



Az ALICE detektor valós idejű
részecske nyomfelismerése GPU
segítségével,
az LHC következő (2018 utáni)
mérési időszakában

Dénes Ervin
MTA Wigner FK, RMKI NFO

GPU nap, 2012



ALICE 2018 után

Az LHC 2018-as felújítása után az ALICE kísérlet adatkiolvasása szempontjából az egyik legnagyobb kihívás:

Jóval nagyobb eseményráta

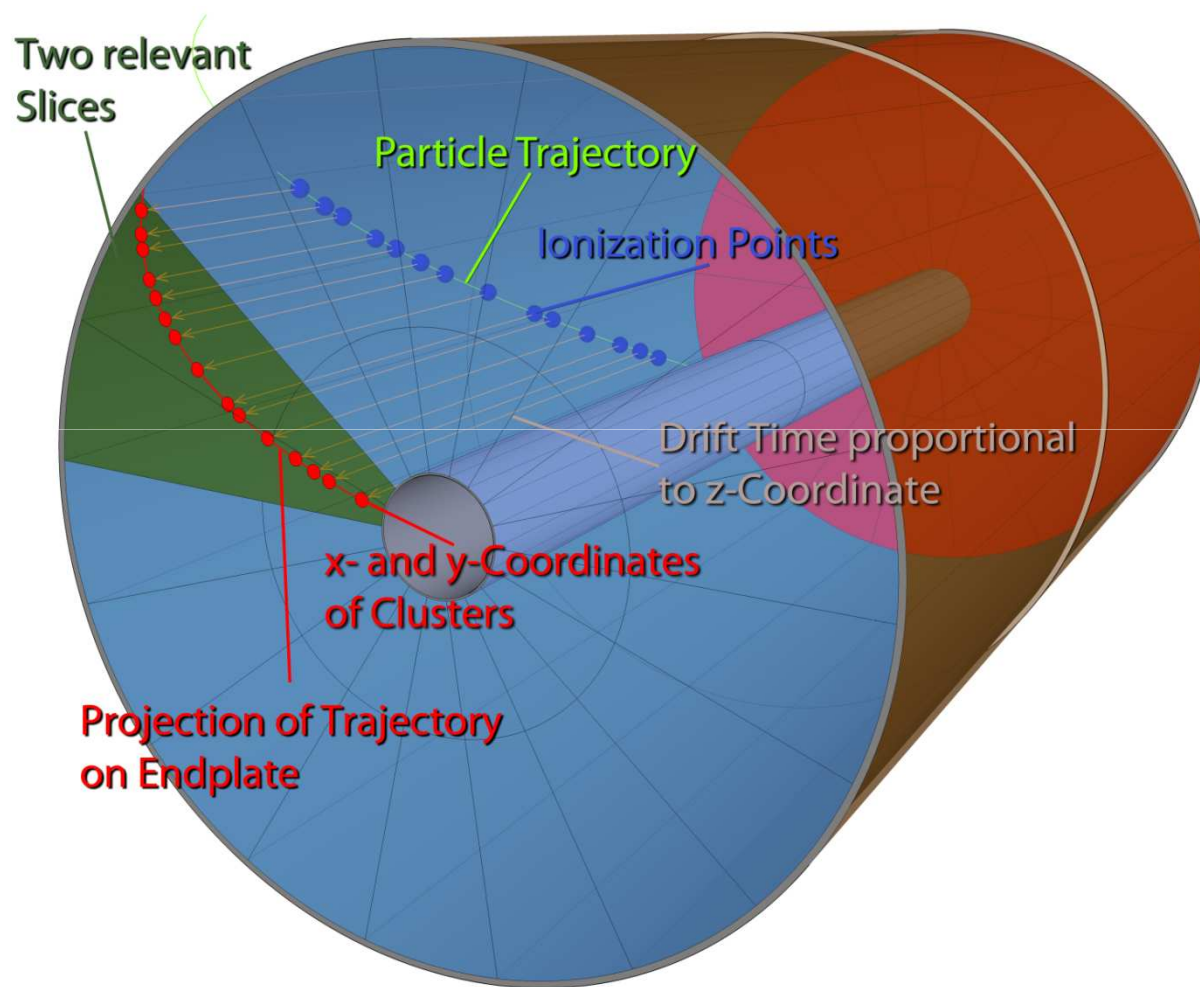
(az eddigi maximum 1kHz helyett 20 kHz)

- Trigger nélküli hardver architektúra, ahol lehetséges (pl. a TPC triggerelése nagyon lecsökkentené az esemény-frekvenciát)
- Pipeline elektronika és folyamatos kiolvasás
- Az adatmennyiség csökkentése szükséges
2 lépéses, valós idejű rekonstrukcióval

Trigger Rates

Trigger Levels	Detectors	Trigger with pp beams		Trigger with Pb-Pb beams	
		Frequency (kHz)	Latency	Frequency (kHz)	Latency
No Trigger	ITS, TPC, TRD, EMCal, PHOS	Continuous read-out at 10 MHz			
Level 0 (hw)	TOF (Pb-Pb)	2000	1.2 μ s	50	1.2 μ s
Level 1 (hw)	TOF (p-p), Muon	10-20	10 μ s	20	10 μ s
Level 2 (sw)				10-25	1 s
Level 3 (sw)				5-25	10 s

