# *Párhuzamos és Grid rendszerek (3. ea)*

## *cluster rendszerek, hosszútávú ütemezők*

Szeberényi Imre
BME IIT

<szebi@iit.bme.hu>

MŰEGYETEM 1782

# *Hol tartunk ?*

- Megismerkedtünk az alapfogalmakkal, architektúrákkal.
- Egyszerű absztrakciós modellt alkottunk a párhuzamos gépek leírására.
- Megismertük a párhuzamos programok tervezésének egy módszerét (PCAM).

# *Klaszter*

- Párhuzamos rendszerek fejlődésének egyik fontos állomása, amit ma több gyártó ismét elővett.
  - közös állományrendszer
  - laza → szoros csatolás
  - batch feldolgozás
  - hosszútávú ütemezés

# *Klaszterek története*

- Kezdetek: szg. hálózatok megjelenése – 60-as évek vége 70-es évek eleje.
- Igazi fejlődés a 70-es évek vége, 80-as évek eleje. (DEC, VAXcluster)
  - elosztott, párhuzamos számítás
  - megosztott fájlrendszer
  - megosztott perifériák

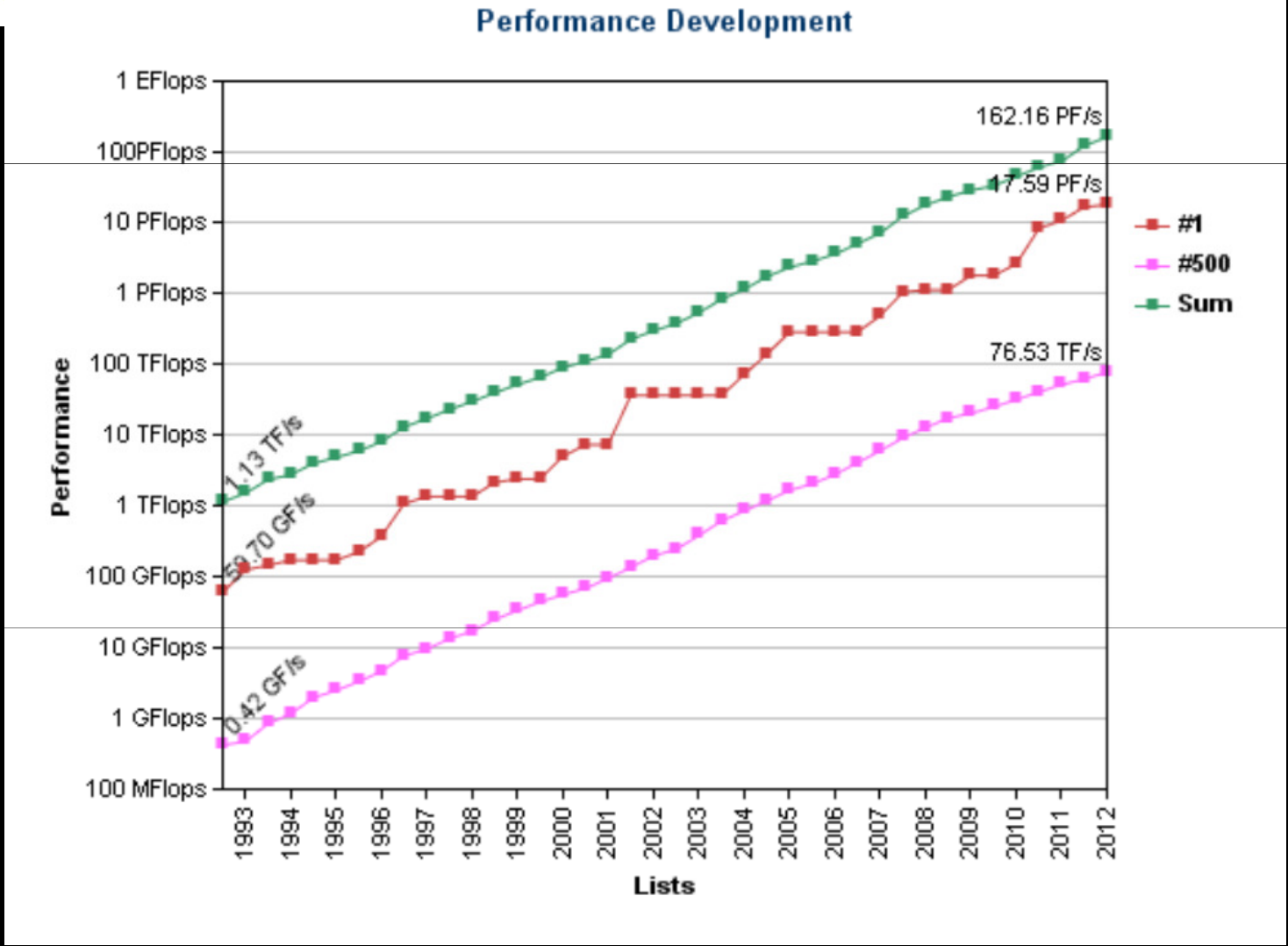
# *Klaszterek ma*

- Nagy rendelkezésre állást biztosító klaszter
- Terheléskiegyenlítő klaszter
- Számítási klaszter
  - házi: beowulf
  - gyártóktól: TOP500
- Grid klaszter
  - grid site-ok
- Elosztott + redundáns adattárolás, big data
  - Hadoop

