

# Hálózatkihasználási kihívások a csillagászatban

HOLL ANDRÁS, SRÁGLI ATTILA

MTA Konkoly Thege Miklós Csillagászati Kutatóintézete  
{holl, sragli}@konkoly.hu

**Kulcsszavak:** csillagászat, Internet

*Az alábbiakban áttekintjük a hálózatkihasználást csillagászati gyakorlatát és lehetőségeit, nemzetközi kitekintéssel. Megvizsgáljuk a hazai helyzetet, azon belül is az MTA Konkoly Thege Miklós Csillagászati Kutatóintézete (CsKI) előtt álló kihívásokat. A csillagászat mint tiszta alapkutatás, valamint széles érdeklődést kiváltó tudomány, kiváló terepet jelent technológiák kipróbálására, műszaki-tudományos képzésre és ismeretterjesztésre. Több csillagászati alkalmazás is a figyelem középpontjába került az utóbbi években. Ezeket túl bemutatjuk a hazai csillagászati kutatás hálózatkihasználási lehetőségeit.*

## 1. Kitekintés

A csillagászatnak erős nemzetközi kapcsolatrendszere van. Tiszta alapkutatásról lévén szó, a megfigyelési adatok hamar nyilvánosak lesznek: az égbolt minden nemzet kutatói számára hozzáférhető, ugyanakkor viszont a jelenségek folyamatos követése, illetve a teljes égbolt lefedése érdekében nemzetközi együttműködés szükséges. Az Internet hatalmas jelentőséggel bír az asztronómia művelői számára. Ez megmutatkozott az RFC 1017-ben is, ami a tudományos kutatás hálózati igényeit vette számba 1987-ben.

A csillagászat egyik nagy kihívást jelentő területe a hálózatkihasználásban az e-VLBI (Very Large Baseline Interferometry: nagy bázistávolságú rádió-interferometria). A VLBI mérésekhez egymástól minél távolabb (ha lehet, több ezer kilométeres távolságra) lévő rádióteleszkópokra van szükség. Az egyidejűleg végzett megfigyelések adatait korábban – atomórák időjeleivel együtt – mágnesszalagra vették, a szalagokat a kiértékelés helyére szállították, majd egy korrelátor segítségével összejárták. A szalagok szállítása miatt az eredmények csak hetekkel a megfigyelés után születtek meg. Az e-VLBI esetében az adatok hálózati szállítása miatt az eredmények rögtön kiértékelhetők. Az Internet2 csillagászati bemutató alkalmazása 2004-ben egy e-VLBI kísérlet volt, amikor az Egyesült Államok, az Egyesült Királyság, Svédország, Hollandia és Lengyelország obszervatóriumait kötötték össze, helyszínenként 32 Mbit/s sávszélességgel. A brit rádiótávcsöveket összekötő e-Merlin hálózatot 150 Gbit/s folyamatos terhelésre építették ki, ugyancsak 2004-ben. Az e-VLBI ma 1 Gbit/s-os adatátvitel 24 órán keresztül való fenntartását igényli a hollandiai JIVE központtal, amit a GEANT hálózat biztosít európai rádióteleszkópok számára. A jövőre nézve az igények még merészebbek: 4-10 Gbit/s átviteli sebességekre lehet szükség.

Ugyancsak kihívást jelent a távoli helyeken (magas hegycsúcsokon, vagy éppen a világűrben) lévő obszervatóriumok hálózati összeköttetése. A Gemini Obszer-

vatórium két megfigyelőhelyének (Hawaiiiban és Chilében) 2002-ben 155 Mbit/s, illetve 77 Mbit/s sebességű kapcsolata volt az Internethez. A tervezett James Webb Space Telescope 600 GB-nyi adatot fog egy nap alatt termelni, amit tömörítve, egy 5.35 GB/nap kapacitású X-sávú rádiókapcsolaton kell majd a Földre lehozni – ez persze nem az Internet forgalmát növeli majd. Ám ezeket az adatokat a világ különböző részein dolgozó kutatókhoz hálózaton kell majd a Space Telescope Science Institute-ból eljuttatni! Nem a JWST lesz a legnagyobb adatforrás: a közeljövőben a Large Synoptic Survey Telescope egyetlen nap alatt 13 TB-nyi megfigyelési adatot „ont” majd.