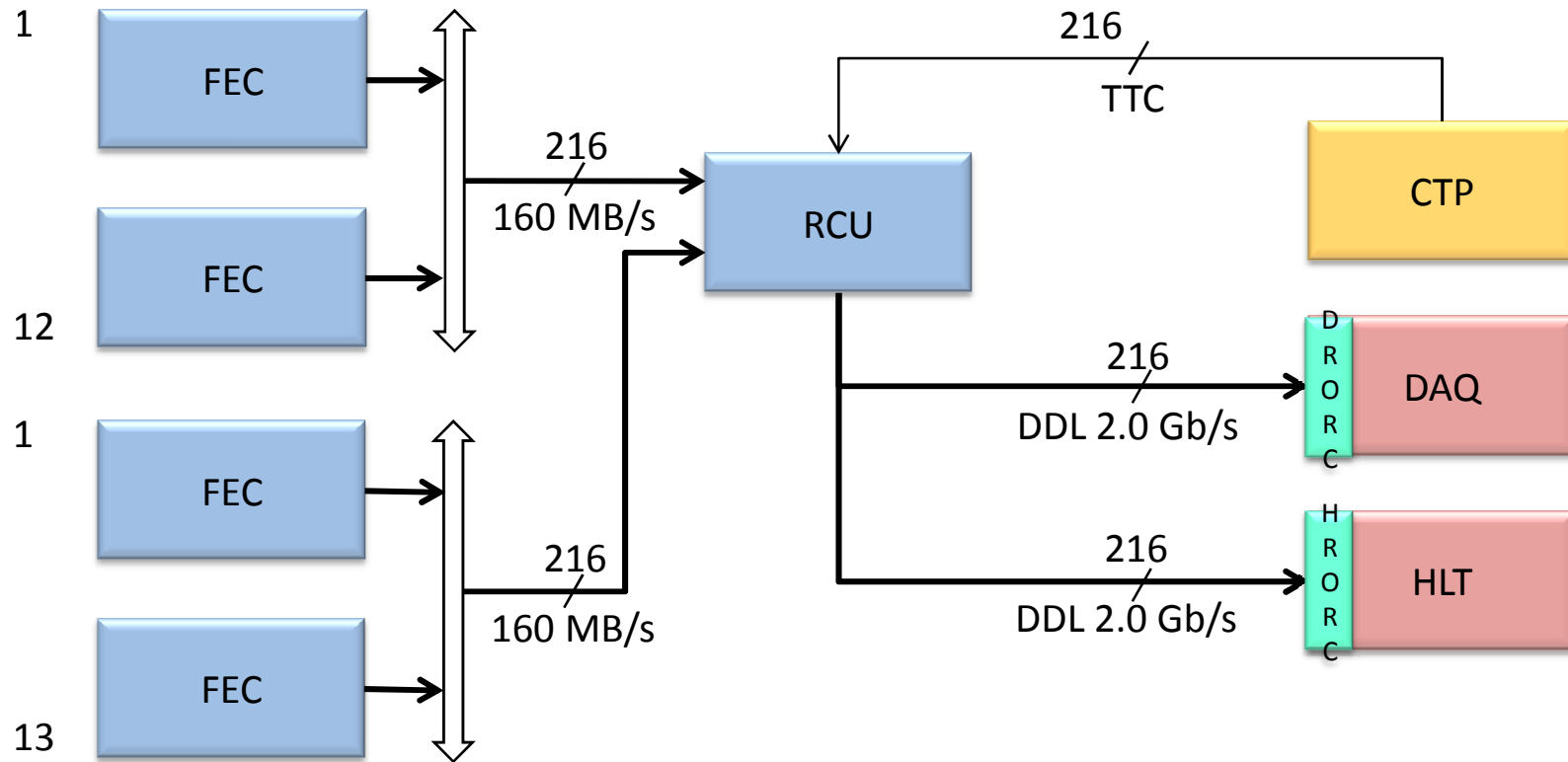
A TPC működési elve





ALICE
A JOURNEY OF DISCOVERY

Jelenlegi TPC kiolvasás

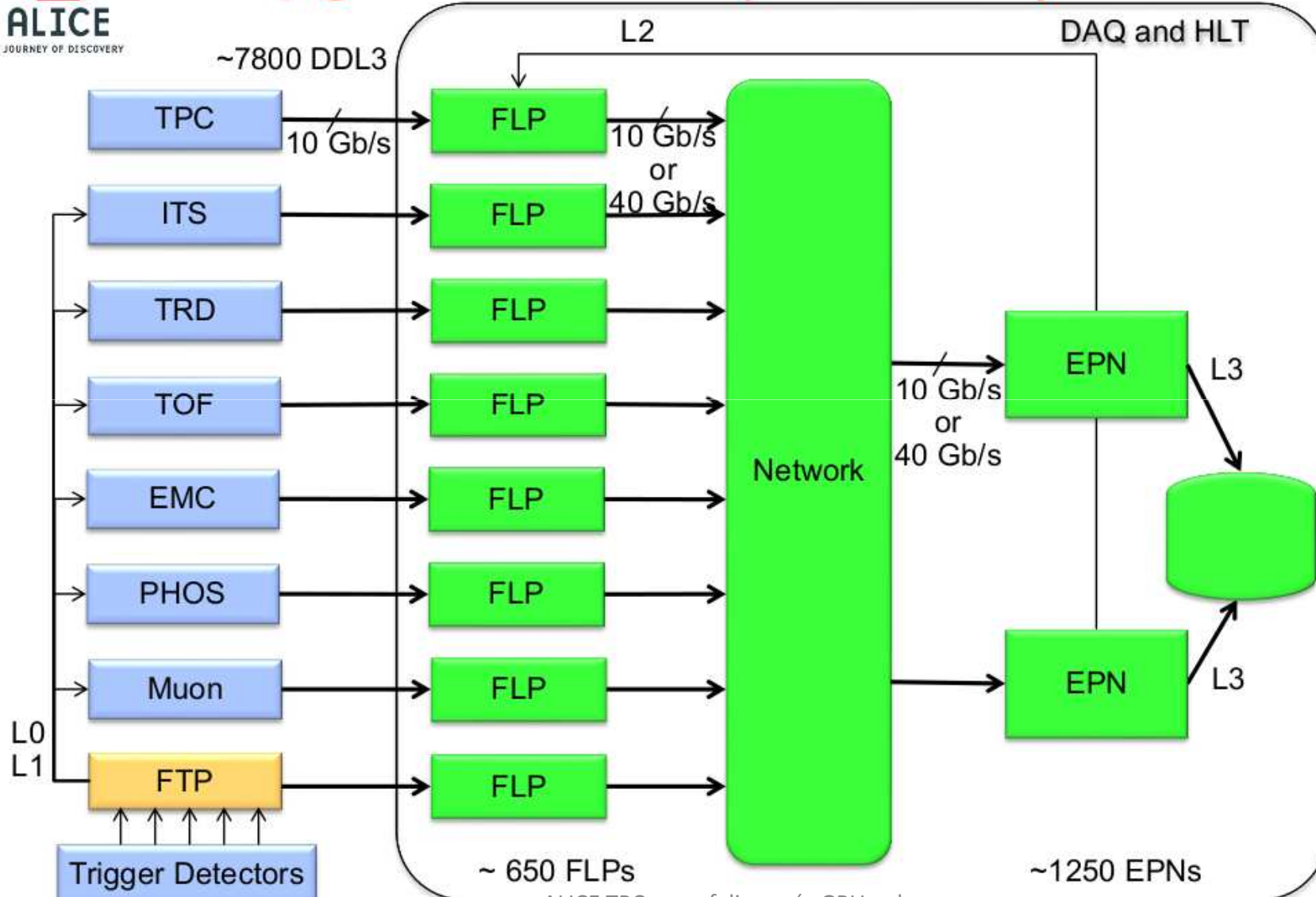


- Jelenlegi kiolvasás :
 - Linkek: DDL @ 2 Gb/s. 216 DDL vonal a TPC detektorhoz
 - PC adapterek: D-RORC és H-RORC
 - Maximum 6 RORC/PC



ALICE
JOURNEY OF DISCOVERY

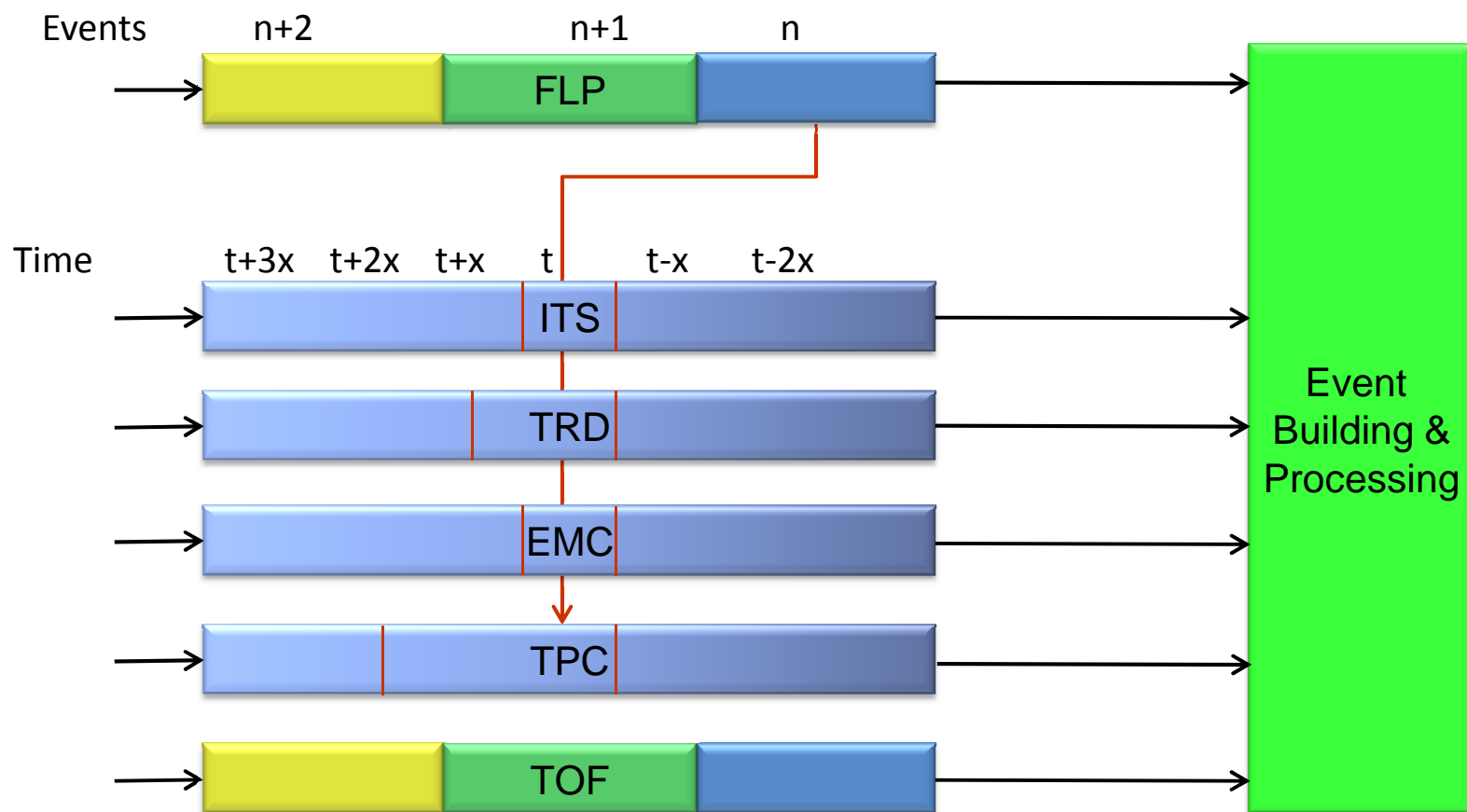
Upgrade Online (after LS2)