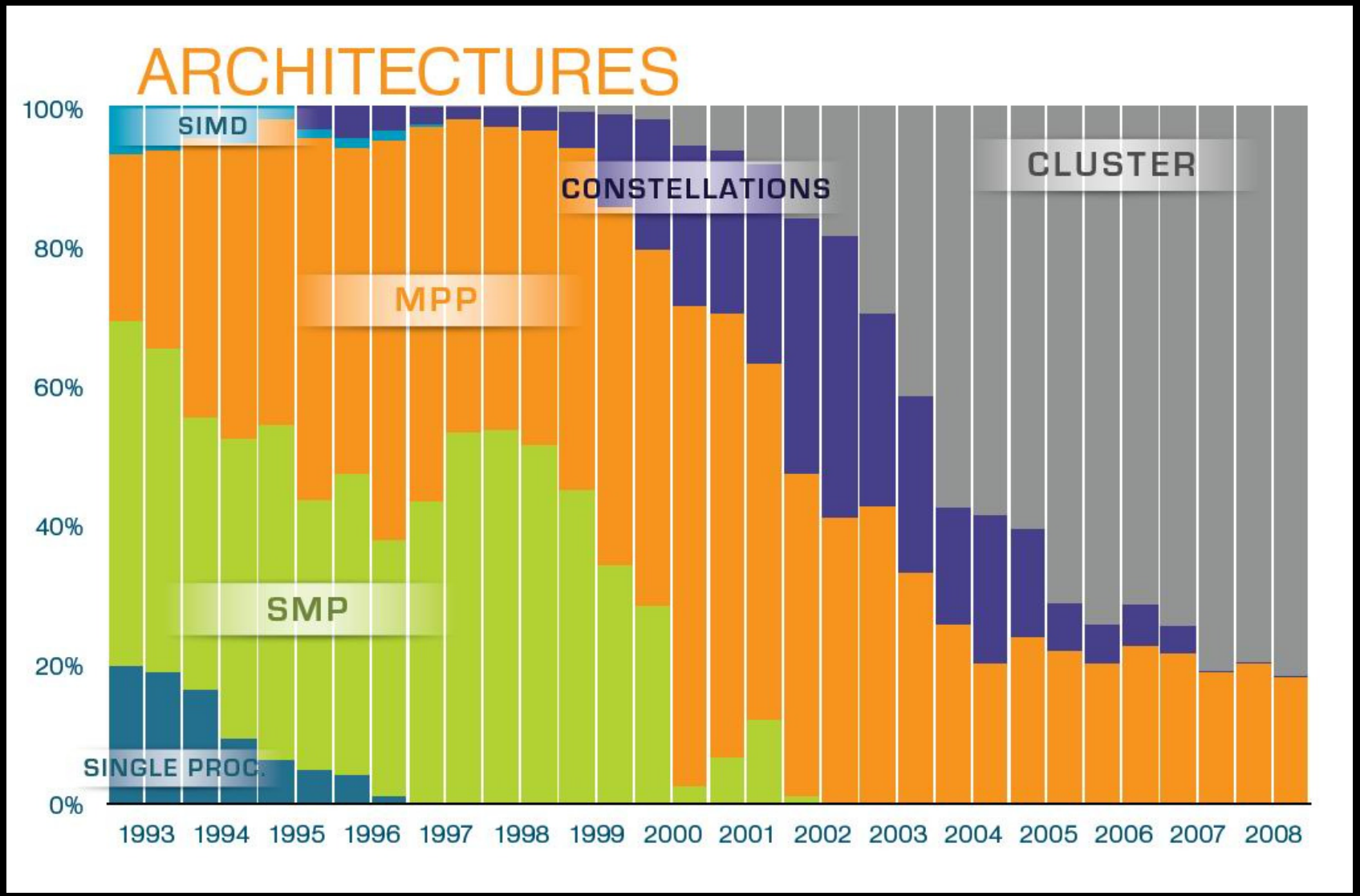
# *TOP 500 2012 november*

| Rank | Site | System | Cores | Rmax (TFlop/s) | Rpeak (TFlop/s) | Power (kW) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | DOE/SC/Oak Ridge National Laboratory United States | **Titan** - Cray XK7 , Opteron 6274 16C 2.200GHz, Cray Gemini interconnect, NVIDIA K20x Cray Inc. | 560640 | 17590.0 | 27112.5 | 8209 |
| 2 | DOE/NNSA/LLNL United States | **Sequoia** - BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.60 GHz, Custom IBM | 1572864 | 16324.8 | 20132.7 | 7890 |
| 3 | RIKEN Advanced Institute for Computational Science (AICS) Japan | K computer, SPARC64 VIIIfx 2.0GHz, Tofu interconnect Fujitsu | 705024 | 10510.0 | 11280.4 | 12660 |
| 4 | DOE/SC/Argonne National Laboratory United States | **Mira** - BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.60GHz, Custom IBM | 786432 | 8162.4 | 10066.3 | 3945 |
| 5 | Forschungszentrum Juelich (FZJ) Germany | **JUQUEEN** - BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.600GHz, Custom Interconnect IBM | 393216 | 4141.2 | 5033.2 | 1970 |
| 6 | Leibniz Rechenzentrum Germany | **SuperMUC** - iDataPlex DX360M4, Xeon E5-2680 8C 2.70GHz, Infiniband FDR IBM | 147456 | 2897.0 | 3185.1 | 3423 |