A csillagászat és a rokon területek, mint az űrkutatás vagy az idegen intelligenciák keresése a világűrben igen népszerűek, jól használhatók a fizikai tudományok, illetve a számítástechnika népszerűsítésére. A népszerűség és a szabadon hozzáférhető adatok óriási oktatási lehetőséget jelentenek. Nem a SETI@Home volt az első elosztott hálózati számítási projekt, de talán a legismertebb. Ma a Berkeley Open Infrastructure for Network Computing keretében működik tovább. A Mars Pathfinder előre meghirdetett, Interneten közvetített szállítása olyan nagy érdeklődést keltett 1997-ben, hogy a NASA JPL 2 T3-as vonala nem bírta a terhelést.

Milyen ütemben bővül a hálózat sávszélessége, milyen ütemben nőnek az igények? A növekedés a számítástechnikában mindig exponenciális. A megfigyelő csillagászatban a detektorok (CCD-k) méretnövekedése, és persze számuk gyarapodása diktálja a sávszélesség-igényeket, az elméleti modellszámítások által létrehozott adatok mennyisége a processzorok sebességével, a tárolókapacitásokkal nő, növekedhet. A rendelkezésre álló sávszélesség Nielsen szerint kétfévente duplázódik meg [1], Edholm és Eslambolchi a Moore-törvény szerinti növekedést állítanak [2]. Tanulságos lenne a csillagászati intézmények számára rendelkezésre álló sávszélesség növekedését megvizsgálni – ezt a CsKI tekintetében a következőkben meg is teszük majd.

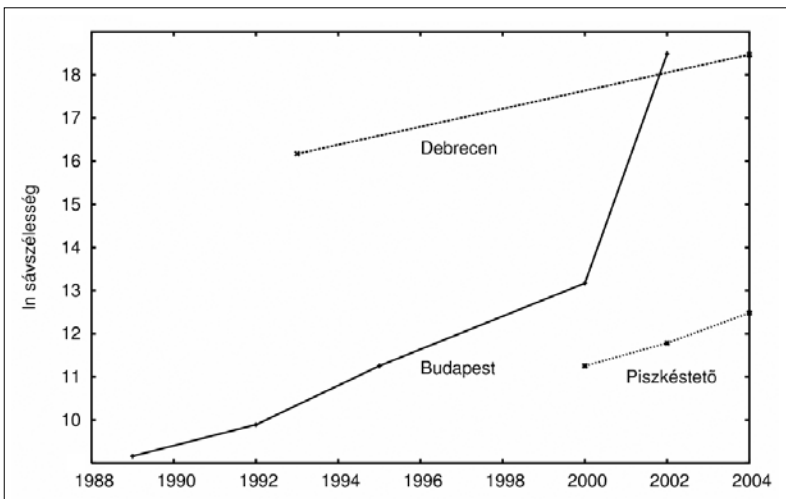
## 2. A CsKI hálózati kapcsolata

A CsKI-nek négy telephelye van: Budapesten, Debrecenben, Piskésetőn és Gyulán. Ezeket a telephelyeket hálózatnak kell összekötnie. Alapelvnek tekintjük, hogy a hálózat hiánya nem lehet a kis vidéki telephelyek üzemeltetésének akadálya, ellenkezőleg, a hálózatnak csökkentenie kell a távolság okozta problémákat, javítania kell a kutatás feltételeit. A hálózat fenntartása nem szabad, hogy teher legyen az intézeti költségvetésen, hanem éppenséggel megtakarítást kell eredményeznie a kommunikációs és utazási költségek terén.