GPU nap, 2012.07.02

ALICE TPC nyomfelismerés GPU-val
Dénes E., Wigner FK

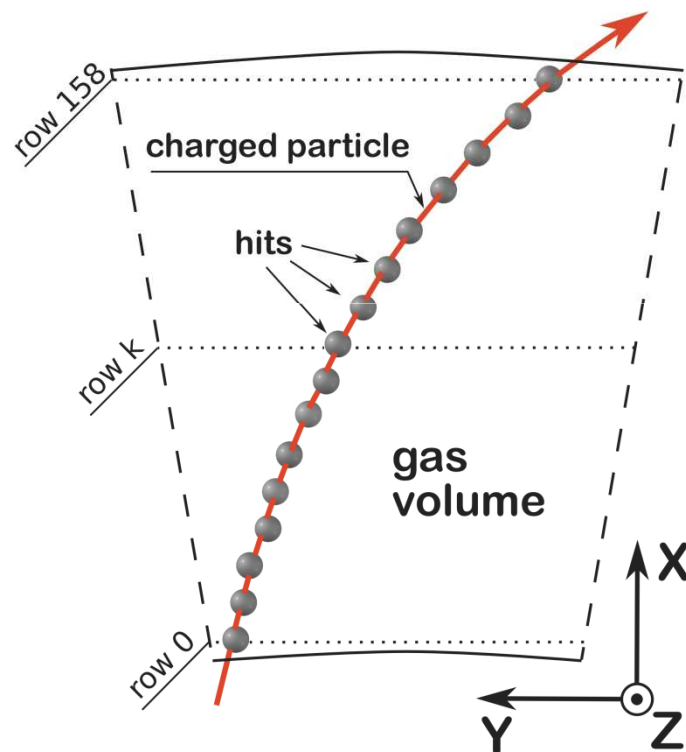
Folyamatos kiolvasás



A nyomkeresés lépései TPC szektoronként

Feladat-kategória	A feladat neve	A feladat leírása
	Inicializálás	
Kombinatorika (Sejt automata)	I. Szomszédos beütések keresése II. Korrekciók	Csoportok (nyom jelöltek keresése) Csak kölcsönös szomszédok megtartása
Kalman filter	III. Tracklet (nyom- darab) konstrukció	A tracklet fittelése, tracklet extrapolálása, új beütések keresése
	Tracklet kiválasztása	A 'jó' tracklet kiválasztása, a beütések tracklethez rendelése

Egy TPC szektor geometriája

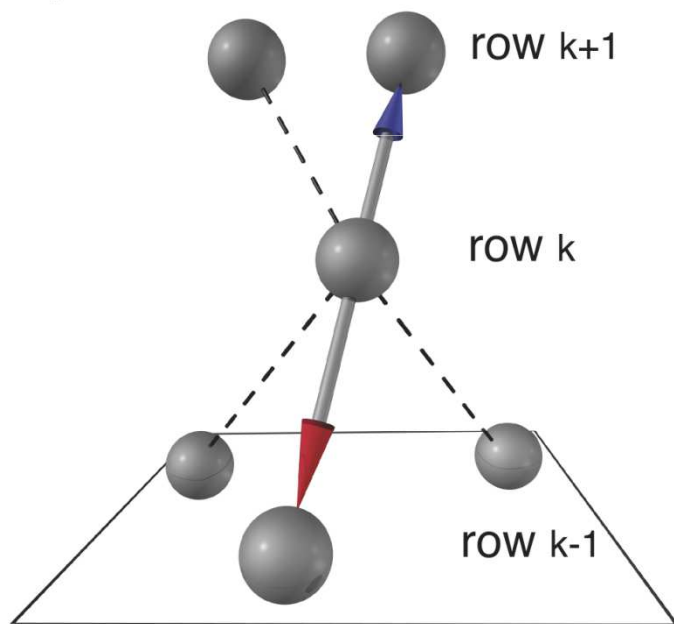


Sejtautomata módszer

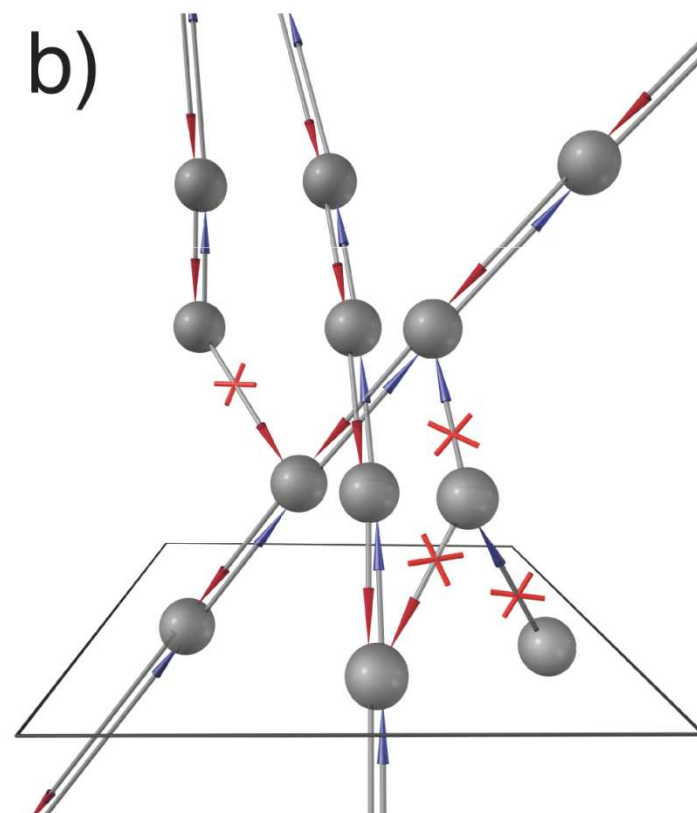
Soronként párhuzamosan mehet:

- Szomszédok keresése
- Tracklet keresés sejtautomatával

a)