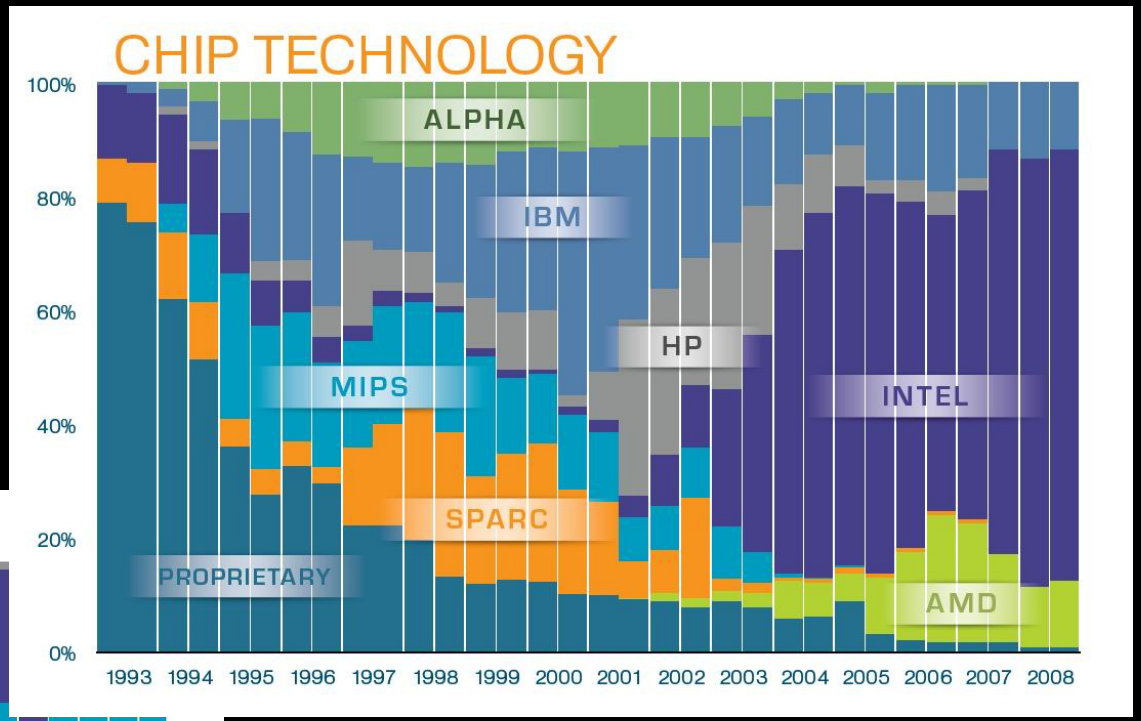
Csak 5.
az első európai
A 8. pedig kínai

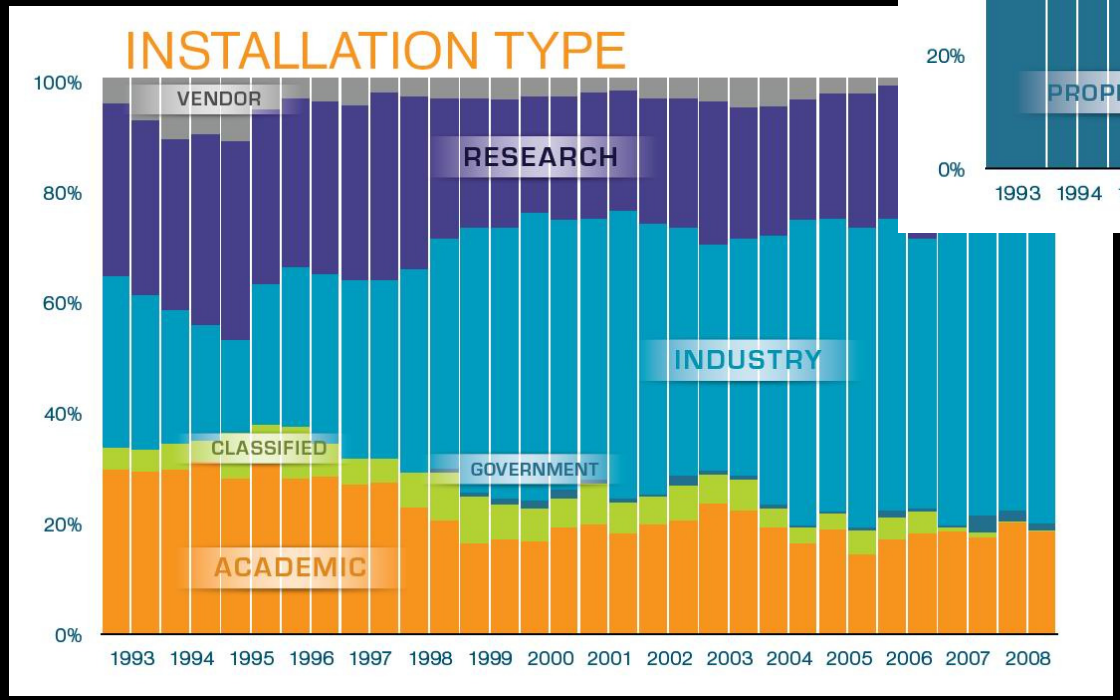

Performance Development
1 EFlops
100PFlops
10 PFlops
1 PFlops
100 TFlops
10 TFlops
1 TFlops
100 GFlops
10 GFlops
1 GFlops
100 MFlops
Performance
162.16 PF/s
17.59 PF/s
76.53 TF/s
1.13 TF/s
59.70 GF/s
0.42 GF/s
#1
#500
Sum
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
Lists

# *Architektúra alakulása*




http://www.top500.org/
TOP500
NOVEMBER 2008


CHIP TECHNOLOGY
100%
80%
60%
40%
20%
0%
ALPHA
IBM
HP
MIPS
INTEL
SPARC
PROPRIETARY
AMD
1993 1994 1995 1996 1997 1998 1999 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008


INSTALLATION TYPE
100%
80%
60%
40%
20%
0%
VENDOR
RESEARCH
INDUSTRY
CLASSIFIED
GOVERNMENT
ACADEMIC
1993 1994 1995 1996 1997 1998 1999 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008

