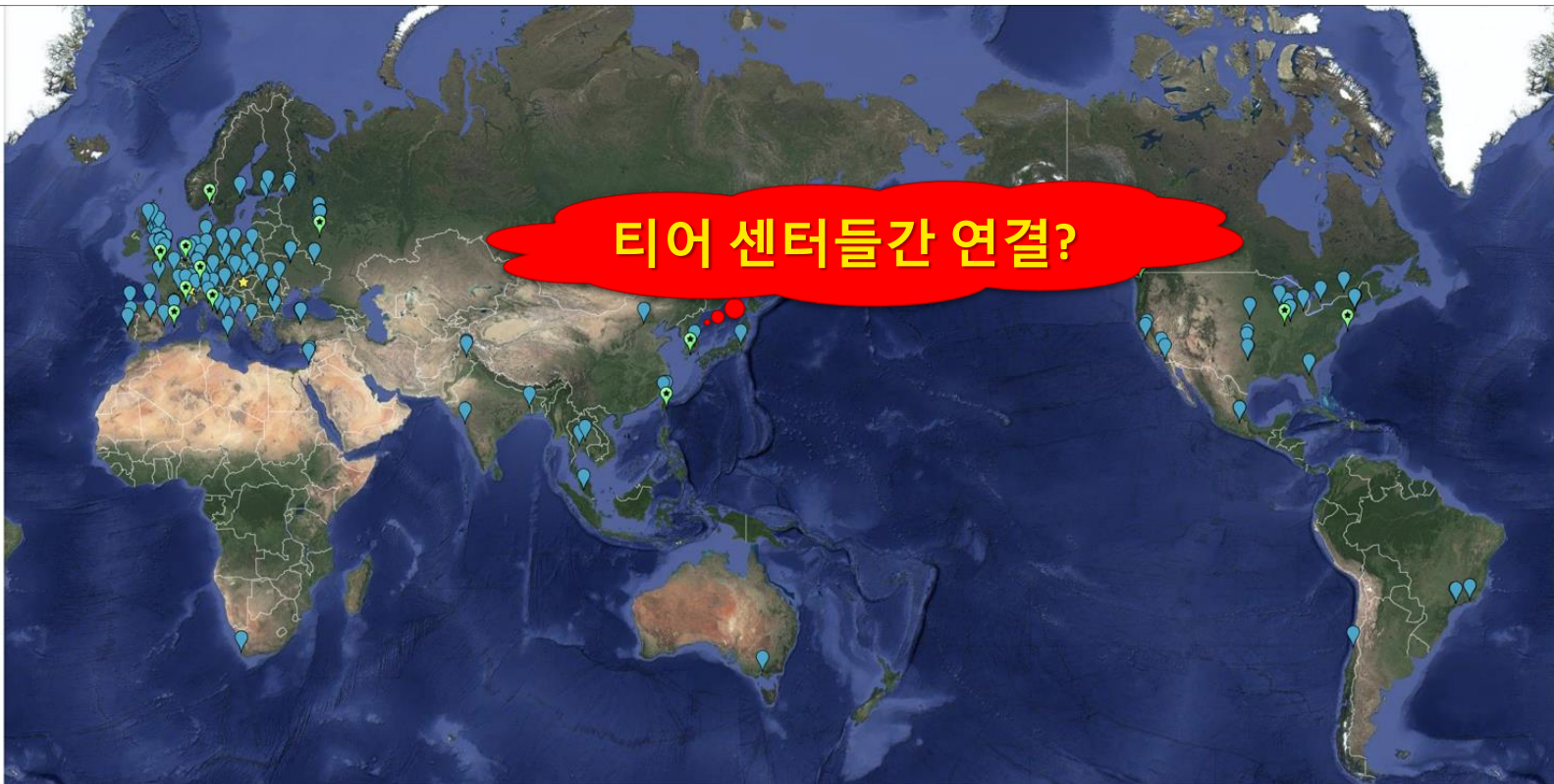
<그림=CERN>

Worldwide Infrastructure



Worldwide Infrastructure

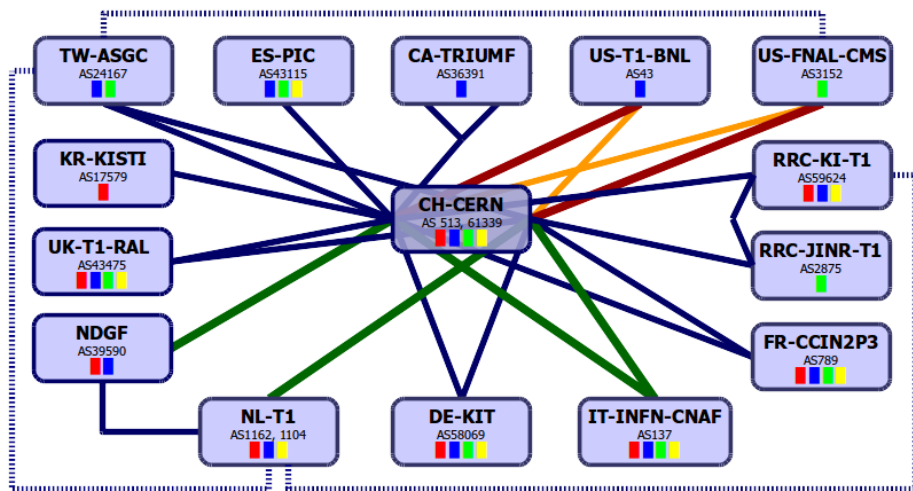
- Tier 2 sites
 - AT | HEPHY-UIBK
 - AT | Hephy-Vienna
 - AU | Australia-ATLAS
 - BE | BEgrid-ULB-VUB
 - ... 145개 더보기
- Tier-0 sites
 - CH | CERN Data Centre, Tier-0
 - HU | Wigner Research Centre for Physics, ...
- Tier-1 sites
 - CA | TRIUMF-LCG2
 - DE | FZK-LCG2
 - ES | PIC
 - FR | IN2P3-CC
 - GB | RAL-LCG2
 - IT | INFN-T1
 - KR | GSDC-KISTI
 - NL | NIKHEF-ELPROD
 - RU | NRC-KI
 - Scand. | NDGF-T1
 - TW | Taiwan-LCG2
 - US | USCMS-FNAL-WC1
 - US | BNL-ATLAS



티어 센터들간 연결?

LHC Optical Private Network

LHCOPN



— T0-T1 and T1-T1 traffic
- - - - T1-T1 traffic only
■ = Alice ■ = Atlas ■ = CMS ■ = LHCb
 edoardo.martelli@cern.ch 20160912