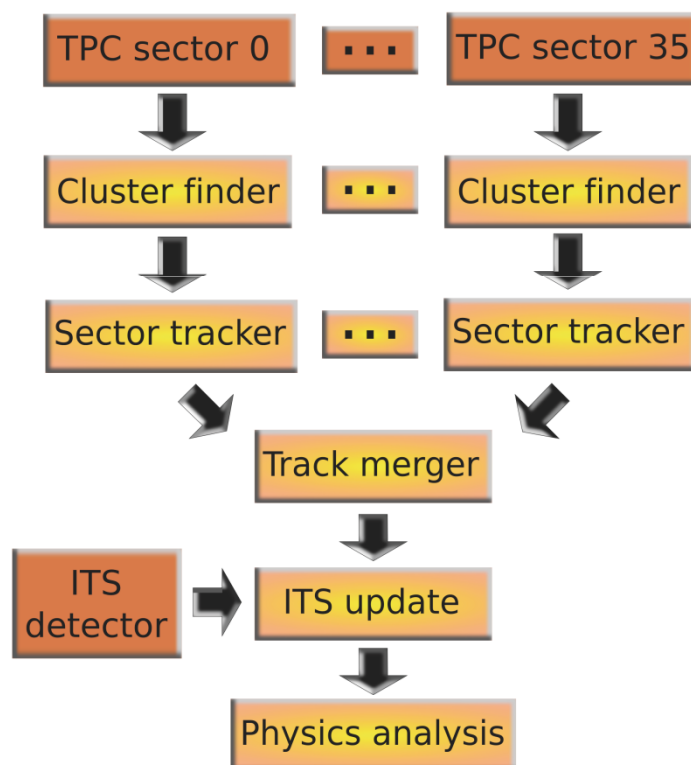


b)



Rekonstrukciós séma

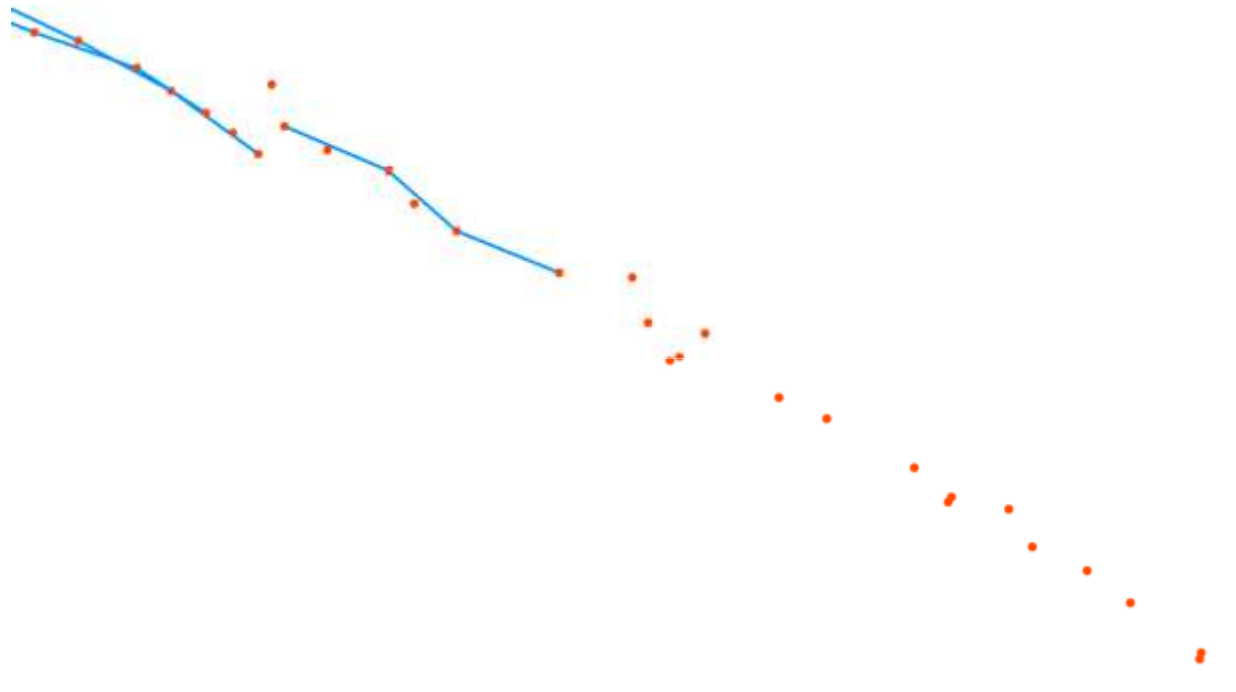
Jelenleg



Párhuzamosítás

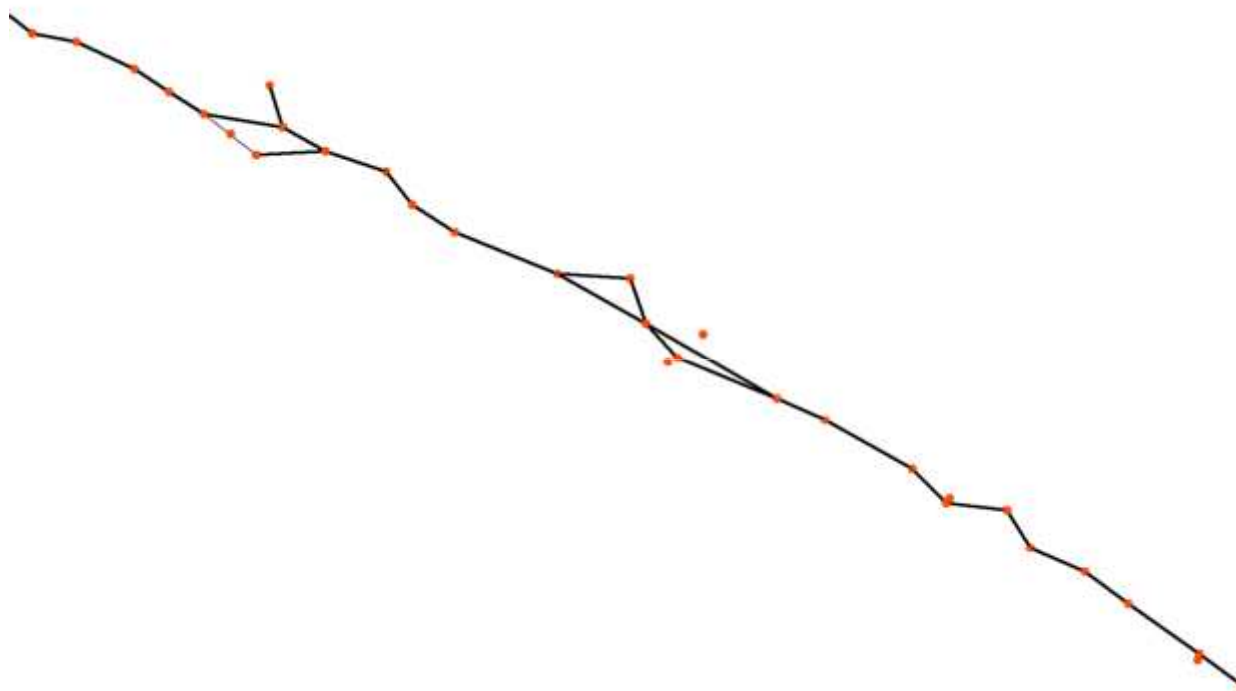
- Az eredetileg soros program könnyen párhuzamosíthatóra lett megírva
- Szektoronként lehet párhuzamosítani
- Ezen belül soronként külön szálon történhet a szomszéd-keresés
- A nyom darab (tracklet) extrapolálása (Kálmán filter) szektoronként történhet