TOP500 NOVEMBER 2008 http://www.top500.org/

| Operating system Family | Count | Share % | Rmax Sum (GF) | Rpeak Sum (GF) | Processor Sum |
|---|---|---|---|---|---|
| Linux | 439 | 87.80 % | 13309834 | 20775171 | 2099535 |
| Windows | 5 | 1.00 % | 328114 | 429555 | 54144 |
| Unix | 23 | 4.60 % | 881289 | 1198012 | 85376 |
| BSD Based | 1 | 0.20 % | 35860 | 40960 | 5120 |
| Mixed | 31 | 6.20 % | 2356048 | 2933610 | 869676 |
| Mac OS | 1 | 0.20 % | 16180 | 24576 | 3072 |
| | **500** | **100%** | **16927325.79** | **25401883.80** | **3116923** |

| Interconnect Family | Count | Share % | Rmax Sum (GF) | Rpeak Sum (GF) | Processor Sum |
|---|---|---|---|---|---|
| Myrinet | 10 | 2.00 % | 350290 | 488934 | 56576 |
| Quadrics | 4 | 0.80 % | 122220 | 147507 | 21040 |
| Gigabit Ethernet | 282 | 56.40 % | 4948233 | 9795163 | 941748 |
| Infiniband | 141 | 28.20 % | 6549813 | 8721697 | 841730 |
| Crossbar | 1 | 0.20 % | 35860 | 40960 | 5120 |
| Mixed | 1 | 0.20 % | 66567 | 82944 | 13824 |
| NUMAlink | 3 | 0.60 % | 122554 | 137625 | 21504 |
| SP Switch | 10 | 2.00 % | 229541 | 273754 | 34208 |
| Proprietary | 42 | 8.40 % | 4143049 | 5243830 | 1108169 |
| Cray Interconnect | 6 | 1.20 % | 359197 | 469470 | 73004 |
| **Totals** | **500** | **100%** | **16927325.79** | **25401883.80** | **3116923** |

# *TOP 500 2012 november*

- 84.4% legalább 6 magos, 46% pedig legalább 8 magos
- 100. helyen 243.9 Tflop/s az 500. helyen 76.5 Tflop/s
- 75.8% INTEL
- 12% AMD Opteron
- 10% IBM Power
- IBM 193 ←→ HP: 146  Cray: 31

# *TOP 500 2012 november*

- 45% InfiniBand (2x nagyobb telj. adnak)
- 37% Gigabit Ethernet
- Power eff.: 2450Mflops/watt- 90Mflops/watt
- Kínában 72 rendszer,  Japánban 31
- Angliában, Franciaországban, Németországban közel azonos: 24, 21, 19
- Linux: 469, UNIX: 20, Windows: 3

# *Összeköttetések*

- Myrinet
  - 10G, réz v. üveg
- Gigabit Ethertnet
  - 1G, réz v. üveg
- Infiniband
  - 10-300 Gbit/s, réz
- NUMAlink
  - 7.5G, réz

# *Fájlrendszerek*

- NFS (NFS 1,2,3,4) (1985, Sun)
  - V4-et kivéve állapotmentes
- AFS (CMU)
  - Kerberos,
  - nagy cache, nagy cellaszám
  - jól skálázható
- SFS (Lustre, Sun)
  - objektum orientált
  - jól skálázható

# *Ütemezők*

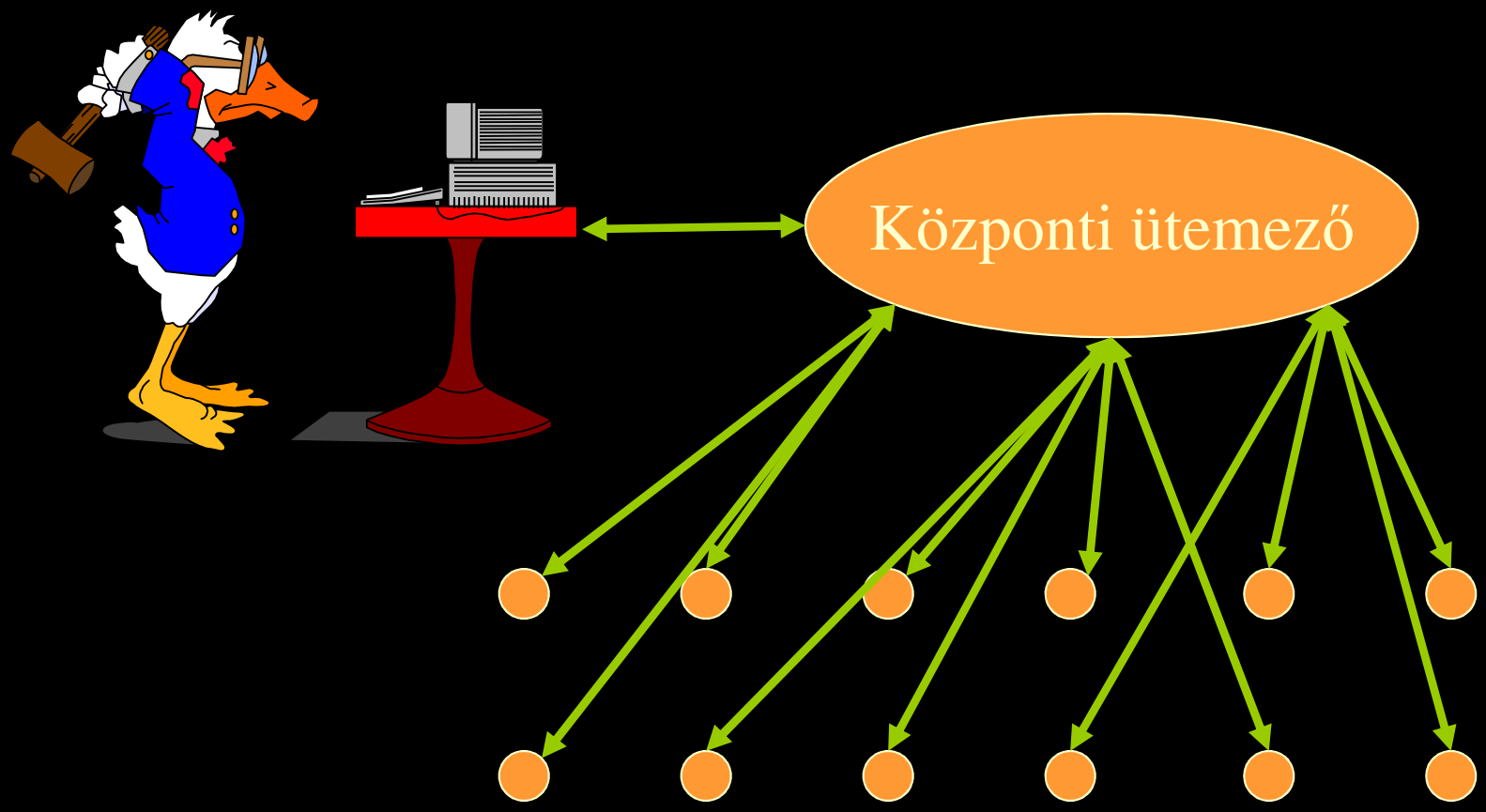
- Condor (Uni. of Wisconsin)
- DQS (Florida State Uni)
- LoadLeveler (IBM)
- Maui, Moab (Cluster Resources)
- LSF (Platform)
- PBS, OpenPBS (Alatair)
- Sun Grid Engne (SUN)
- Torque (Cluster Resources)

