

Industrial Light & Magic

Linuxra történő átállás az ILM leképezőtelepén: a sebesség és a megbízhatóság kötelez.

Csillagok háborúja II. rész: A klónok támadása című film, amelyet 2002 májusában mutattak be, az Industrial Light & Magic (ILM) első mozifilmje azóta, hogy a múlt év folyamán munkaállomásaikon és a leképezőtelepükön a Linux használatára tértek át. A kaliforniai San Franciscótól északra fekvő San Rafaelben működő ILM-et 1975-ben azzal a céllal alapították, hogy itt hozzák létre a Csillagok háborúja látványhatásait. Bár a cég tulajdonosa *George Lucas*, az ILM látványhatásokat gyártó tevékenysége mégis túlmutat az olyan, a Lucasfilm által létrehozott alkotásokon, mint a Csillagok háborúja epizódjai vagy az Indiana Jones-filmek. Számos más stúdió keresi azt a kis többletet, amivel az ILM a különleges hatások gyártásának éllovasává küzdötte fel magát. Az ILM 14 akadémiai díjat vehetett át az olyan alkotásokban végzett munkájáért, mint a Forrest Gump, a Jurassic Park, a Terminator 2, a Roger nyúl a pácban és az E. T.

„A Linux munkánk minőségét emeli, nem a mennyiségét” – foglalja össze a lényegét *Andy Hendrickson* kutatási és fejlesztési igazgató. A nagyobb számítási teljesítmény több felhasználói beavatkozást tesz lehetővé. Ezt részletesen is elmagyarázza:

„Gyakran szembesültünk olyan helyzettel, amikor tudtuk, mit akarunk, azonban arra voltunk kényszerítve, hogy elképzeléseinket a szükséges számítási teljesítmény hiánya miatt megnyirbáljuk. A Linux használatával valószínűbbé tudjuk tenni a jeleneteket. Mi irányítjuk a hatásokat. Nem elég, ha rendelkezünk egy hiteles NOAA-modell szerinti felhővel, amikor a művészi csoport olyan utasításokkal irányít minket, hogy „legyen vattaszerűbb a felhő”, vagy a Viharzónában készített óceán esetén „legyen nagyobb a hullám”.

Az ILM vakmerő lépést tett, amikor éppen egy fontos alkotás közepén, a Csillagok háborúja II. részének munkálatai közben fogott neki a Linuxra való átállásnak. „Sokkal nehezebbnek gondoltuk a Linuxra való átállást, mint amilyen valójában volt” – mondja Hendrickson. „A Linux nagyon hasonlít arra, amivel korábban dolgoztunk. A bevezetést 2001 novemberére toltuk előre és a II. rész után fogjuk befejezni.” Az áttérés folyamata alatt az ILM támogatja a meglévő SGI IRIX-gépeit és a Linux PC-ket, hogy a seregnyi változtatás miatt a felhasználók túlterhelését elkerüljék.

Robert Weaver a II. rész műszaki igazgatója. Az asztalán bal oldalon egy Linux PC, jobb oldalán pedig egy SGI O2. található. Mivel a Linux asztala az SGI O2 mintájára lett beállítva, első pillantásra nem egyértelmű, hogy melyik képernyő melyik géphez tartozik, de azonnal nyilvánvalóvá válik, amikor Weaver megmutatja a sebességkülönbséget. „A régi rendszer annyira lassú, hogy a klónok lézerfegyvereinek lövedéke eldobott gerelyhez hasonlít. Körülbelül ötszörös sebességnövekedést tapasztalunk a linuxos rendszeren, amit nagyon tudunk értékelni. Elmondhatom, hogy a Linux az egyik legsikeresebb próbálkozásunk, nem tudom eléggé dicsérni. Könnyen elsajátítható és rendkívül üzembiztos. Leképezőnk átállása még nem történt meg, de a nyár folyamán ez is lezajlik. Csak emiatt használom még mindig az O2-t.”