A tudományos kutatás szükségleteinek kielégítése a legfontosabb szempont az Internethez való kapcsolódásban. Az erős nemzetközi kapcsolatrendszer tanúsítja, hogy a CsKI-ban készült tudományos publikációk jelentős részének van külső (sok esetben külföldi) társszerzője. Az Intézet a Wise Observatóriummal együttműködve kisméretű robot-távcsövet üzemeltet az izraeli Negev-sivatagban, és a HERSCHEL csillagászati mesterséges hold adatainak fogadására készül. A jelenleg üzemeltetett elektronikus adatbázisok – mint például a Nemzetközi Csillagászati Unió megbízásából kiadott Information Bulletin on Variable Stars nevű elektronikus folyóirat, ami 1994-ben került fel a webre – megkövetelik a biztonságos hálózati összeköttetést.

A CsKI hálózati (WAN) története a budapesti telephely X25-ös kapcsolatával kezdődött (1989), ha nem számítjuk a korábban az Intézethez tartozó Bajai Observatórium távoli terminál-kapcsolatát a SztAKI nagyszámítógépével. A budapesti központ 1992-ben kapcsolódott az Internethez: egy 19.2 kbit/s sebességű bridge kapcsolta össze a KFKI RMKI hálózatával – az RMKI-nek ekkor már a CERN-en keresztül volt Internet-kapcsolata. 1995-ben 64 kbit/s-os bérelt vonal kapcsolta a HUNGARNET-hez az intézeti lokális hálózatot, majd 2000-ben a sávszélesség 512 kbit/s-re bővült. Végül 2002-ben a budapesti, Svábhegyen lévő observatórium sötét üvegszál, Gigabites összeköttetést kapott az NIIF-től. A CsKI telephelyek hálózati összeköttetések történetét az 1. ábra mutatja be.

1. ábra A CsKI internet-kapcsolat sávszélesség-bővülése



## 3. A hálózathasználat lehetőségei

A következőkben áttekintjük azokat az új hálózathasználati lehetőségeket, melyek a Csillagászati Kutatóintézet számára a közeljövőben feltárulhatnak.

### 3.1. Megfigyelési adatok szállítása

B. Pirenne az European Southern Observatory (ESO, Európai Déli Observatórium) adattárolási és szállítási szükségleteit ötéves távlatban felmérve állítja, hogy az adatszállítás kívánatos eszköze mára a hálózat lett [3]. (A tárolás esetében a következtetés az, hogy merevlemezegységeken kell az adatokat őrizni.) A CsKI Piskésető–Budapest adatszálítási gyakorlata (a CCD kamerák megjelenésétől kezdve) előbb DAT mágneskasszettekra, majd kivehető winchester diszkekre, illetve írható CD majd DVD lemezekre épült.

A CsKI jelenlegi adatforgalmi igényei a következőképp foglalhatók össze: Budapest: 2-20 GB/nap; Piskésető: 500 MB-15 GB/nap; Debrecen: 1 GB/nap; Gyula: 500 MB/nap. A svábhegyi és az egyetemi kampuszon lévő debreceni telephely üvegszál kapcsolatai elegendő sávszélességet jelentenek az adatok fogadására. A vidéki observatóriumokban viszont nem kielégítő az Internet-kapcsolat sávszélessége. Áttekintve a jellemző megfigyelési programokat, Piskésetőn egy derült éjszaka 0.5/15 GB-nyi adat keletkezik, Gyulán a digitalizált Nap-képek mennyisége naponta nem haladja meg az 1 GB-ot. Ahhoz, hogy ezt az adatmennyiséget Budapestre illetve Debrecenbe szállíthassuk, és ez a kisebb sávszélességű oldal hálózati kapcsolata naponta legfeljebb 2 órányit terhelje, mindkét kis observatóriumban legalább 1 Mbit/s (feltöltési) sávszélességre lenne szükség, Piskésetőn azonban a legtöbb adatot termelő megfigyelési programok kiszolgálásához néhányszor 10 Mbit/s kellene.

A svábhegyi intézetben a kihívást a HERSCHEL űrszonda adatainak (jelenleg tesztadatok, 2007-től valódi adatok) fogadása jelenti: itt akár 100 GB-os adatcsomagok letöltésére van szükség.