Tracklet fejlődése



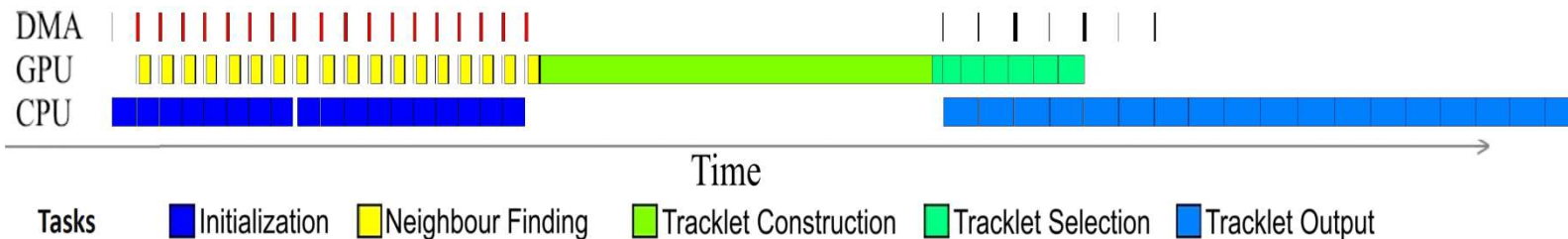


Tracklet konstrukció Kálmán filterrel



CPU-GPU pipeline

- Az inicializáció és a track output memória-igényes művelet \Rightarrow jobb CPU-ra hagyni
- Minden egyebet végezhet GPU
- Pipeline: amíg a GPU az i -ik szektor nyomkeresésével foglalkozik addig a CPU az $i-1$ -dik szektort inicializálja, CPU, GPU és DMA átfedheti egymást
- Intel Nehalem quad-core CPU és NVIDIA GTX295 (single thread) GPU-val:



- GPU elég sokat várakozik az inicializáció alatt

Multi-core CPU-s pipeline

- AMD Magny-Cours 12-core CPU és NVIDIA GTX480 (multi thread) GPU-val jelentősen javult a GPU kihasználtsága
- A CPU round-robin módon (sorban, azonos prioritással) szolgálja ki a szektorokat



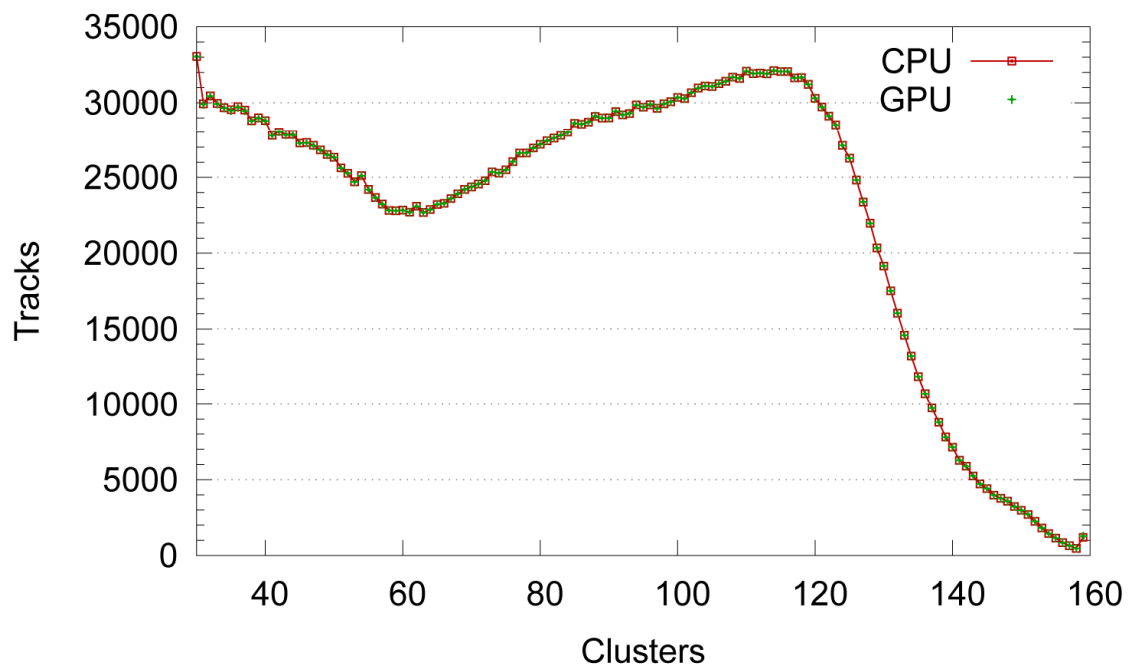


GPU és CPU nyomkeresés összehasonlítása

- Monte Carlo szimulált Pb-Pb események (D. Rohr et al., Proceedings of CHEP 2012)
- CPU és GP-n futó programok által talált nyomok összehasonlíthatók a szimulált nyomokkal
- Tapasztalt problémák:
 - A GPU-n a trackletek készítésének sorrendje nem meghatározott, ezért néha, egyes beütések másik nyomhoz kerülnek. A nyom-kiválasztási kritériumok (beütések száma, χ^2) „bejátszásával” az effektus csökkenthető
 - A teljes nyom összeállításának eredménye függ a tracklet-sorrendtől. A trackletek gyors sorbarendezeésével a probléma megoldható
 - Különbözö fordítóprogramok (söt, fordító paraméterek) különbözö eredményt adhatnak, a lebegöpointos aritmetika különbözö kerekítési módja miatt