Az ILM összes háromdimenziós szimulációja az Alias/Wavefront

Maya segítségével készül. „Maya-felhasználóink kilencven százaléka Linuxon dolgozik” – tájékoztat Weaver. „Hihetetlenül üzembiztosnak tűnik Linuxon. A Maya hónapok óta nem fagyott le a gépemem. Ezt értékelem ki – drótváz üzemmódot használva –, vagyishogy a megfelelő számú ciklus lett-e beiktatva.” A Maya képességeinek kiterjesztése céljából Weaver bővítményeket ír a programhoz. „A Maya a bővítmők írását elfogadhatóan egyszerűvé teszi. Az újabb tagokat a *shelf*-hez adom hozzá. A shelf a Maya tetején végighúzódo bővítményfülek halmaza. A Viharzóna *ocean* nevű bővítménye jó példa arra, ahogyan az ILM a hatásokat a Maya bővítményeinek segítségével megvalósítja.

„Szerkesztőprogramunk, a CompTime is Linuxra lett átültetve” – jegyzi meg Weaver. Az ILM a mozgókép szerkesztésére létrehozta saját, bővítményrendszerű szerkesztőjét ahelyett, hogy valamelyik kereskedelmi programcsomagot választotta volna. Weaver szintén ír ilyen szerkesztőbővítményeket.

„A szerkesztő bővítményeit Python nyelven írjuk”

– meséli. „Egy óriási Python-műhely vagyunk... és természetesen a MEL-ről sem szabad elfeledkezni.”

A MEL a Maya parancsnyelve.

Az ILM a műszaki vezetők számára a legmegfelelőbb munkaeszköznek a Mayát tartja, az animátorok pedig a SOFTIMAGE-t használják.

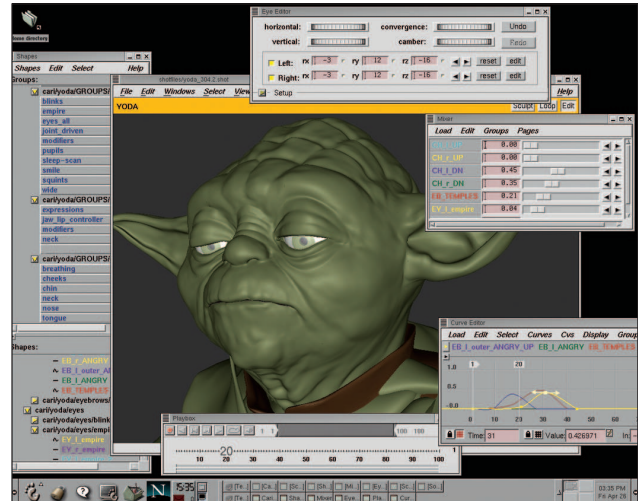
A SOFTIMAGE 3.8-as változatáról (ez IRIX alatt futott) Linuxra történő átállás az egész vállalatnál a nemrég már Linuxon is elérhető 4.0-s változatra való áttérést tette szükségessé.

