

Í N D E X

1 Introducció	pàgina 5
1.1 <i>Objectiu del projecte</i>	pàgina 5
1.2 <i>Motivacions</i>	pàgina 5
1.3 <i>Què és un clúster?</i>	pàgina 5
2 Components d'un clúster	pàgina 6
2.1 <i>Nodes</i>	pàgina 6
2.2 <i>Sistema Operatiu (S.O.)</i>	pàgina 6
2.3 <i>Connexions de Xarxa</i>	pàgina 6
2.4 <i>Middleware</i>	pàgina 7
2.4.1 <i>Clústers no transparents</i>	pàgina 7
2.4.1.1 <i>NUMA</i>	pàgina 8
2.4.1.2 <i>PVM</i>	pàgina 8
2.4.1.3 <i>MPI</i>	pàgina 8
2.4.2 <i>Clústers transparents</i>	pàgina 8
2.5 <i>Ambients de Programació Paral·lela</i>	pàgina 8
3 Tipus de clúster	pàgina 8
3.1 <i>Clúster homogeni</i>	pàgina 8
3.2 <i>Clúster heterogeni</i>	pàgina 9
3.3 <i>Clústers HP (High Performance): alt rendiment o computació distribuïda</i>	pàgina 9
3.4 <i>Clústers HA (High Availability): alta disponibilitat</i>	pàgina 9
3.5 <i>Clústers HR (High Reliability): alta confiabilitat</i>	pàgina 10

4 Estat de l'art per implementar clústers d'alt rendiment	pàgina 10
4.1 MPI Message Passing Interface	pàgina 10
4.1.1 LAM / MPI	pàgina 10
4.1.2 OpenMPI	pàgina 11
4.1.3 MPICH	pàgina 11
4.2 PVM Parallel Virtual Machine	pàgina 11
4.3 Beowulf	pàgina 11
4.4 Oscar Open Source Cluster Applicaton Resources	pàgina 12
4.5 NPACI Rocks	pàgina 12
4.6 Mosix	pàgina 12
4.7 OpenMosix	pàgina 13
4.8 HTCondor	pàgina 13
4.9 OpenSSI	pàgina 14
4.10 Kerrighed	pàgina 14
4.11 LinuxPMI Linux Process Migration Infrastructure	pàgina 15
4.12 Conclusions	pàgina 15
5 Què és i com funciona openMosix i Mosix?	pàgina 15
6 Implementació d'un clúster d'alt rendiment amb openMosix	pàgina 16
6.1 Què és i com s'instal·la VirtualBox sota Linux Mint 17.1 64 bits?	pàgina 16
6.2 Configuració del clúster amb Red Hat 9.0 i openMosix	pàgina 19
6.3 Configuració del clúster amb clusterKnoppix V3.6 (Linux Knoppix i openMosix)	pàgina 29
6.4 Configuració d'un clúster virtual de 6 ordinadors, només tenint 2 ordinadors i 2 processadors físics amb Red Hat 9.0 en VirtualBox	pàgina 31

7 Implementació d'un clúster d'alt rendiment amb Mosix	pàgina 37
7.1 Instal·lació i configuració del clúster amb Linux Mint 17.1 64 bits i Mosix	pàgina 37
8 Proves de rendiment	pàgina 41
8.1 Prova de rendiment amb openMosix i Red Hat 9.0	pàgina 43
8.2 Prova de rendiment amb clusterKnoppix V3.6 (openMosix i Knoppix)	pàgina 45
8.3 Prova de rendiment amb Mosix	pàgina 46
8.4 Prova de rendiment amb openMosix i Red Hat 9.0 executant 6 processos "numpi"	pàgina 48
8.4.1 Clúster funcionant amb dos nuclis	pàgina 48
8.4.2 Clúster funcionant amb sis nuclis	pàgina 49
8.5 Prova de rendiment amb Mosix executant 6 processos "numpi"	pàgina 50
9 Conclusions	pàgina 52
10 Exemples de clústers	pàgina 53
11 Bibliografia	pàgina 56
Annex 1. Instal·lació de Linux Red Hat 9.0 en VirtualBox	pàgina 57
Annex 2. Instal·lació de Linux clusterKnoppix V3.6 en VirtualBox	pàgina 66
Annex 3. El procés numpi	pàgina 73
Annex 4. Els 50000 decimals del nombre PI	pàgina 74

1 Introducció

1.1 Objectiu del projecte

Consisteix en implementar un clúster d'alt rendiment¹, transparent² i heterogeni³, mitjançant 2 ordinadors de característiques discretes i una mica desfasats, connexió de xarxa Gigabit-Ethernet, middleware⁴ openMosix⁵ i Mosix⁶, i amb sistema operatiu Linux. D'aquesta manera podem arribar a crear una supercomputadora amb capacitat de càlcul alta i baix cost. En aquests tipus de clústers, la càrrega es reparteix entre els diferents nodes que hi ha.