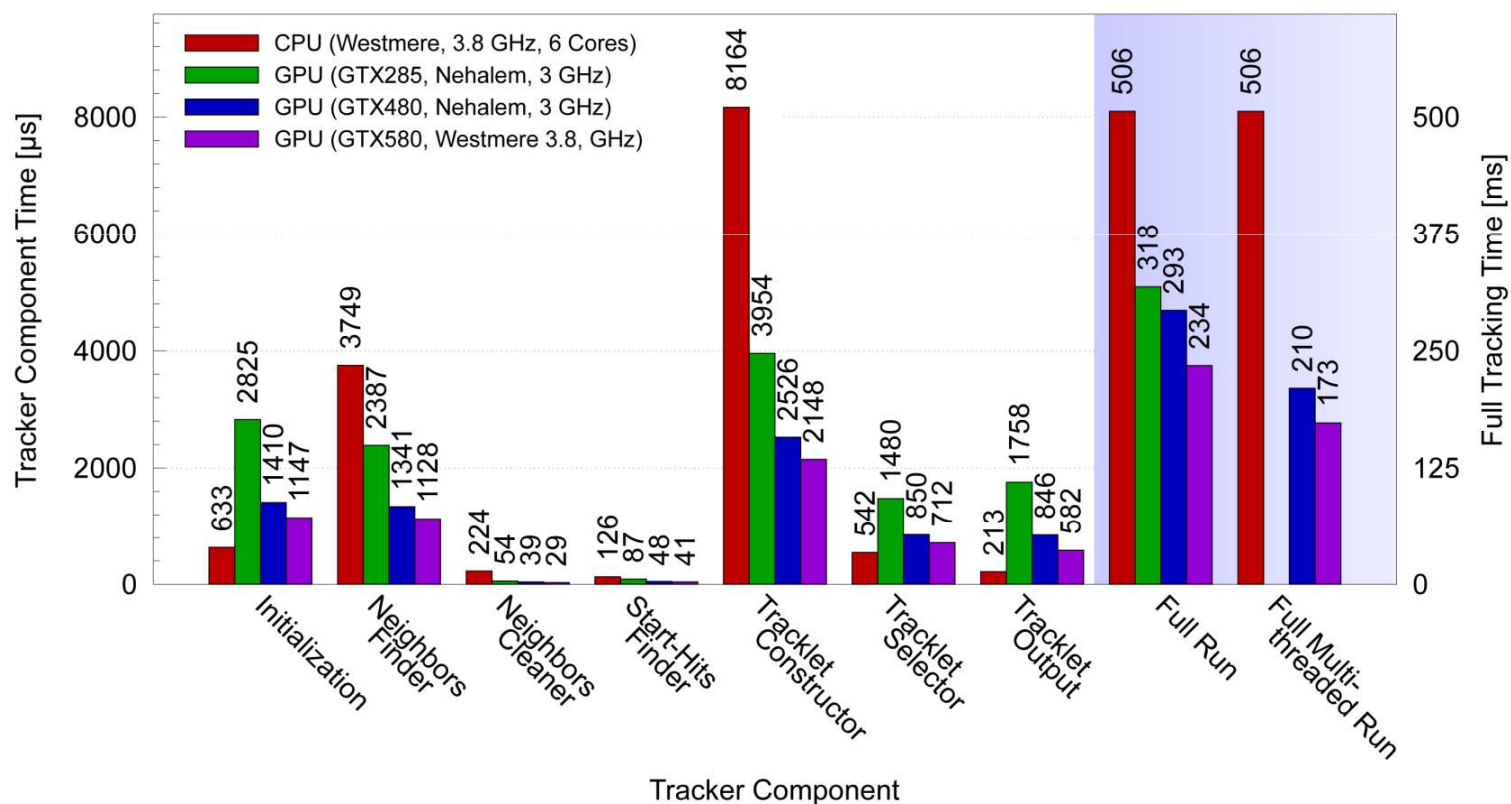
GPU/CPU konzisztencia

- Az előzőekben leírt optimalizáció végrehajtása után az inkonzisztens beütések aránya $0,00024\%$ lett



GPU/CPU teljesítmény összehasonlítása

- GTX580 közel 3 x gyorsabb, mint a 6-core CPU



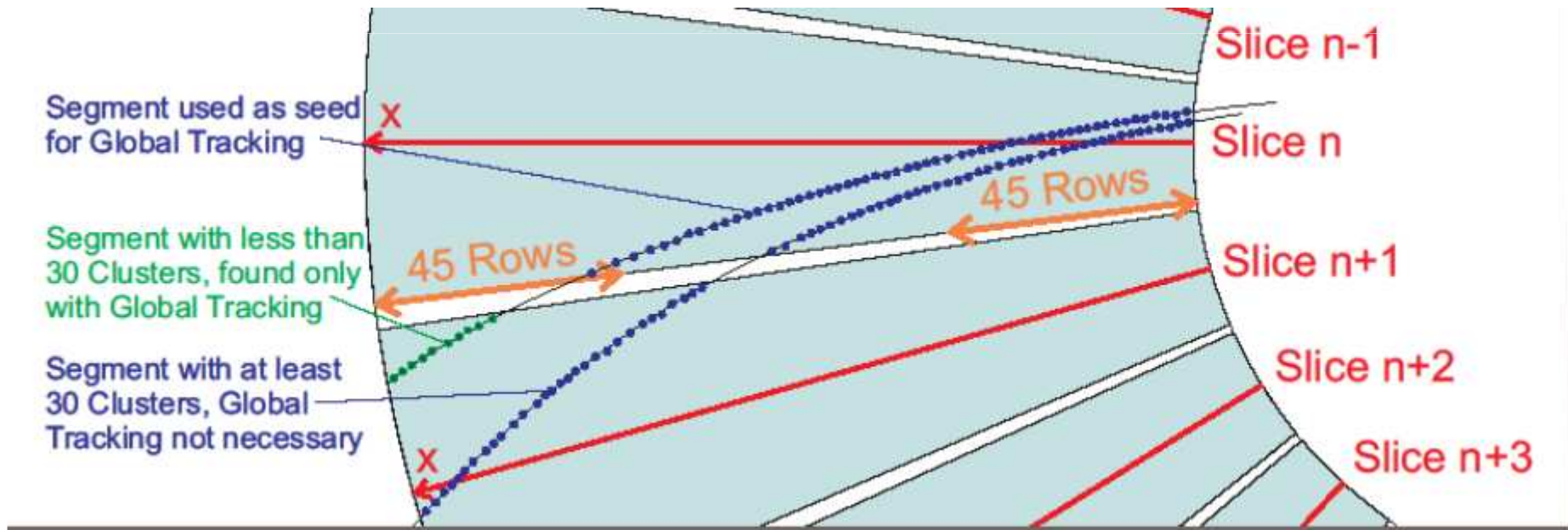


ALICE

JOURNEY OF DISCOVERY

Global Tracking

- Rövid (30 nál kevesebb beütés) tracklet megtalálása extapolálással
- Trackletek egyesítése szektorokon keresztül