A Csillagok háborúja első trilógiájának

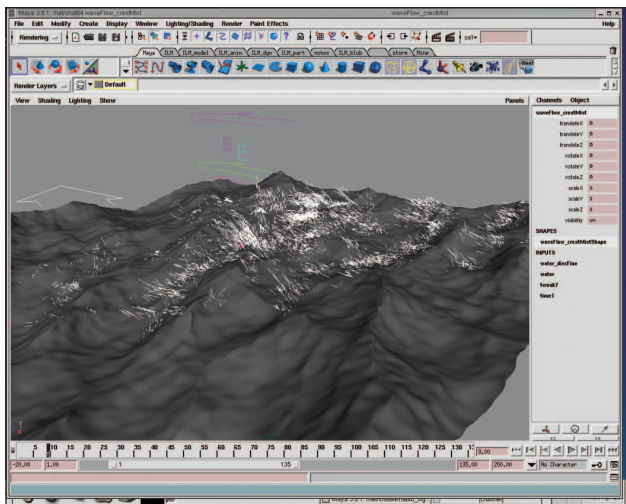




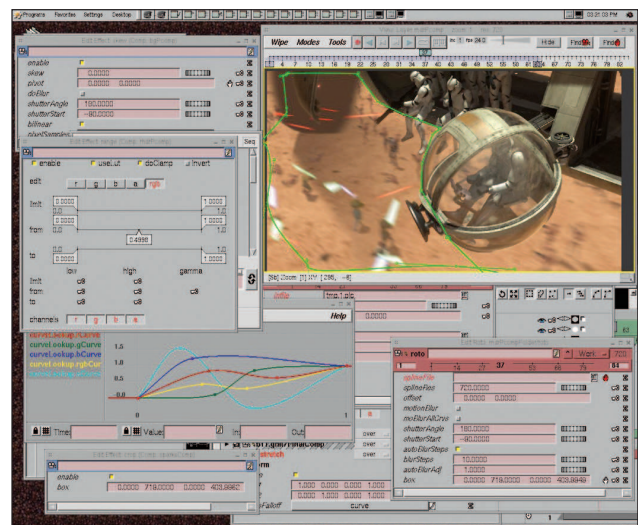
A modellezés vezetője, Geoff Campbell és az animáció vezetője, Rob Coleman Yoda animálásán dolgozik a Csillagok háborúja egyik jelenetében.



Yoda esetében az ILM a saját arcjátékprogramját használja, amely közvetlenül a SOFTIMAGE fájljait kezeli. Az ILM házon belüli fejlesztései között mind önálló programok (mint amilyen az arcjátékprogram vagy a CompTime), mind bővítmények (például a Maya vagy a SOFTIMAGE rendszerekhez) szerepelnek.



A Viharzóna óceánja számára az ILM egy olyan Maya-bővítményt készített, amellyel az egyes hullámok erőssége külön módosítható volt. Az ILM által fejlesztett program kulcsfontosságú tulajdonsága a felhasználói beavatkozás lehetősége.



A Csillagok háborúja egyik jelenetének szerkesztése az ILM saját, CompTime nevű szerkesztőcsomagjával. Az ILM saját szerkesztőt fejlesztett ki a kereskedelemben kapható Shake vagy RAYZ használatára helyett.

megalkotása óta az animációs program alkalmassá vált az arckifejezések széleskörű kezelésére. Az ILM megalkotta saját arcmozgató alkalmazását, amely nem bővítményként működik, hanem közvetlenül képes a SOFTIMAGE jelenetének olvasására. A digitális modellezés vezető szakértője, **Geoff Campbell** ezt a programot használta a II. részben felbukkanó arckifejezések megalkotásához.

„11 olyan izom van az arcon, amely kulcsszerepet játszik az arcjátékban” – magyarázza Campbell. „A SOFTIMAGE segítségével az arcon a kívánt mértékű nyújtást alkalmazhatom. Ha elégedett vagyok a kapott látvánnyal, az eredményt új formáknak mentem. Az asztalomon van egy tükröm és egy kamerám, amellyel a saját arckifejezéseimet sokszor vizsgálni. Minden szereplőbe saját magamból is adok valamit.” Campbell beszél még a szereplők játékának egyik fontos eleméről, a szemmozgásról, azokról a sokatmondó tekintetéről, amelyeket a színészek párbeszéd közben egymást közt váltanak. A II. részben Yoda még akkor is rendelkezik ilyen szemmozgással, amikor a szemei csukva vannak. „Linda Bell elemezte a szemek alvás közbeni mozgását, amikor a szem az alvás REM-szakaszában a csukott szemhéjak alatt is mozog.” „Azt akartam, hogy Yoda látványosabb legyen, mint maga a

