

Részvétel a CMS-kísérlet adatértékelő rendszerének fejlesztésében a CERN-ben

A H07C-74153 jelű NKTH-OTKA pályázat szakmai lezáró beszámolója

1. A kutatás célja, motivációja

Kutatómunkánk alapvető motivációja a CERN-i Nagy hadron-ütköztető (LHC) Compact Muon Solenoid (CMS) kísérletében való magyar részvétel magasabb szintre emelése. A CMS észlelőrendszeréhez Magyarország jelentősen hozzájárult: a budapesti KFKI Részecske- és Magfizikai Kutatóintézet részt vett az előreszórt részecskék észlelésére szolgáló hadronkaloriméter, a debreceni ATOMKI és a Debreceni Egyetem Kísérleti Fizikai Intézete pedig az RMKI közreműködésével a hordórész müon-kamráinak helyzetmeghatározó rendszere tervezésében, építésében és telepítésében. Az LHC 2008 szeptemberében fogadta az első protonnyalábokat és 2009 novemberében elkezdte őket gyorsítani addig elképzelhetetlenül magas energiára. Mivel felderítetlen területen járunk, komoly felfedezések várhatók, amelyeket gondosan elő kell készíteni. A pályázat célja tehát az volt, hogy ifjú kutatóinknak lehetővé tegye többhónapos CERN-i tartózkodással, hogy elsajátítsák a CMS-kísérlet alapvető adatértékelési módszereit, bekapcsolódjanak az ott folyó munka különböző, hazai érdekeltségű vonalaiba és kiépítsék az igazán eredményes szakmai munkához oly fontos, megfelelő személyi kapcsolatokat. A fejlett országok egyetemsein a nagyenergiájú posztgraduális kurzus szerves részeként a hallgatók idejük 50%-át a CERN-ben töltik. Erre hazai viszonyok között eddig nem volt lehetőség, de a jelen projekt lehetőséget nyújtott több diáknak néhányhónapos CERN-i munkára.

A projekt több vonalon csatlakozott az NK67974 jelű hároméves NKTH-OTKA pályázathoz, annak mobilitási kiegészítéseként fogható fel. A CMS-kísérlet adatértékelése mellett besegített két másik CERN-kísérlet magyar csoportjának, mivel két diák CERN-i kiküldetése közben részt vett másik kísérletben is. Az együttműködés munkája és eredményei nyomon követhetők a csoportmegbeszéléseink honlapján:

<http://www.grid.kfki.hu/twiki/pub/CMS/WeeklyBudapestDebrecenMeetings/>

2. Fő tudományos eredmények

Az RMKI grid-állomásának fejlesztése és üzemeltetése terén jelentős előrelépést jelentett Hernáth Szabolcs rendszergazda hosszabb, illetve Szeberényi Ágnes, ifj. Hajdu Csaba, László András és Somhegyi Benjámin rövidebb idejű tanulmányútja a CERN-ben a jelen pályázat támogatásával. A tanulmányutak során felvették a kapcsolatot a Worldwide LHC Computing Grid (WLCG) CERN-i központjában dolgozó kollégákkal, megismerkedtek a WLCG projekt szervezetével és middleware-ével. Ennek eredményeképpen a BUDAPEST farm a WLCG és azon belül a CMS és ALICE kísérlet hivatalos Tier-2 szintű állomása lett 426 processzorral és 144 TB tárolóval (lásd a <http://gridmap.cern.ch/> WLCG-térképet). Jelentősen fejlődött a rendszer üzemeltetése is: a hivatalos WLCG-ellenőrzés szerint 2009 augusztusában a BUDAPEST állomás elérhetősége 99%, megbízhatósága 96% volt, szeptemberben pedig mindkettő 98% (lásd a WLCG rendszer Tier-2 állomásokat monitorozó honlapja 5. oldalán: https://twiki.cern.ch/twiki/pub/LCG/SamMbReports/Tier2_Reliable_200909.pdf). A jelen pályázat az RMKI két rendszergazdaként működő doktorandusza, Hernáth Szabolcs és Kővári

Kálmán, valamint Kárász Edit informatikus hallgató kiküldetését irányozta elő. Időközben azonban Kővári Kálmán és Kárász Edit elhagyták az RMKI-t, helyüket ifj. Hajdu Csaba (BME), Somhegyi Benjámín (ELTE) és Szeberényi Ágnes (BME) egyetemi hallgatók vették át. honlapján