# *A Condor rendszer jellemzői*

Speciális ütemező (batch) rendszer

- Elosztott, heterogén rendszerben működik.
- Alapvetően a szabad CPU ciklusok kihasználására tervezték.
- Képes egy működő feladatot áthelyezni az egyik gépről a másikra (migráció).
- Az ún. ClassAds mechanizmussal képes a rendszerben levő változó erőforrásokat az igényeknek megfelelően elosztani.
- Opportunista környezet.

# *Condor pool*



# *ClassAds lényege*

- A rendszerben levő erőforrások különböző jellemzőkkel (teljesítmény, architektúra, op. rendszer, stb.) rendelkeznek.
- A job összeállításánál ezekre a jellemzőkre igényeket lehet előírni, amit a Condor rendszer megpróbál kielégíteni. (Párosítja az igényt az erőforrással)
- A job összeállításánál lehetőség van preferenciák megadására, ami alapján a Condor rangsorolni fog és kiválasztja az igénynek leginkább megfelelő gépet.

# *ClassAds lényege (2)*

- Így nincs szükség a batch rendszerekben megszokott sorokra. (Úgyis a rosszat választanánk)

# *Követelmény és rangsor*

- Követelmény:

  Requirements = Arch=="SUN4u”

Pontosan kell illeszkednie.

- Rangsor:

  Rank = Memory + Mips

Ha választhat, akkor a nagyobbat fogja választani

# *A dolgok két oldala (1)*

A kifejezések a két hirdetés adatterében értékelődnek ki (adA, adB).

**Felhasználó (igénylő) oldala:**

Requirements = Arch == "INTEL" &&
OpSys == "LINUX"
Rank = TARGET.Memory * 10 +
TARGET.Disk + Mips