El clúster estarà format per dos ordinadors de les següents característiques:

Ordinador 1: Intel Core 2 Quad Q6600 a 2,4 Ghz de velocitat i 6 GB de RAM.

Ordinador 2: Intel Atom N570 a 1,66 Ghz de velocitat i 2 GB de RAM.

Aquests ordinadors formaran una xarxa i estaran enllaçats mitjançant un router on el servidor DHCP estarà desactivat i manualment s'assignaran les IP's dels equips.

Es faran proves de rendiment amb un programa escrit en c++ que calculi decimals del nombre pi, i es compararà el temps que triga en fer-ho un ordinador, i després amb els dos ordinadors alhora, és a dir, amb el clúster en funcionament. S'agafaran temps amb el clúster utilitzant openMosix (instal·lant-lo de dues maneres diferents) i Mosix, i es tornarà a comparar per veure quin dels dos és el més ràpid.

1.2 Motivacions

El que em va motivar a iniciar aquest projecte va ser la curiositat de saber com funciona aquest tipus d'unió entre dos o més ordinadors i crear una sola per poder-la administrar, aconseguint que la capacitat de processament es distribueixi entre dues o més computadores. A la vida real hi ha molts problemes en què la potència computacional es queda curta, llavors només ens queda recórrer als supercomputadors. Però no totes les persones, empreses o laboratoris es poden permetre la compra d'un supercomputador prefabricat que cobreixi les seves necessitats. Llavors l'alternativa que proposa aquest document és aconseguir màquines velles o comprar màquines noves de baixa potència i construir un supercomputador basat en Mosix/openMosix, el qual ofereixi més rendiment.

1.3 Què és un clúster?

Des d'un punt de vista general, la filosofia del *clustering* diu que si tenim per exemple un processador funcionant normalment, dos processadors treballant units, podran realitzar almenys el doble de processos, dos suports d'emmagatzematge augmentarà la seguretat en cas que falli un i si unim dos o més ordinadors, mitjançant una xarxa de comunicació d'alta velocitat, llavors la seguretat, el poder de processament i el rendiment general del servei prestat pel servidor (en aquest cas un conjunt d'ordinadors funcionant com un sol servidor) es veurà augmentada de forma espectacular.

1 [Veure apartat 3.3 d'aquest document](#)

2 [Veure apartat 2.4.2 d'aquest document](#)

3 [Veure apartat 3.2 d'aquest document](#)

4 [Veure apartat 2.4 d'aquest document](#)

5 [Veure apartat 4.7 d'aquest document](#)

6 [Veure apartat 4.6 d'aquest document](#)

Si a més, unim la característica que per implementar un clúster podem utilitzar ordinadors una mica desfasats i amb un sistema operatiu de codi obert i gratuït que els controli, ens trobem davant d'una tecnologia relativament barata d'implementar i amb una seguretat i rapidesa de resposta als serveis sol·licitats, molt superior al que pot oferir un servidor normal treballant en solitari, per atendre els clients de la xarxa.

Els clústers van sorgir com a solució a certs problemes que es presentaven a l'hora del còmput d'alt nivell. Hi havia empreses que necessitaven equips que poguessin realitzar tasques pesades en un curt espai de temps; i això comportava la compra i el manteniment d'equips molt costosos. D'aquí va sorgir la idea de connectar dos equips mitjans i convertir-los en un de sol, amb la capacitat de còmput sumada dels dos.