### 3.2. Távészlelés

A távészlelés alatt azt a lehetőséget értjük, hogy a csillagásznak nem kell a teleszkóp mellett lennie a megfigyelés során, hanem távolról irányíthatja azt. A mérés távvezérlése mellett (vagy helyett) igény lehet a távfelügyeletre, amikor a megfigyelő (például egy egyetemi hallgató) a távcső mellett van, de a mérések menetét egy másik kutató (oktatója) távolról követi, hogy beavatkozhasson, ha probléma adódik.

Létezik egy alacsony sávszélesség igényű változat is: a robotizált teleszkóp automatikus időbeosztó rendszerének csak a megfigyelési program leírását kell eljuttatni. Változócsillagok fotometriai megfigyelésénél nemcsak ez a leírás (mely tartalmazza többek között a megfigyelendő objektumok

listáját, a mérések kért időpontjait, prioritását), de maguk a mérési eredmények sem nagyméretűek. Ez esetben a robottávcső automata időbeosztó rendszerével való kommunikáció történhet e-mailen keresztül.

A szakirodalomban említett első távészlelési kísérletek egyikét S. Maran írta le 1967-ben: az Egyesült Államok-beli Kitt Peak obszervatórium 60 cm-es távcsövének távvezérlését oldották meg, egy modemes kapcsolaton keresztül. Az ESO-ban 1987-től végeztek kísérleteket La Silla-i (Chile) távcsövekkel, 64 kbit/s sáv szélességű műholdas bérelt vonalon keresztül.

A modern távészlelés sem igényel nagy sáv szélességet: a technológia alapja a vezérlő számítógép(ek) távirányítása, ami történhet X-Windows vagy VNC (Virtual Network Computing) [4] alapon. Az X-Windows esetében is lehetőség van viszonylag lassú vonalak használatára az NX technológia alkalmazásával. A CsKl-ban a svábhegyi távcsővel folyó megfigyelések távfelügyeletéhez a programban részt vevő kutatók otthoni kábelmodemes kapcsolata (~1 Mbit/s) alkalmasnak bizonyult (2. ábra).

A távészlelés legnagyobb problémája az, hogy a berendezések nem mindig működnek tökéletesen, és