bábfigura, hogy ajakmozgása jobban illeszkedjen a kimondott szavakhoz” – meséli Campbell. Érdekes dolog Yodával kapcsolatban, hogy George nem akarta, hogy túl messzire távolodjunk a bábfigura adta keretektől. Amikor Yoda a II. részben beszél – és meglehetősen sok szövege van –, a fonémákat igen leegyszerűsített formájában használja. Sok olyan forma, amit utánozni próbálunk, azok a bábformák, amiket **Frank Oz** valósított meg a kezét egy gumiban mozgatva. A későbbi, számítógépes grafikával előállított Yoda ugyanaz a szereplő, mint a korábbi részekben, csakhogy most sokkal pontosabb az ajakmozgása, amikor például „b” vagy „m” hangra görbíti az ajkait, mint amilyen a bábbal előállítható volt. Yoda hajának a mozgása a másik olyan vonás, amit az ILM arcjátékprogramjával állítottak elő.

(Folytatás a 35. oldalon)

© Kiskapu Kft. Minden jog fenntartva

Az ILM-ben ritkán látni olyan művészeket, akiket egy számítógép izgalomba hoz, az új linuxos munkaállomásokért – az egyprocesszoros Pentium IV-es, nVidia Quadra 2 Pro grafikus kártyával szerelt gépekért – mégis harc folyt. „Hol van a linuxos gépem?” – lehetett hallani mindenfelől. A gyártás műszaki igazgatója, *Ken Bayer* mesél erről: Több mint 350 linuxos gépet helyeztünk üzembe a II. rész készítésének folyamán. Először az animátorok és modellezők jutottak hozzá, majd a szerkesztők. Az első csoport lapos monitorokat kapott az asztalukon lévő hely szűkossége miatt. Red Hat 7.1 alatt volt egy kis gond a beállításukkal. Utolsóként a műszaki igazgatók számára biztosították az új munkaállomásokat. Borítékolták, hogy mire lenne szükségük. Az egyik kérdés az volt, hogy milyen gyorsan tudjuk a számukra szükséges programokat átültetni. „Az üzem igen jelentős részén Linuxra váltottunk: asztali gépeink felén, 2000 processzoros leképezőtelepünknek pedig mintegy harminc százalékán most ez az operációs rendszer fut” – tájékoztat *Andy Hendrickson*, a kutatási és fejlesztési igazgató. „Rendelkezünk még hétszázegynéhány O2-es géppel, ezek cseréje azonban nem lenne kifizetődő” – teszi hozzá *Bayer*. Az SGI elismert név a csúscategóriás munkaállomások és kiszolgálók piacán, ám lemaradt a PC-vel való versengésben. Úgy tűnik, az SGI a szórakoztató elektronikai piacról egyre inkább a katonai piacra húzódik vissza. „Leképezőtelepünk toymai a Halálcsillag jelvényét viselik magukon” – emeli ki *Bayer*. Ezek a tornyok egységnyi magas, kétprocesszoros, szekrénybe szerelhető gépekből állnak, melyek olcsó 100Base-TX kártyákon keresztül kapcsolódnak egymáshoz. Ezek 1RU, 2-CPU Pentium IV-es egységek. Ha egy egység felmondja a szolgálatot, kevesebb a veszteség, ugyanis csak két processzor esik ki, szemben az SGI-rendszerek négy vagy nyolc processzorával. A II. rész számára az elérhető teljesítményt meg kellett kétszerezniük, ami 512 processzort jelent. Az energiaellátásnál kettős 225 kVA teljesítményű szünetmentes tápegységeket alkalmazunk, valamint három váltóáramú rendszerrel rendelkezünk, amelyeket felváltva használunk. *San Rafael* környékén gyakori az áramkimaradás. A szünetmentes tápok 15 percig bírják, ezután dízelgenerátorra állunk át. Egy nem várt hiba is