# *A dolgok két oldala (2)*

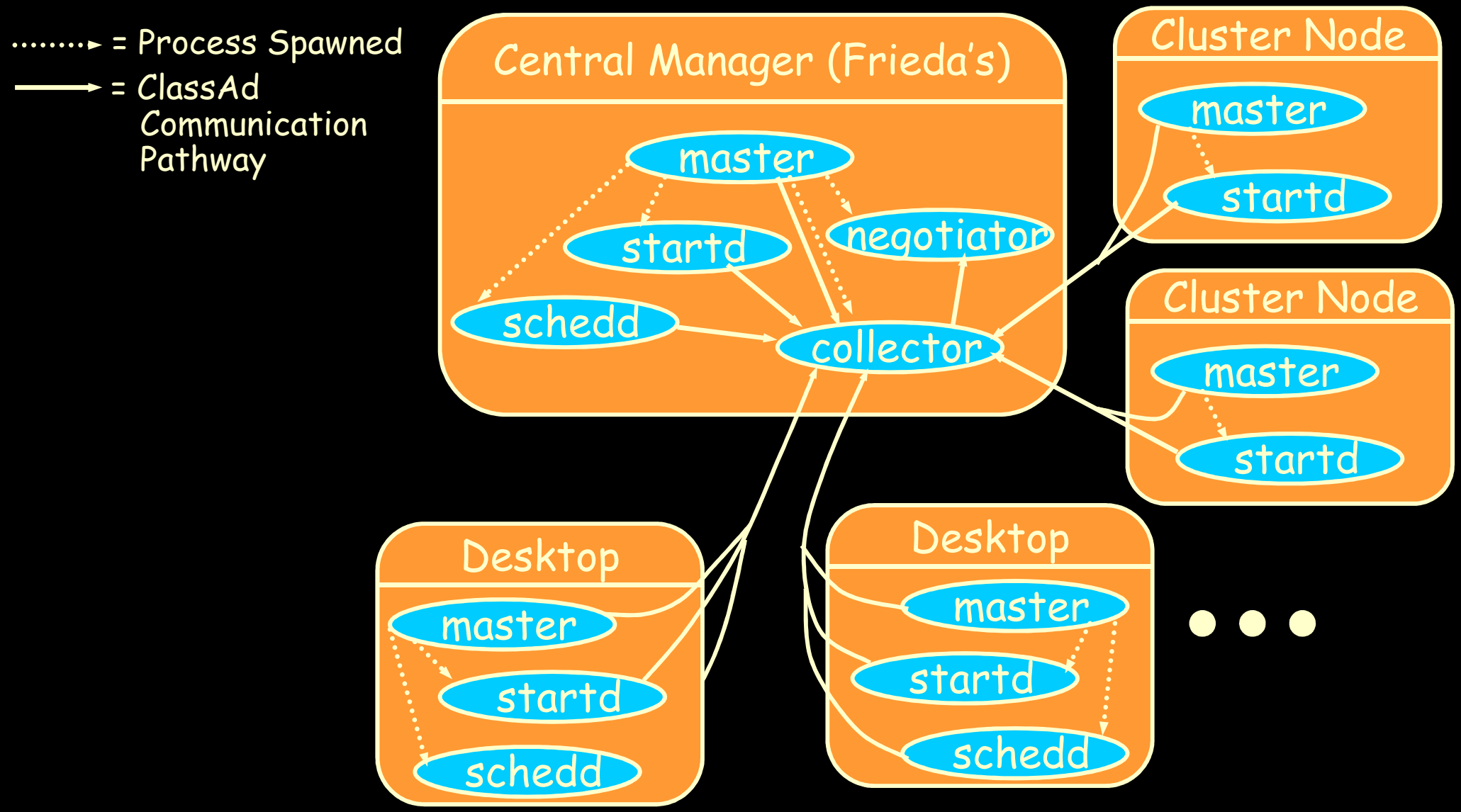
**Erőforrás oldal:**

```
Friend  = Owner == "haver"
Trusted = Owner != "judas"
Mygroup = Owner == "zoli" || Owner == "jani"
Requirements  = Trusted && (Mygroup ||
      LoadAvg < 0.5 && KeyboardIdle > 10*60)
Rank = Friend + MyGroup*10
```