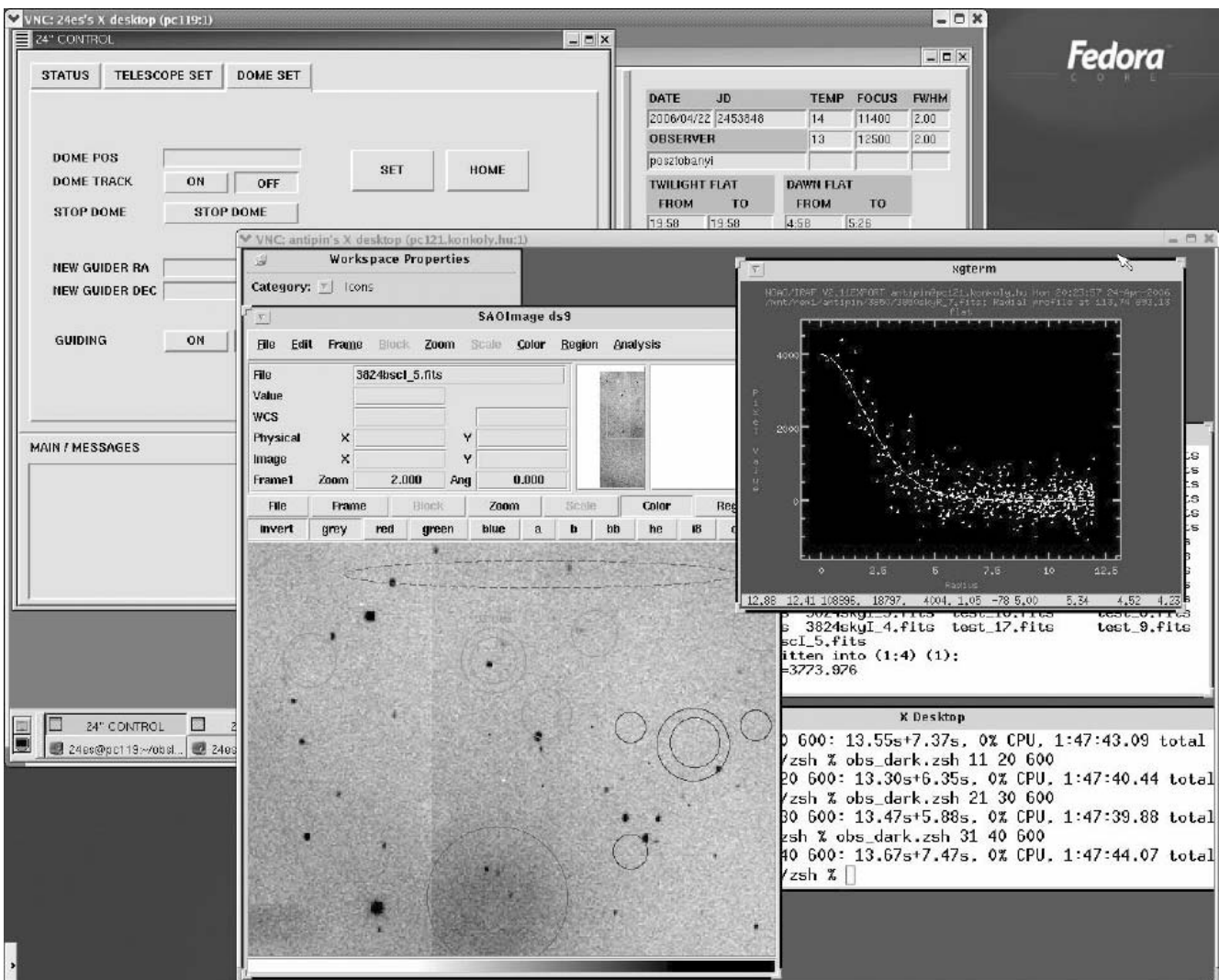
hibák, elakadások esetén a vezérlő számítógép képernyője nem ad elég információt. (Az amperszag nem vihető át TCP/IP protokollok segítségével!) Ezért alkalmazzák a gyakorlatban a technikát inkább csak távfelügyeletre, vagy „közele” távészlelésre, amikor a megfigyelő csak néhány száz vagy 100 méterre van a teleszkóptól, fűtött helyiségben (esetleg egyszerre több távcsővel dolgozik). Távfelügyelet esetén a megfigyelő és a felügyelő között hangkapcsolat is van – de ez egyszerűen megoldható telefon segítségével is.

Az információhiány csökkentésére kísérleteket tervezünk webkamera alkalmazására. Itt problémát jelent az a tény, hogy a piszkékettői, illetve svábhegyi megfigyelések sötétben zajlanak, és a jelenlegi webkamerák érzékenysége nem megfelelő. Hiba esetén a megfigyelés azonban megszakítható, a kupola megvilágítható.

### 3.3. Vagyonbiztonsági távfelügyelet

További lehetséges alkalmazás webkamerák alkalmazása biztonsági, vagyonvédelmi célokra. A távcsövek elhelyezésére szolgáló kupolákban sokszor nincs állandó személyzet, s többnyire elhagyott helyeken állnak. A svábhegyi 60 cm-es távcső kupolájába több

2. ábra Így látja a távészlelést végző csillagász a távcsővezérlő és az adatfeldolgozó PC-k képernyőit



betörés történt már. Ezért adódik az informatikai hálózat, és esetleg akár a távészlelésnél használt kamerák biztonsági felhasználásának lehetősége.

Ahogy az előző pontban említettük, a megfigyelni kívánt helyiségekben a megvilágítás erőssége tipikusan 1 lux alatti (általában csupán néhány tized lux), és a jelenleg kereskedelmi forgalomban kapható webkamerák érzékenysége pedig a ~0.5-30 lux tartományban mozog, így ezek a kamerák e célra nem felelnek meg. Alkalmazhatók viszont a biztonsági kamerák, melyek egy része UTP csatlakozóval és beépített webszerverrel is rendelkezik.