Hernáth Szabolcs az MTA KFKI RMKI Grid-csoport vezetőjeként, illetve CMS csoportjának tagjaként 2008-ban négy, 2009-ben pedig három hónapot töltött a CERN-ben. A külföldi tartózkodás mind a CMS feladatok, mind pedig az RMKI Grid üzemeltetése szempontjából rendkívül hasznosnak bizonyult. Szeberényi Ágnessel együtt kezdettől fogva részt vettek a CMS Computing műszakok kialakításában, értékes szakmai tapasztalatokat gyűjtve a Grid-üzemeltetés központi CMS adatkezeléssel összefüggő feladataira vonatkozólag. A CMS csoport CERN-ben dolgozó fizikusaival és informatikusaival együttműködve számos olyan fejlesztést sikerült megalapozniuk, amelyek az RMKI Grid felhasználását az otthoni fizikusok számára egyszerűbbé és hatékonyabbá teszik. Sikerült továbbá konzultálniuk az ALICE kísérlet informatikai szakértőivel is, elősegítve ezzel egyrészt az RMKI-ban dolgozó ALICE csoport munkáját, másrészt pedig az RMKI Grid központ üzemeltetését a közös ALICE és CMS erőforrások hatékonyabb kihasználása révén. A kinti munka során Hernáth Szabolcs az RMKI Grid-csoportjának valamennyi kollégájával együtt dolgozhatott egy-egy hónapot a CERN-ben, így közösen tudták bővíteni ismereteiket és a megszerzett friss tudást azonnal kamatoztathatták az aktuális feladatok megoldásában.

Ifj. Hajdu Csaba a CERN-ben eltöltött egy hónap során a BUDAPEST grid cluster monitorozó rendszerének finomhangolásában vett részt, ilyen módon lehetősége nyílt részt venni a minden eddigit meghaladó adatmennyiség feldolgozását célzó nemzetközi erőfeszítésben.

Somhegyi Benjámín CERN-i kiküldetése alatt megismerkedett a CMS virtuális szervezetének (VO) koordinátoraiival, akikkel jó kapcsolatot sikerült kialakítania, és hasznos tanácsokkal segítették/segítik a BUDAPEST grid-állomás VO-menedzselési feladatait. Ez a későbbiekben jelentősen segíteni fogja MSc-dolgozatának elkészítésében.

Szeberényi Ágnes kéthónapos kinti munkája során részt vett a gLite köztesréteg (middleware) dokumentációjának revíziójában és a gLite 3.2 változat dokumentációjának elkészítésében. Bekapcsolódott a CMS kísérlet computing-műszakjainak kialakítására alakult munkacsoport munkájába. A CERN-ben szerzett tapasztalata hozzájárult a magyar akadémiai kutatókat szolgáló Hungrid VO itthoni felélesztéséhez.

László András 2008-ban a jelen pályázat támogatásával részt vett az NA61 kísérlet új adatgyűjtő rendszerének kidolgozásában, és adatgyűjtő szoftverének megvalósításában. E hozzájárulás feltétlen szükséges volt ahhoz, hogy a CERN-NA61 kísérlet 2009-ben megkezdhesse a fizikai adatok gyűjtését. Az adatgyűjtési folyamat részeként olyan adatmozgatási és -tárolási eljárások is kidolgozásra kerültek, amelyek a CMS Grid rendszerének keretébe lesznek integrálva.

Sikeresen üzembe helyeztük a **CMS barrel-müon detektorának** Debrecenben készült **helyzetmeghatározó rendszerét**, ebből Szillási Zoltán 2008-ban PhD-fokozatot szerzett a Debreceni Egyetemen. Ehhez hosszabb időt kellett a debreceni résztvevőknek a CERN-ben tölteniük, annak egy részét a jelen pályázat fedezte (bár más pályázat, sőt maga a CERN is jelentősen támogatta). A jelen projektum keretében *Szillási Zoltán* és *Ujvári Balázs* dolgozott néhány hónapot a CERN-ben a müon-detektoron; az idősebb kutatók költségeit más pályázatból fedeztük. A müon-rendszer kiválóan vizsgázott. Az alapkérdés az volt, hogyan fog működni a helyzetmeghatározó rendszer a CMS-mágnes 4 Teslás mágneses terében, az óriási müondetektoroknak a mágnes tér bekapcsolását követő alak- és helyzetváltozását ugyanis századmilliméteres pontossággal kell követni. Hála az ATOMKI, a Debreceni

Egyetem és az RMKI fizikusaiból és mérnökeiből alakult csoport munkájának, a tesztek teljes sikerrel zárultak, és ehhez a jelen pályázat is jelentősen hozzájárult. A munka haladása nyomom követhető Bencze György, Béni Noémi, Szillási Zoltán és Ujvári Balázs előadásaival a <http://www.grid.kfki.hu/twiki/pub/CMS/WeeklyBudapestDebrecenMeetings/> honlapon.