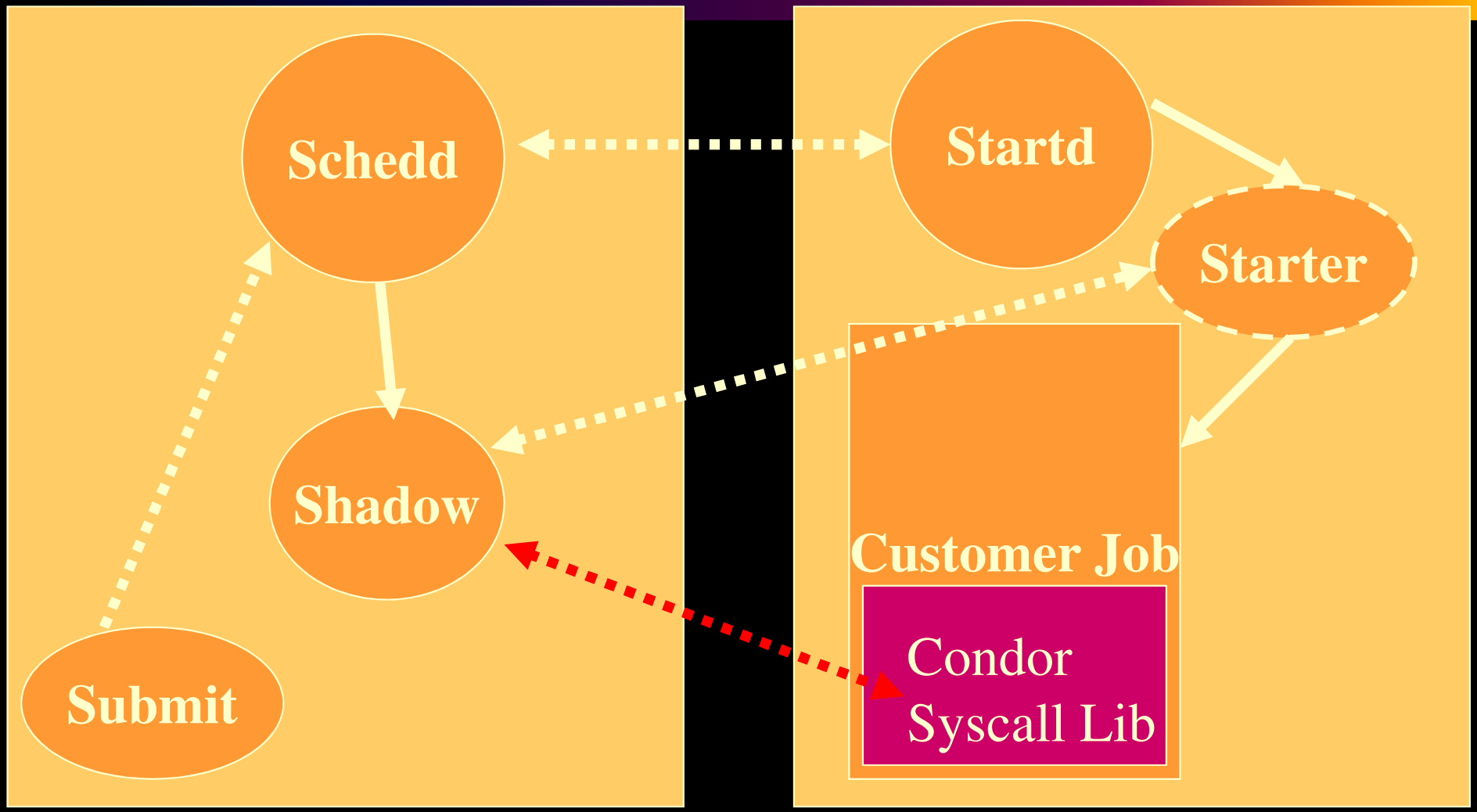
# *Feladatkörök*

- Central Manager
- Execute Machine
- Submit Machine
- Checkpoint Server

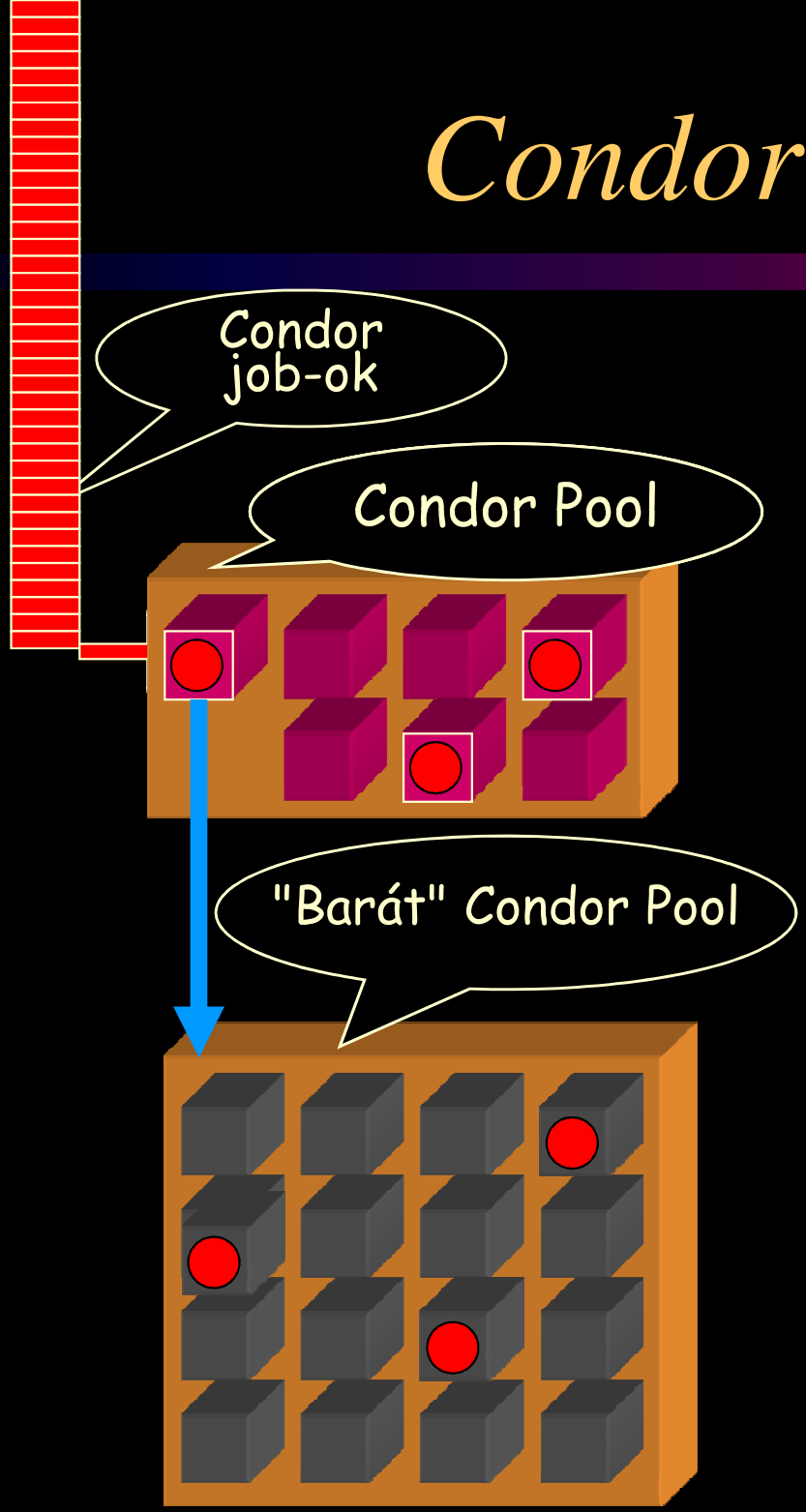
# Condor Pool


= Process Spawned
= ClassAd Communication Pathway
Central Manager (Frieda's)
master
startd
negotiator
schedd
collector
Cluster Node
master
startd
Cluster Node
master
startd
Desktop
master
startd
schedd
Desktop
master
startd
schedd

# *Job indítás*


Schedd
Startd
Starter
Shadow
Customer Job
Condor
Syscall Lib
Submit

# *Condor flock*




F

# *Milyen feladatok lehetnek ?*

- Elsősorban hosszú futási idejű, számításigényes feladatok.
- Különböző univerzumok léteznek
  - Standard
  - Vanilla
  - MPI
  - Grid
  - Java
  - Scheduler
  - Local
  - Parallel
  - VM

# *Standard univerzum*

- checkpointing, automatikus migráció
- meglevő programot újra kell fordítani, esetleg csak linkelni
- az alkalmazás nem használhat bizonyos rendszerhívásokat: pl. fork, socket, alarm, mmap
- („elkapja” a file műveleteket)