Az ILM számítógépei

felütötte a fejét: az összes PC-ventilátort le kellett cserélnünk, mivel mindegyik hibás volt. *Mike Kierman*, az R&D rendszermenedzsere néhány Linuxszal kapcsolatos gondról számol be: „Néha, amikor reggel megérkezem, a Linux-telep mintegy negyede le van fagyva. Szerencsére ez nem túl gyakran fordul elő. A hiba hátterében valószínűleg a 2.4-es rendszermag VM-gondjai állnak. A rendszerem legutóbbi fejlesztései talán kiküszöbölik a jelenséget. A fejlemények mindenestre biztatóak. Az NFS-kiszolgálókat egyelőre nem akarjuk Linuxszal felváltani. Szeretném, ha helyettesíteni tudnánk az NFS-t, azonban egyik dokumentumkezelő rendszer sem elég rugalmas ehhez, vagy amelyik igen, annak igen magasak a beillesztési költségei. Ha az AFS minden általunk támogatandó rendszerre megjelenteti a hozzá való változatot, talán fontolóra vesszük a dolgot.” Az ILM jól elboldogul a sokféle operációs rendszerrel, 1400 alkalmazottjuk ezek széles kínálatát használja. A művészeti osztály Macintoshokat használ OS X-re átírt programokkal. *Hendrickson* az OS X-ben egy lehetséges megoldást lát. „Ami vonz minket, az a BSD-szerű Darwin-mag és a hálózatkézelés.” Az ILM csak néhány windowsos géppel rendelkezik, beszámítva az üzleti oldalon használt számítógépeket is. „Számunkra semmi előnye nem lenne a Windowsra való átállásnak” – mondja *Hendrickson*. „Unixos műhely vagyunk, és talán mindig is az leszünk.” *Phil Peterson* az R&D főmérnöke arról tájékoztat minket, hogy az ILM a Red Hat rendszercsomagot választotta, mert könnyebbnek tűnt népszerű rendszerrel dolgozni. „Az ILM-nél a 2.4.9-es rendszermagot telepítettük, a 2.4.17 és 2.4.18 pedig kipróbálás alatt áll. Rendszermagjaink beállításai – a megosztott memória mérete, a fájlleírók száma, az alapértelmezett vereméret – nincs semmi rendkívüli. Az Open Motif 2.1 szép munkát végez az IRIX-szerű kinézet létrehozásában és kezelésében, így az ILM meg sem próbálta a LessTifet. Az ILM munkaállomásai a Gnome és a KDE korlátozott telepítéseit is tartalmazzák. Nem tettünk különösebb erőfeszítéseket a gépek lecsupaszítására: egyszerűen a teljes telepítésből elhagytuk azokat a részeket, amelyeket nem használunk. Egyszerűen



kezeljük a kérdést.”

Az ILM Linux-munkaállomásainak szokatlan vonása a MESA könyvtáraknak az SGI nyílt forrású OpenGL megvalósításával történő helyettesítése. „Összehasonlítottuk a MESA- és az SGI-változatot olyan nézőpontból, mint például a libGLU” – magyarázza *Peterson*. Más stúdiók nem tapasztalták a legnagyobb üzembiztonságot a Maya nVidia meghajtóprogramokkal történő linuxos futtatásakor. Úgy tűnik, ez a MESA-ra és nem a Mayára, az nVidiára vagy a Linuxra vezethető vissza, mint azt korábban gondolták. Az ILM a MESA-könyvtárakat az nVidia-magos OpenGL és az SGI nyílt forrású mintaprogramjainak együttesére cserélte le.

„A leírásokban általában nem találunk megoldást a felmerülő nehézségekre” – jegyzi meg *Peterson*. „Nincs terméktámogatás, amit segítségül hívhatnánk. Kijavítjuk a hibákat és kibővítjük az eszközöket. Ez a fenntartás egy új szintjét vezeti be. A digitáláshoz nyílt forrású meghajtóprogramokat kellett használnunk. A monitorok beállítása folyamatos munkát ad. Mégis könnyű az út, amin elindultunk. Művészeink műszakilag felkészültek, és jól tűrik a nehézségeket. A világ legjobb tesztelővel biztosított a gyors visszajelzés.”

Hendrickson egyetért azzal, hogy a Linux támogatása gondot jelenthet. „Ahogy a Linuxot alkalmazni kezdtük, éreztük, hogy egyetlen cég sincs, amelyik fogná a kezünket. Az IBM és a HP ezen a téren egyelőre nem játszik szerepet. A Linux előtt azonban erre semmilyen befolyásunk nem volt, sőt másnak sem. Most a saját Linux-közelgi gondjainkkal kell megküzdenünk.”