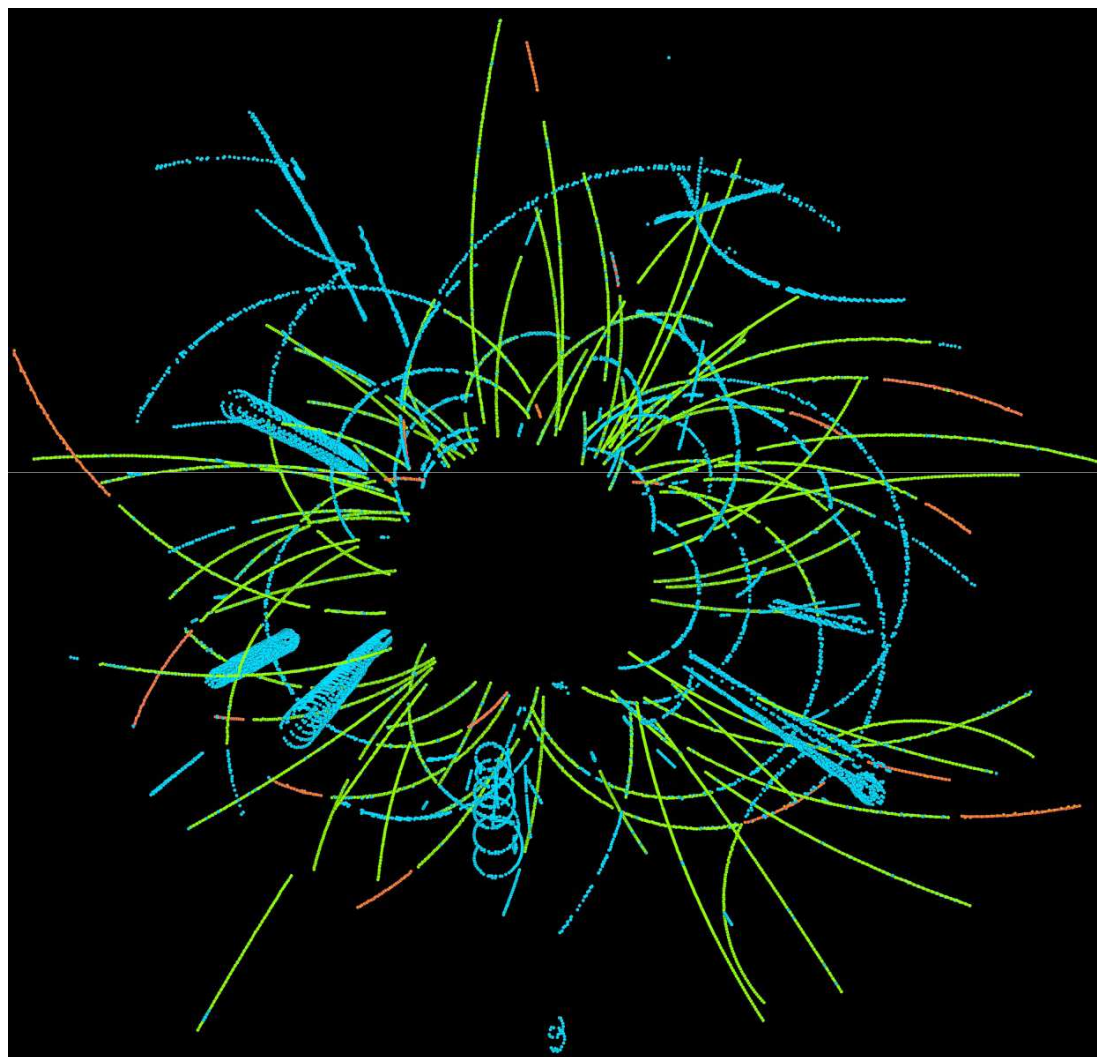


Egy p-p esemény

- PP esemény

Eredeti szegmens: zöld

Kiegészítő szegmens: narancs

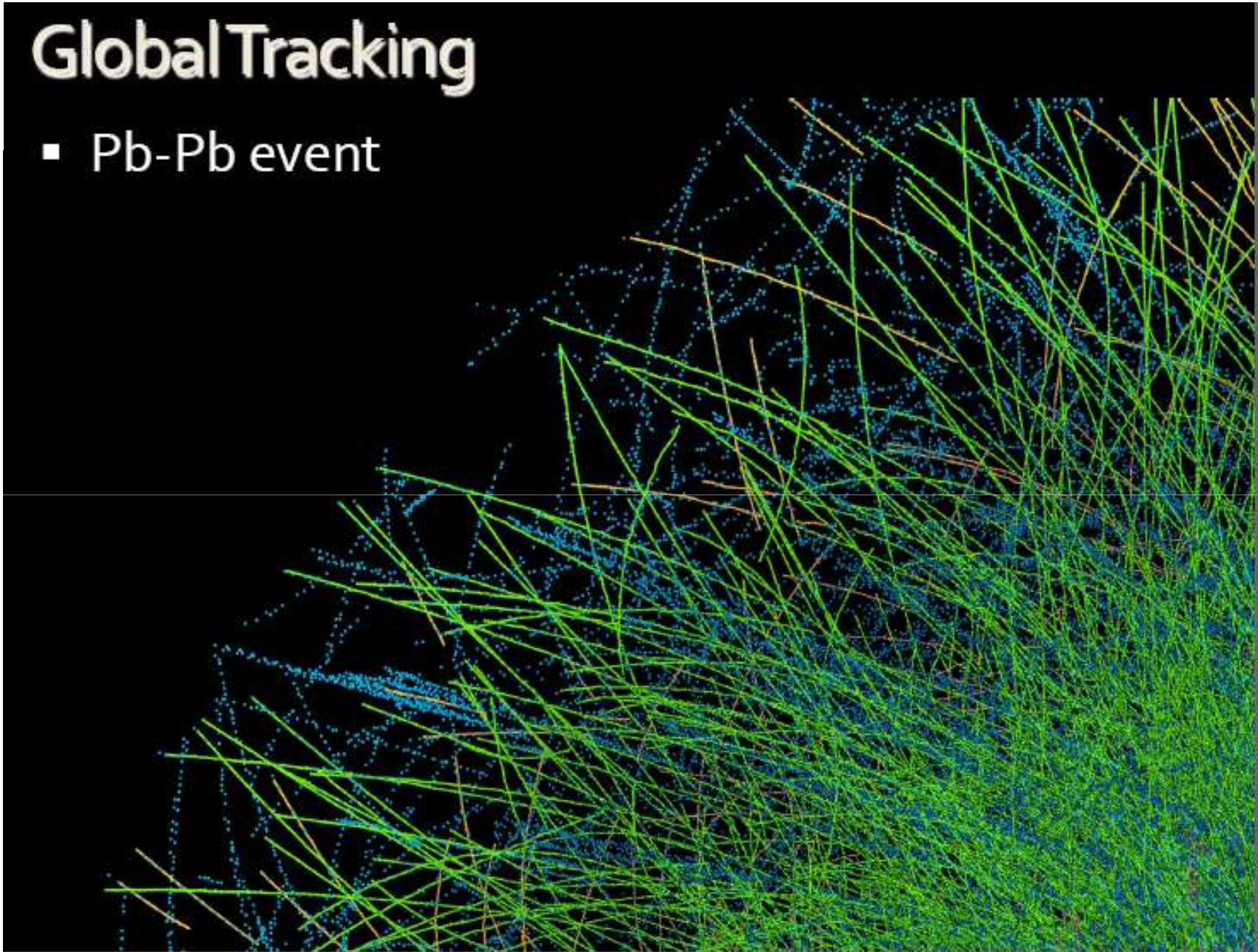




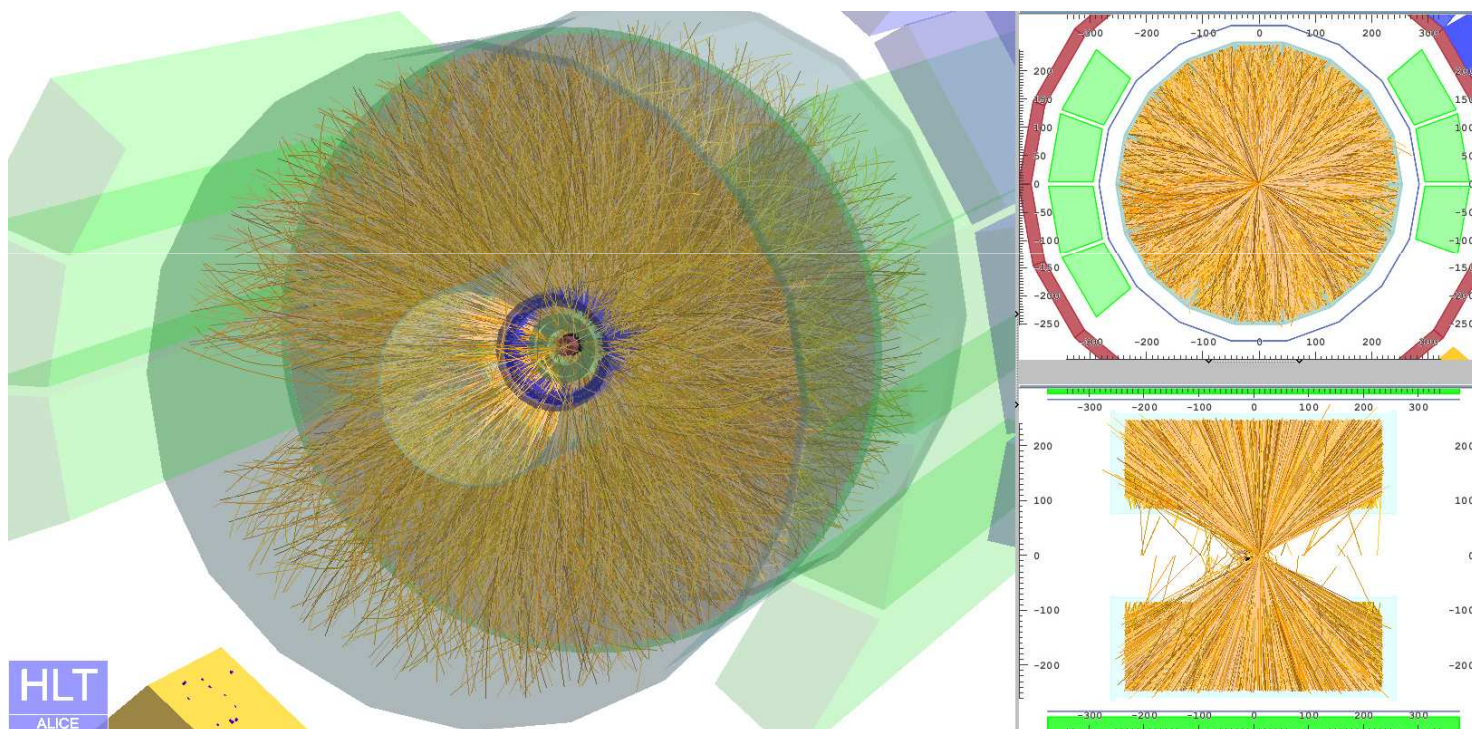
ALICE
A JOURNEY OF DISCOVERY

Global Tracking

- Pb-Pb event



Valós Pb-Pb esemény





ALICE

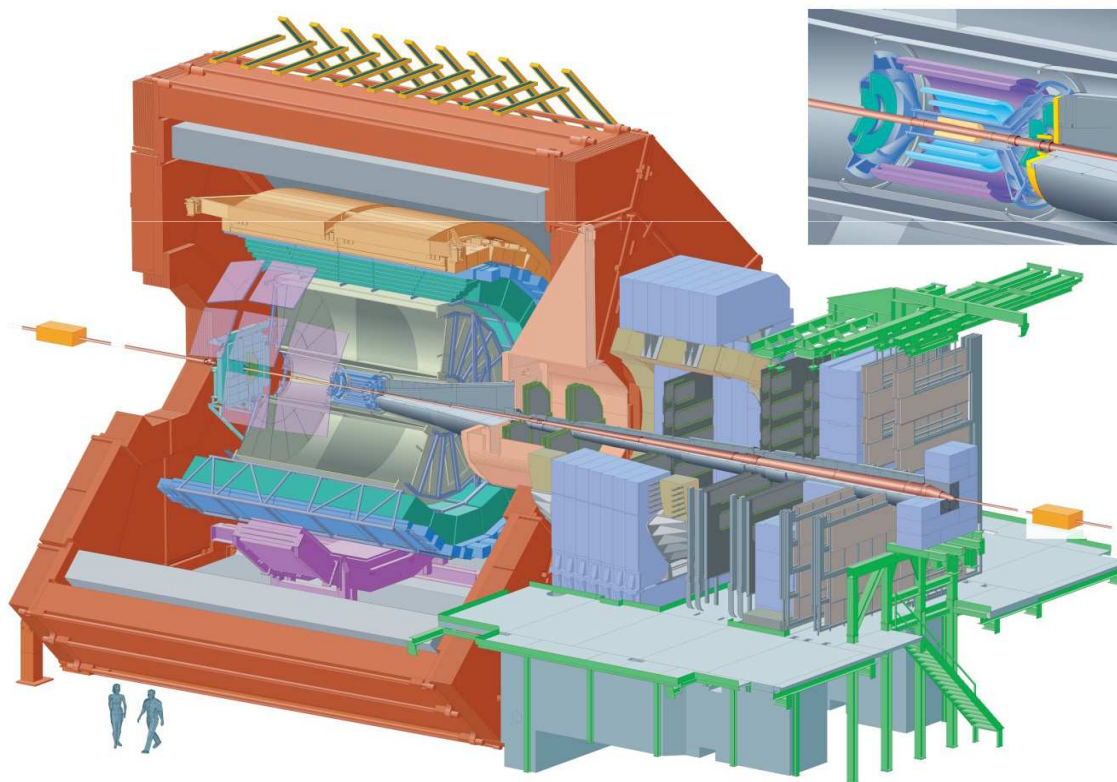
A JOURNEY OF DISCOVERY



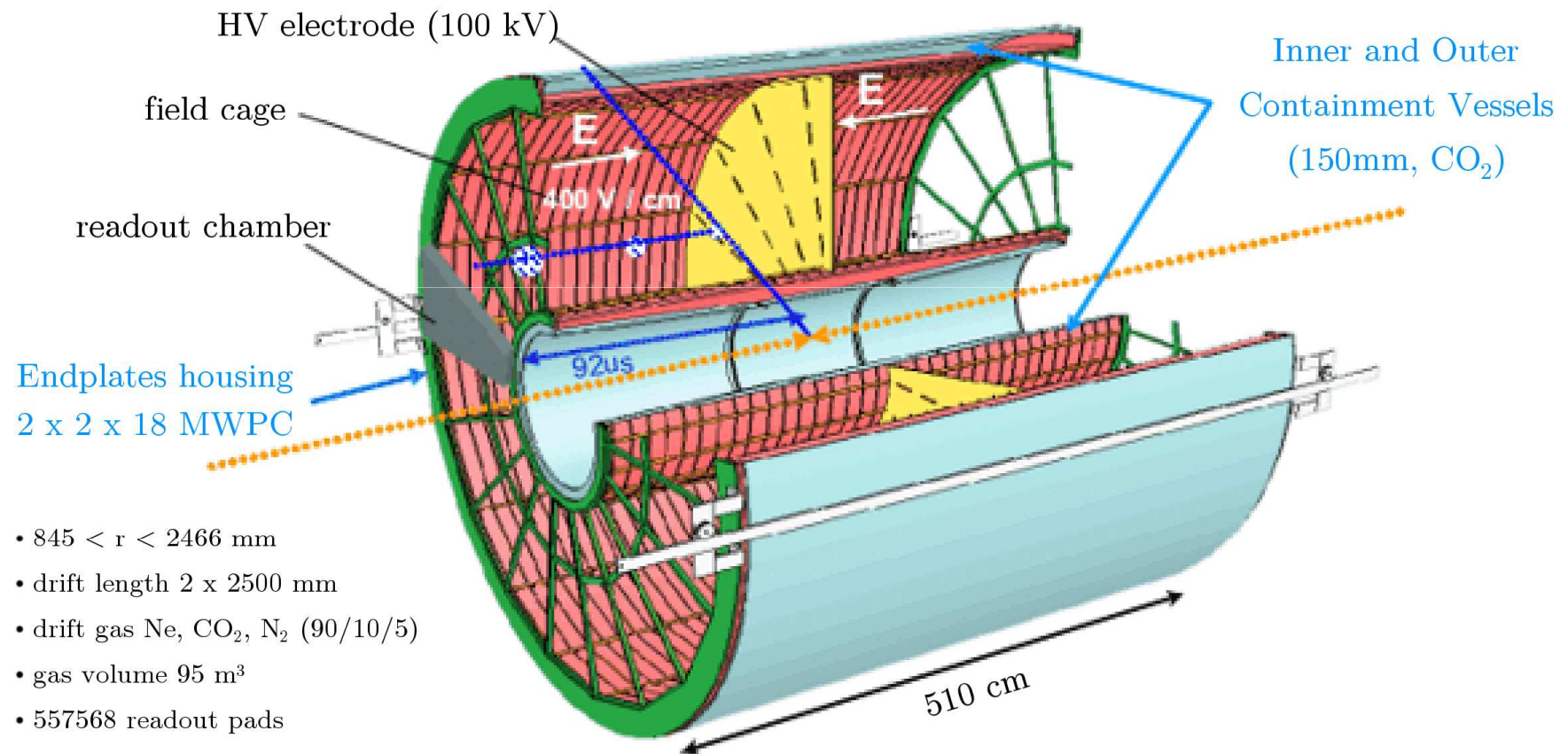
**Köszönöm a
figyelmet!**

Az ALICE detektor

- ALICE a CERN-i Large Hadron Collider (LHC) gyorsító négy fő kísérleteinek egyike
- Speciálisan nehéz-ion (pl. Pb-Pb) ütközések tanulmányozásához tervezték



Az ALICE TPC



- $845 < r < 2466$ mm
- drift length 2 x 2500 mm
- drift gas Ne, CO₂, N₂ (90/10/5)
- gas volume 95 m³
- 557568 readout pads



Present Online Architecture