Az általuk generált hálózati forgalom a kamera felbontásától (0.2-0.4 megapixel), a képfrissítési sebességtől (10-25 frame/s) és az alkalmazott tömörítési eljárástól (általában JPEG) függően változik, azonban – főként több kamera telepítése esetén – jelentős lehet (egy kamera használható képfelbontás és -frissítés mellett min. ~64 kbit/s sáv szélességet foglal le).

### 3.4. Adatok tükrözése távoli helyszínrre

Minthogy az adattárolás leginkább költséghatékony megoldása egyre inkább az adatok merevlemezen való tárolása, és a CsKI telephelyei közül a svábhegyi intézetnek és a Debreceni Napfizikai Observatóriumnak van nagy sáv szélességű (üvegszál) kapcsolata, felmerül az adatok biztonsági mentésének lehetősége a telephelyek között. Az adatbázisok tükrözése a rendelkezésre állási biztonságot növeli.

Az adatbázis-tükrözés sáv szélesség-igénye erősen függ az alkalmazott technikától (időszakos, inkrementális mentés, részleges vagy teljes mentés, tranzakció alapú replika). E módszerek – a teljes mentés kivételével – használata esetén a sáv szélesség-igény az adatok változásának, az adatbázis bővülésének mértékével arányos. Adatbázis-tükrözés jelenleg is történik a svábhegyi intézet és a KFKI között a PhysHun projekt keretében, az adatbázis mérete jelenleg kb. 100 MB.

Létezik egy technika a csillagászatban, ami lehetővé teszi az adatbázisok távoli *fail-over* redundanciájának megteremtését: ez a Strasbourg-i CDS csillagászati adatközpontban kifejlesztett GLU [5]. A technológia lényege, hogy a dinamikus weboldalakon az elosztott GLU rendszer segítségével képződnek az URL-ek. A központi GLU adatbázisba beavatkozva a meghibásodott webszerver adatait át lehet állítani a tartalék helyszín címére.

A hálózat lehetővé teszi a tárolóhely-kapacitások kihasználásának optimalizálását is: például egy több TB-os adattároló egység pillanatnyilag kihasználatlan kapacitásait a másik telephely igényeinek kielégítésére is fel lehet ajánlani.

### 3.5. Kisigényű telekonferencia, VoIP kommunikáció

Véleményünk szerint a telekonferencia alkalmazásának elterjedéséhez szükséges, hogy az NIIF által jelenleg alkalmazott technológiáknál olcsóbbak álljanak rendelkezésre. A CsKI-ban igény lenne az össztézeteti értekezlet telekonferencia alapon való megrendezé-

sére. Célszerű lenne megteremteni az intézet tudományos szemináriumainak, illetve az ELTE Csillagászati Tanszékén megrendezett országos csillagászati szemináriumok telekonferencia jellegű elérhetőségét is.

Ezek a rendezvények, ezek az intézmények nem feleltek meg az NIIF eddigi videokonferencia pályázatainak követelményeinek – olcsóbb megoldásokat kell keresni. Bár mind a svábhegyi, mind a debreceni telephelyen néhány km-es közelségben van NIIF telekonferencia csomópont, ezek használata túlságosan nehézkesnek bizonyult. Nem jó, ha a telekonferenciához utazni kell – lehetővé kell tenni azt a minden előadóteremben, vagy akár a kutatók íróasztalán. Úgy véljük, érdemes lenne kipróbálni olcsóbb technológiákat, amelyekkel kevesebb költséggel lehet az előadótermetek felszerelni, és a konferencia követésére, hallgatói hozzászólásokra pedig akár egy webkamerával felszerelt noteszgépnek is elegendőnek kell lennie.

A CsKI kisebb telephelyeinek VoIP elérésére az NIIF által jelenleg alkalmazott „hardveres” technológiáknál célszerűbbnek tűnik a „szoftveres” megoldások alkalmazása.