— 10Gbps
— 20Gbps
— 40Gbps
— 100Gbps

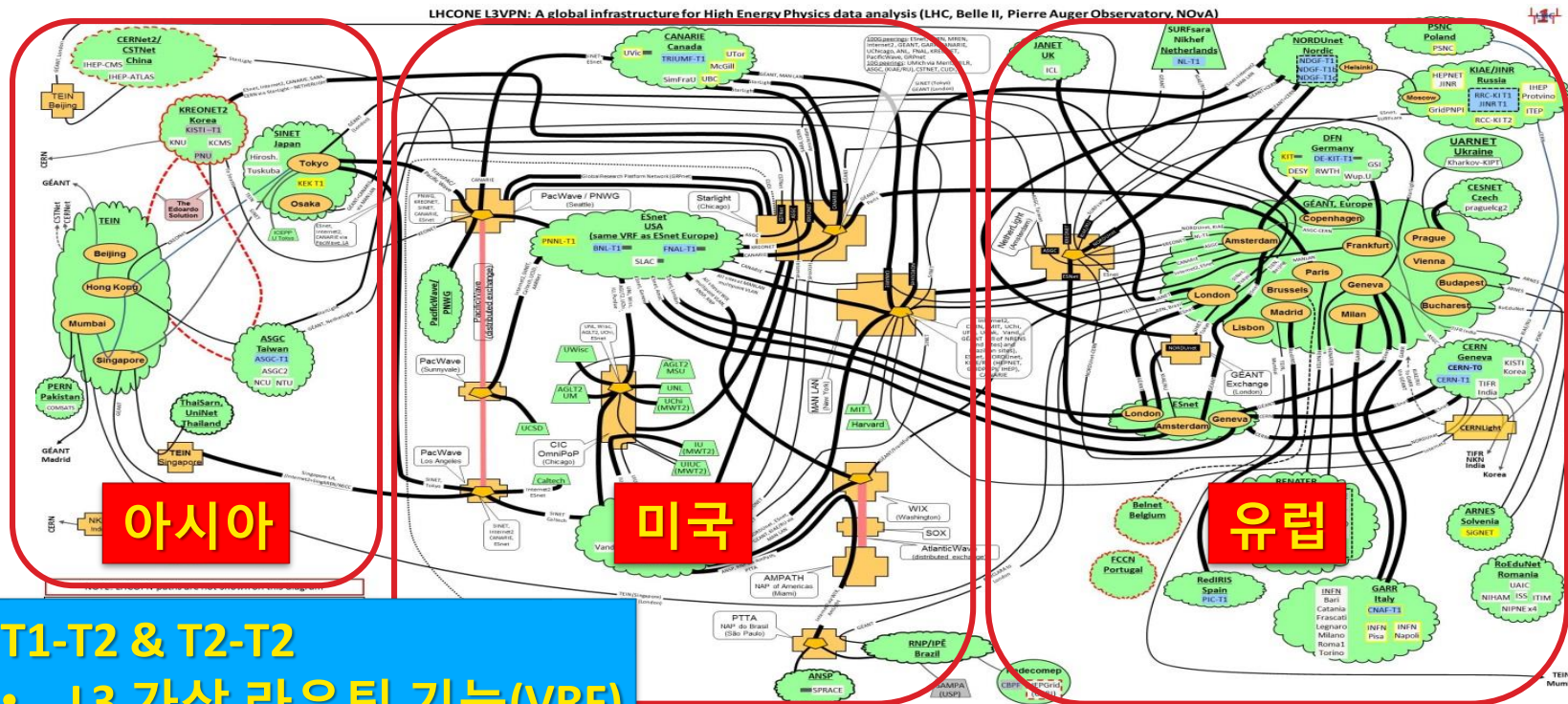
T0 - T1 전용네트워크
 • LHC RAW데이터 전송



각 나라/대륙별 R&E 네트워크 협력

<그림=CERN>

LHC Open Network Environment



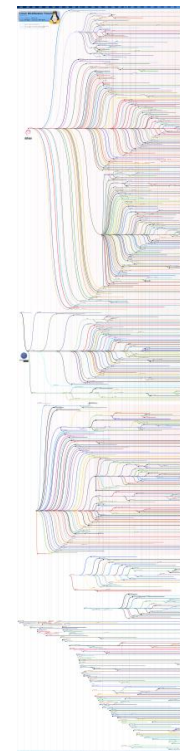
See <http://lhczone.net> for more detail.

<그림=William E. Johnston>

WLCG on Google Earth

Implementation Challenges

- Managing Heterogeneity
 - Site security and usage policy
 - Site management technologies
 - monitoring, accounting, installation ...
 - Local operating systems
 - all Linux based, but various distribution
 - Local batch systems
 - GridEngine, LSF, Slurm, HTCondor, Torque/Maui ...
 - Experience and knowledge
 - SysAdmin Team: 1 part-time student to 40 professionals
 - Scale
 - >10 nodes to 30,000 nodes on a site
 - Experiments needs and visions differ



<그림=Wikipedia>

- Worldwide LHC Computing Grid
 - 글로벌 분산 컴퓨팅의 성공적 사례
- 대규모 집단 연구(거대실험), 대용량의 데이터
 - 데이터 처리에 대한 고민 필수적
- 그리드 컴퓨팅/서비스



힉스입자발견

Global Effort → Global Success

Results today only possible due to extraordinary performance of accelerators – experiments - **Grid computing**

Observation of a new particle consistent with a Higgs Boson (but which one...?)

Historic Milestone but only the beginning

Global Implications for the future

R-D Heuer 

<사진/그림=CERN>