Elképzelhető, hogy a Linux túl gyors lenne? „A Linux sebessége miatt – 15 éves pályafutásom alatt először – a túlzott megerőltetés jeleit kezdtem érezni magamon” – meséli *Robert Weaver*, a műszaki igazgató. „Rendszerint az ember dolgoztatja a gépet, de a Linux olyan gyors, hogy képes túlhasználni az embert.” *Weavernek* figyelnie kellett arra, hogy munkaszüneteket iktasson be, mert a Linuxszal a munkát többé nem kell a gépre való várakozás miatt felfüggeszteni.

Mivel a hajszálak egyenkénti kezelése meglehetősen nehézkes lett volna, olyan irányító hajszálak vannak, amik befolyásolják a körülöttük lévő hajszálak viselkedését. Yoda frizurájának interaktív megalkotásánál a sebesség fontos tényező volt.

Az ILM arcjátékprogramját az SGI O2-es gépeken futtatva minden egyes változtatás után másodpercekig tart a kép újrarajzolása, és ez a késés igen nehézkessé teszi a munkát. „A Linuxszal nagyfelbontású képeket is valós időben kezelhetünk, ami SGI-rendszereken nem volt megvalósítható” – mondja Campbell. Az ILM kis számban most is készít fizikai modelleket, de főleg hátterek számára, vagy olyan szerves kinézetű dolgok szemléltetésére, amelyek számítógéppel körülményesebben valósíthatók meg. Bár az ILM nagy számban többé nem gyárt űrhajómodelleket, számítógép vezérelte mozgással ellátott kameráik folyamatosan dolgoznak a hátterek előtt.

Az R&D főmérnöke, **Phil Peterson** az ILM Linuxra történő átállását nyolcvan százalékosra becsüli. „Egy három főből álló csoport több mint egymillió sornyi kódot ültetett át Linuxra” – meséli. „Az átállítás legnagyobb kihívását a fordítóprogram és az egyéb eszközök jelentették” – mondja Peterson. „Az újabb C++ kód meglehetősen STL-függő.” A Red Hat-csomag részét képező gcc 2.96 fordító nem támogatja az STL-t (Standard Template Library, azaz szabványos mintakönyvtár), így helyette az ILM a 3.01-es változatot használja. A többfelületes fordítókörnyezet a Python és a GNU make segítségével került testreszabásra.

Az ILM-nek néhány olyan CPU-eltéréshez is hozzá kellett igazítania a rendszert, mint a lebegőpontos ábrázolás megvalósítása és a számbábrázolás pontossága. „Előfordult, hogy az assemblyt kézzel módosítottuk, hogy a legnagyobb teljesítményt tudjuk kihozni a Linuxból” – meséli Peterson. Az egyik gond a Linuxban a memóriaelérés számláknál követése, amely a számlák azonosítóit az IRIX-től eltérően kezeli. Egy másik kellemetlenség, hogy a lebegőpontos kivétel nem válthat ki C++-megszakítást (a lebegőpontos kivétel aszinkron volta miatt).

A Motif-alkalmazások beépítéséhez az ILM-nek néhány gondon a céleszközök különbözőségével kellett felülemelkednie. „Korábban főleg a Motifot használtuk, legutóbbi alkalmazásainkban viszont az FLTK-ra tértünk át” – tájékoztat Peterson. Az ILM SGI-alapú programjainak a kinézetéhez igazította a linuxos változatokat is – beleértve a betűtípusokat és színeket. Az ILM projektjének 80–90 könyvtárat kellett egyesítenie. A hanghoz az OSS-t használják, Peterson szerint azonban lehet, hogy az ALSA-ra váltanak. Az SGI a *dMedia* könyvtárat biztosítja, Linuxon azonban a hiányzó szolgáltatások pótlására néhány saját könyvtárat is el kellett készíteni. A mozifilmek visszajátszásához, amelyhez 2 k×1 k sávszélesség szükséges – vagyis több mint 27-szer akkora, mint egy átlagos 320×240-es PC-videóhoz –, az ILM elkészítette saját QuickTime-megfelelő könyvtárat, amelyet a flipbook-lejátszóban használnak.