Szabad szoftverek széles skálája áll rendelkezésre Internetes telefonálásra (VoIP) illetve videokonferencia megvalósítására. A korábbi GnomeMeeting újabb változata, az Ekiga peer-to-peer kommunikációra (PC-PC, PC-telefon, telefon-PC irányokban), illetve kisebb, néhány fős csoportok számára ajánlott, hang- és videókapcsolatot biztosító, illetve azonnali üzenetküldő szoftver. Funkcionalitását tekintve szinte mindenben meg egyezik az ismert Skype-pal, azonban azzal ellentétben szabad szoftver, valamint szabványos protokollokra épül (SIP, H323). Ez megkönnyíti a már létező infrastruktúrába való integrálását is (heterogén hálózatok, tűzfal, NAT).

Az Asterisk kiválóan alkalmazható szoftver intelligens telefonközpont (PBX) és SIP átjáró funkciókkal. Az NIIF VoIP hálózatába integrálva Asterisk szerverek és IP-telefonok jelenthetnek költségtakarékos kommunikációs lehetőséget a CsKI kis obszervatóriumainak.

A fizikai tudományokban külföldön elterjedt az AccessGrid technológia. Az AccessGrid csoportok közti költséghatékony videokonferenciára nyújt megoldást, szintén szabványos technológiák felhasználásával, szabad szoftverkomponensekkel (AccessGrid ToolKit). Multicast alapú kommunikációt használ, így csoportok között egyértelműen hatékonyabb, mint a PC-s VoIP szoftverek, ellenben hardverigénye miatt peer-to-peer vagy néhány résztvevős kapcsolattartásra kevésbé alkalmas.

### 3.6. Nagy adatbázisok hálózati szolgáltatása

Jelenleg a CsKI-ban a Svábhegyen ~2 GB, Debrecenben ~58 GB adat érhető el on-line. A svábhegyi 2 GB-nyi tárolt adatmennyiséget évente nagyjából 20-50-szer töltik le. A Svábhegyen (zömében analóg formában) fellelhető információs vagy kb. 6-7 TB, mely évente kb. 1 TB-tal gyarapszik (teljes egészében digitális formában). A debreceni (analóg) információs va-

gyon is kb. 6 TB, az (analóg, de digitalizált) éves gyarapodás körülbelül 0.5 TB. Ezeket az információkat célszerű lenne elektronikus formában közzétenni.

Nehéz megbecsülni, hogy a teljesen digitalizált információmenyiség mekkora adatforgalmat generálna – érzésünk szerint a teljes adatmennyiség 1-10%-át tölthetnék le évente. (A Space Telescope Science Institute MAST archívuma esetében egy év alatt nagyjából a tárolt összes adatmennyiséggel megegyező adatot töltenek le. A mi esetünkben ennek csak a töredékével számolunk.)

### 3.7. A Virtuális Obszervatórium kihívásai és lehetőségei

A csillagászat jelenlegi e-Tudomány projektjét Virtuális Obszervatóriumnak (VO) nevezik. Jellemzője a nagy égboltfelmérések adatbázisainak elérhetővé tétele, a nagy adatmennyiségeket kezelő eljárások, eszközök biztosítása és az ehhez szükséges szabványosítás. A felhasználók részére a VO a hálózati sávszélesség növelése nélkül tudja majd biztosítani nagy adattömegek használatát: az adatok feldolgozása a felhasználótól távol történik, hozzá csak a nagyságrendekkel kisebb méretű eredmények jutnak el, mint azt J. Gray, a Microsoft Research kutatója állítja [6]. Budavári T. nagy elosztott adatbázisok használatára ismertet egy alkalmazást [7].