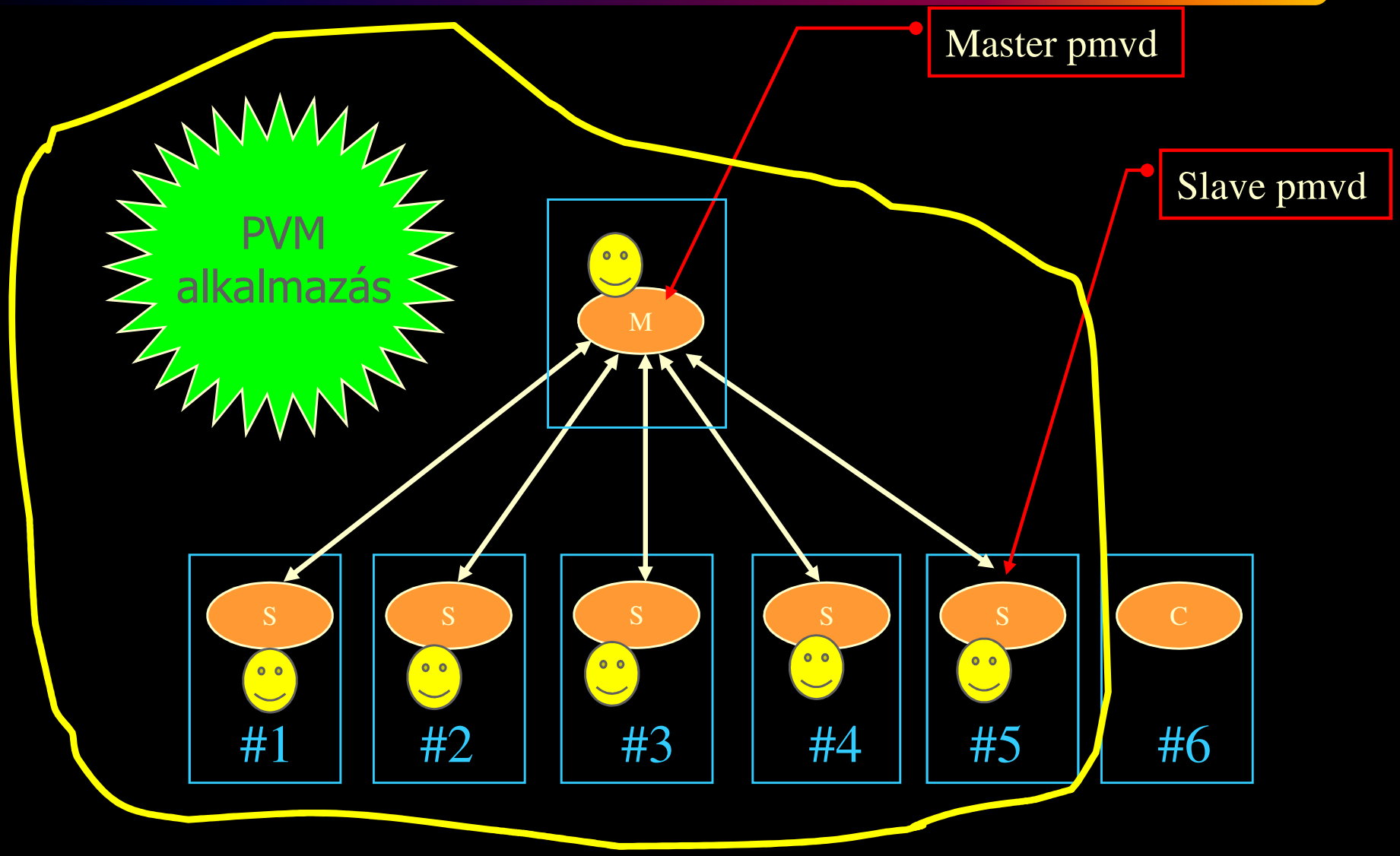
# *Vanilla univerzum*

- nincs checkpointing, nincs migráció
- meglevő futtatható kódot nem kell vátoztatni
- nincs korlátozás a rendszerhívásokkal szemben.
- NFS, vagy AFS kell !!!!

# *PVM univerzum*

- ~~MW jellegű PVM programok környezete~~
- ~~Binárisan kompatibilis~~
- ~~PVM 3.4.2 + taszk kezeléshez kieg.~~
- ~~Dinamikus VM kialakítás.~~
- ~~Heterogén környezet támogatása~~
- ~~Egy user csak egy példányban futathat deamont~~

# *Condor felépíti a virtuális gépet*



# *MPI univerzum*

- MPICH változtatás nélkül.
- Bináris kompatibilitás
- Csak ch_p4 device
- Dinamikusan nem változhat
- Nem állhat meg.
- NFS vagy AFS kell.

# *Futtatás lépései*

- A job összeállítása
- Job bejelentése a Condor-nak
- Job-ot a Condor futtatja az általa kiválasztott gép(eken), szükség esetén átmozgatja egy másik gépre.
- Job befejeződik, a Condor e-mail-t küld a felhasználónak.

# *Egy egyszerű jobleíró*

```
universe = vanilla
executable = mathematica
input = in$(Process).dat
output = out$(Process).dat
queue 50
```

# *Egy másik jobleíró*

```
universe = vanilla
executable = /bin/hostname
output = hostname.out.$(Process)
error  = hostname.err.$(Process)
log    = hostname.log
queue 3
```

# *Sun Grid Engine (SGE)*

- A Condor-hoz hasonló ütemező.
- Queue-kat definiál.
- Hangsúlyos a terhelés kiegyensúlyozása.
- Backup master ütemező.
- Check-point.
- Migrálási lehetőség.
- Négy szerepkör:
  - master, submit, exec, admin,

# SGE komponensei