A szuperszimmetria (SUSY) keresésében is komoly előrelépés történt. A három doktoranduszunk közül, akinek a jelen pályázatot szántuk, kettő (Kövesárki Péter és Radics Bálint) átment a Bonni Egyetemre és az ATLAS kísérlethez. Pályázatunk keretében tehát Kapusi Anitát (Debreceni Egyetem), egy új doktoranduszt, Aranyi Attilát (Eötvös Loránd Tudományegyetem) és Sótér Anna (ELTE) diplomamunkást utaztattuk a CERN-be.

A CMS-kísérlet adatkezelő rendszerében több korszakváltás történt. Kezdetben egy lazán összefüggő és igen szegényesen dokumentált programegyüttest (ORCA) használtunk, majd két éve azt az egységes CMSSW rendszer váltotta fel. Azt azonban még mindig meglehetősen nehézkes volt használni. 2008 során adták közre a Physics Analysis Tools (PAT) rendszert, amely már felhasználóbarát, mert lehetővé teszi, hogy a fizikai analízisre koncentráljunk, nem kell a CMSSW fejlesztésével kapcsolatos változásokat követnünk saját kódunkban.

Kapusi Anita (DE) féléves kiküldetése során elsajátította a CMS SUSY-csoportján belül a PAT szoftver használatát és átállította rá az analízisünket, a skalár top kvark keresését. Kinn tartózkodása alatt a PAT rendszerről és alkalmazásairól több előadást is tartott: <http://www.grid.kfki.hu/twiki/pub/CMS/WeeklyBudapestDebrecenMeetings/>. Segített a magyar SUSY-csoportnak kifejleszteni egy PAT keretszoftvert, amellyel sikerült reprodukálni egy már elfogadott CMS-analízist. Utána bekapcsolódott a SUSY csoport referencia analízisébe, amelyet úgy ellenőriztek, hogy az előre meghatározott vágások után a többi csoportéhoz hasonló eredményeket kaptak, majd a SUSY-események háttérének analízisén kezdett dolgozni. A munkája során egy weblapot is létrehozott, amelyen a felmerült problémák megoldásait gyűjtötte össze:

<https://akapusi.web.cern.ch/akapusi/munka/HUSUSY.html> .

Aranyi Attila (ELTE/RMKI) új doktoranduszként csatlakozott csoportunkhoz, témája szintén szuperszimmetria keresése. Kezdetben a matematikai módszerekre koncentrált, majd CERN-i kiküldetése idején az ugyancsak kinn tartózkodó Veszprémi Viktorral (ATOMKI) és Kapusi Anitával közösen fejlesztette a skalár-top-kvark keresését. Konkrét témája a CMS SUSY-csoportjának RA4 referencia-analízise, arról több előadást is tartott megbeszéléseinken.

Megterveztünk egy **detektorrendszert az ASACUSA-kísérlet következő fázisához**, ebből *Sótér Anna* (ELTE) diplomamunkát írt. A detektor tervezéséhez szükséges volt Sótér Anna egyhónapos kiküldetésére a CERN-be. Ez ugyan nem kapcsolódott a CMS adatkezeléséhez, viszont rendkívül hasznosnak bizonyult a T72172-es OTKA-pályázat szempontjából. Az ASACUSA-kísérlet következő fázisában antihidrogén atomokból álló nyalábot fogunk előállítani egy rádiófrekvenciás Paul-csapdából kivezetve. A csapda a CERN-ben épül, a tartószerkezete az RMKI-ban épült, a hozzátartozó detektorrendszer pedig a müncheni MPQ intézet és az RMKI együttműködésében készül.

Nyilatkozat

Hozzájárulok ahhoz, hogy a H07C-74153 OTKA-nyilvántartási számú kutatás eredményei alapján készült zárójelentésem az OTKA Bizottság nyilvánosságra hozza, illetve a tudományos közösség számára ismert, elérhető archivumban archiválja.

Budapest, 2009. október 21.

Horváth Dezső
témavezető