Amennyiben a CsKI mint szolgáltató is megjelenik a VO-ban, a helyzet megváltozik. Az előző pontban említett nagy adatbázisok VO-keretekbe való integrálása az egyszerűbb, szabványos elérési lehetőségek, az adatok nagyobb láthatósága miatt a VO-n kívüli esethez képest növekedni fog. (A VO-technikák alkalmazása azt is jelenti, hogy a felhasználónak nem is kell tudnia arról, hogy azok az adatok, melyekre szüksége van, például éppen a CsKI-ban találhatóak meg, a VO (a GRID-es alkalmazásokhoz hasonlóan) gondoskodik arról, hogy az adatokat használhassa. Nem kell ismernie az adatok formátumát, nem kell rendelkeznie a feldolgozásukhoz szükséges programokkal – mindezt megoldja a VO.)

Lehetőség van a VO technikák alkalmazására a tudományos ismeretterjesztésben, tudománynépszerűsítésben, középiskolai oktatásban. Az „outreach” programok különösen az Egyesült Államokban népszerűek. A lényeg az érdeklődők bevonása tudományos programokba. A „Hands on Universe”-hez hasonló hazai program lehetne akár az, hogy a CsKI teleszkópjaival készült, hálózaton hozzáférhetővé tett felvételeken lehetne egyetemistáknak, középiskolásoknak, érdeklődőknek szupernóvákat vagy új változócsillagokat keresniük.

### 3.8. QoS igények

A csillagászatban a hálózat rendelkezésre állási követelményeit a felhasználók szokásai szabják meg. A kutatók sokat dolgoznak (mint a Sztrugackij fivérek fantasztikus tanmeséje címéből kiderül, „a hétfő szombatton kezdődik”). A mérések sokszor éjszaka folynak, távoli vagy akár űrobzervatóriumokban a nap minden

órájában szükség van a hálózatra. A CsKI által szolgáltatott elektronikus szakfolyóirat, az IBVS számaira több külföldi adatbázisokból mutatnak linkek, mely linkeknek élniük kell. A 99,5%-os rendelkezésreállítás megkövetelése reális igénynek tűnik.

A hálózattal szemben támasztott technológiai jellegű igényeket támaztató alkalmazások a CsKI-ban a VoIP, illetve videokonferencia, külföldi viszonylatban pedig az e-VLBI.

## 4. Összefoglalás

A csillagászat nagy sávszélességű Internet-kapcsolatokra tart igényt, cserében a társadalomnak népszerű szolgáltatásokat, oktatási lehetőségeket biztosít. Mint bemutattuk, e tudományág hazai művelőinek is vannak tervei a meglévő üvegszálak kapcsolatok kihasználására, és igénylik a kisebb telephelyek hálózati kapcsolatainak fejlesztését.

### Irodalom

- [1] Nielsen J., Processing power is increasing faster than bandwidth, Alertbox, 1998. április 5.  
<http://www.useit.com/alertbox/980405.html>
- [2] Cherry, S., Edholm's law of bandwidth, IEEE Spectrum, 2004. július, p.58.
- [3] Pirenne, B., Astronomical data storage and distribution in the next five years, ASP Conference Series, 2004., 314. kötet, p.525.
- [4] Richardson, T. és szerzőtársai, Virtual Network Computing, IEEE Internet Computing, 1998., 2.1., p.33.
- [5] Fernique, P., Ochsenbein, F., Wenger, M., CDS GLU, a tool for managing heterogeneous distributed web services, ASP Conference Series, 1998., 145. kötet, p.466.
- [6] Gray, J., Computer Technology Forecast for Virtual Observatories, MSR-TR-2000-102, 2000.
- [7] Budavári, T., Szalay, S., Gray, J. és további szerzők, Open SkyQuery – VO Compliant Dynamic Federation of Astronomical Archives, ASP Conference Series, 2004., 314. kötet, p.177.

A cikk Networkshop-os változata, sok URL-el:  
<http://www.konkoly.hu/staff/holl/miskolc/hollsrage.html>

RFC1017 <http://www.rfc-archive.org/getrfc.php?rfc=1017>  
 GLU <http://simbad.u-strasbg.fr/glu/glu.htm>  
 Ekiga <http://www.ekiga.org>  
 AccessGrid <http://www.accessgrid.org>  
 Hands on Universe <http://www.handsonuniverse.org>  
 BOINC <http://boinc.berkeley.edu/>