„A Linuxszal kapcsolatban mindenki a sebességnövekedést emeli ki” – mondja Hendrickson. Elmondása szerint a sebességnövekedés nemcsak húsz vagy harminc százalékos, hanem ötszörös. Hihetetlen számítási igény merül fel a munka során, s ez a tulajdonképpeni korlátozó tényező – ha az alkotónak több közelítő számításra nyílik lehetősége, az eredmény sokkal jobb lesz. Rengeteg Jedi-lovagot és palástot kell modellezni, ami a gépek megfelelő sebessége nélkül nem volna lehetséges. Korábban a közelítéseket kézzel kellett kezelniük. A II. részben a szereplők élő és számítógépes grafika által megjelenített képei között az átmenetek illesztése digitálisan hajtódik végre

a szereplők élő és a számítógépes grafika által megjelenített képei között. „A színészek esetében gumiprotézisek helyett számítógépes grafikát használunk. Több szimulációt és merevtest-dinamikát alkalmazunk. Ahogy a fénykard felvágja és szétrepíti a droidokat, a keletkező darabok teljesen valóság-hűen szállnak minden irányba.”

George Lucas, aki az eredeti Csillagok háborújában négyszáz felvételsorozatot használt, a II. részben már kétezret. Ennek megvalósításához három látványigazgatóra volt szükség, mintha három film készült volna. „Már várom, hogy mi mindegyre leszünk képesek a II. rész után” – mondja Hendrickson.

És ez a Linuxnak is köszönhető.

Linux Journal 2002. július, 99. szám



Robin Rowe

a MovieEditor.com internetes és televíziós videoalkalmazásokat készítő cég egyik partnere. Írásai a Dr. Dobb's Journalban, a C++ Reportban, a C/C++ Users Journalban, a Data Based Advisorban jelentek meg és számos tanácskozás anyagában megtalálhatók. A Robin által készített programok sorában található többek közt az a kiszolgálóalapú videoszerkesztő rendszer, amit a Manhattan 24 órás televíziós hírcsatorna, a Time Warner New York One, illetve a kapcsolódó honlap <http://www.ny1.com/> is használ. Elérhető a robin.rowe@movieeditor.com címen.

Kapcsolódó címek

- AFS ➔ <http://oss.software.ibm.com/developerworks/opensource/afs>
- ALSA ➔ <http://www.alsa-project.org>
- Compaq Tru64 ➔ <http://www.tru64unix.compaq.com>
- FLTK ➔ <http://www.fltk.org>
- Foundry Networks ➔ <http://www.foundrynet.com>
- ILM ➔ <http://www.ilm.com>
- Lucasfilm ➔ <http://www.lucasfilm.com>
- Maya ➔ <http://www.aliaswavefront.com>
- MESA ➔ <http://mesa3d.sourceforge.net>
- NFS ➔ <http://nfs.sourceforge.net>
- NOAA ➔ <http://www.noaa.gov>
- nVidia ➔ <http://www.nvidia.com>
- openMOSIX ➔ <http://openmosix.sourceforge.net>
- Open Motif ➔ <http://www.opengroup.org/openmotif>
- OSS ➔ <http://www.opensound.com>
- Viharzóna ➔ <http://perfectstorm.warnerbros.com>
- POV-Ray ➔ <http://www.povray.org>
- Python ➔ <http://www.python.org>
- SGI OpenGL ➔ <http://oss.sgi.com/projects/ogl-sample>
- SOFTIMAGE ➔ <http://www.softimage.com>
- Csillagok háborúja ➔ <http://www.starwars.com>
- STL ➔ <http://www.sgi.com/tech/stl>