2 Components d'un clúster (figura 1)

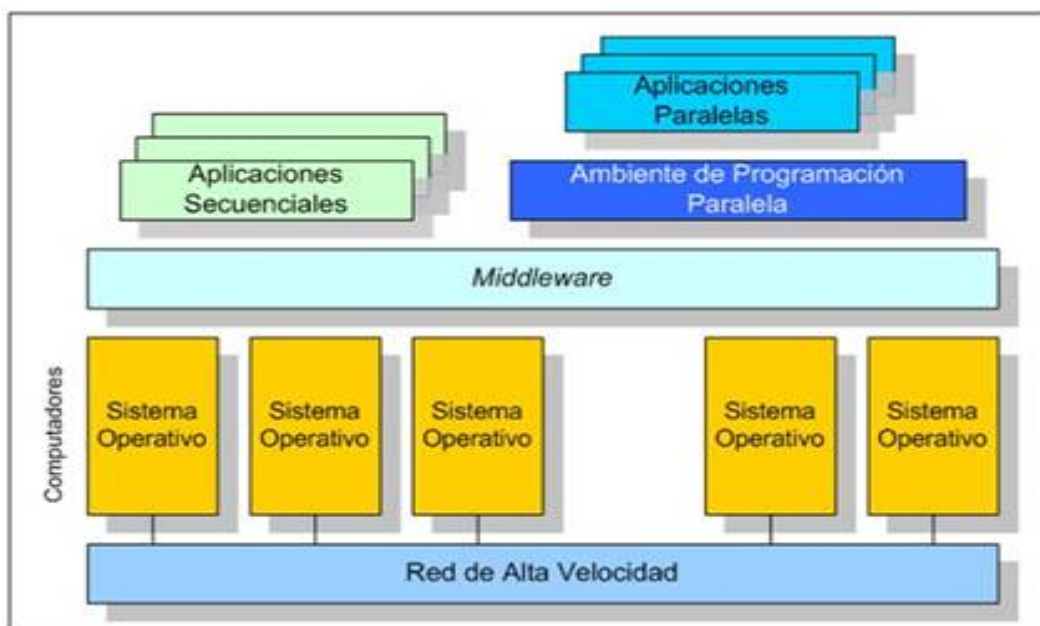


figura 1: components d'un clúster

2.1 Nodes

Poden ser simples ordinadors, sistemes multiprocessador o estacions de treball (Workstations).

2.2 Sistema Operatiu (S.O.)

Ha de ser de fàcil maneig i accés, i permetre múltiples processos i usuaris. Exemples de S.O. especials per a clústers són: GNU / Linux, Unix (Solaris / HP-Ux / Aix), Windows (NT / 2000/2003/2008/2012 Server), Mac OS X Server.

2.3 Connexions de Xarxa

Els nodes d'un clúster poden connectar-se mitjançant una simple xarxa Fast-Ethernet, Gigabit-Ethernet, o a través de tecnologies especials d'alta velocitat com Myrinet⁷, Infiniband⁸, etc...

⁷ <http://es.wikipedia.org/wiki/Myrinet>

⁸ <http://es.wikipedia.org/wiki/InfiniBand>

2.4 Middleware

El middleware és un programari que generalment actua entre el sistema operatiu i les aplicacions, amb la finalitat de proveir a un clúster de les següent característiques:

- *Una interfície única d'accés al sistema*, anomenada SSI⁹ (Single System Image), generant una sensació a l'usuari que només utilitza un únic ordinador molt potent.
- *Eines per a l'optimització i manteniment del sistema*: migració de processos, checkpoint-restart (congelar un o diversos processos, mudar-los de servidor i continuar el seu funcionament en el nou host), balanceig de càrrega, tolerància a fallades, etc.
- *Escalabilitat*: ha de poder detectar automàticament nous servidors o hosts connectats al clúster per procedir a la seva utilització. Hi ha diversos tipus de middleware, com ara: MOSIX, OpenMOSIX, HTCCondor¹⁰, OpenSSI¹¹, etc...

El middleware rep el treball entrant al clúster, i ho distribueix de manera que la aplicació s'executi el més ràpid possible i el sistema no pateixi sobrecàrregues en un node particular. Això es realitza mitjançant polítiques definides en el sistema (automàticament o per un administrador) que li indiquen on i com ha de distribuir els processos, a través d'un sistema de monitorització, el qual controla la càrrega de cada CPU i la quantitat de processos en cada màquina.

El middleware també ha de poder migrar processos entre servidors amb diferents finalitats:

- *Balancejar la càrrega*: si un servidor està molt carregat de processos i un altre està ocios, poden transferir processos a aquest últim per alliberar de càrrega el primer i optimitzar el funcionament.
- *Manteniment de servidors*: si hi ha processos corrent en un servidor que necessita manteniment o una actualització, és possible migrar els processos a un altre servidor i procedir a desconnectar del clúster el primer.
- *Priorització de treballs*: en cas de tenir diversos processos corrent en el clúster, però un d'ells de més importància que els altres, es pot migrar aquest procés als servidors que posseeixin més o millors recursos per accelerar el seu processament.

Els models de clústers en funció del middleware són:

2.4.1 Clústers no transparents

Han de tenir una configuració paral·lela prèviament predeterminada i requereix la recompilació del programa. També s'ha de conèixer prèviament la topologia de xarxa amb la qual funcionarà el clúster i a més la utilització d'unes llibreries per al pas de missatges entre les diferents tasques. Les llibreries més importants són:

9 http://es.wikipedia.org/wiki/Single_System_Image

10 [Veure apartat 4.8 d'aquest document](#)

11 [Veure apartat 4.9 d'aquest document](#)

2.4.1.1 *NUMA*¹² (Non-Uniform Memory Access): és un disseny de memòria utilitzat en multiprocessament on la memòria s'accedeix en posicions relatives d'un altre procés o memòria compartida entre processos. Sota NUMA, un processador pot accedir a la seva pròpia memòria local de forma més ràpida que a la memòria no local (memòria local d'un altre processador o memòria compartida entre processadors).

2.4.1.2 *PVM*¹³ (Parallel Virtual Machine): és una biblioteca per al còmput paral·lel en un sistema distribuït d'ordinadors. Està dissenyat per permetre que una xarxa d'ordinadors heterogènia comparteixi els seus recursos de còmput (com el processador i la memòria RAM) per disminuir el temps d'execució d'un programa i distribuir la càrrega de treball en diverses computadores.

2.4.1.3 *MPI*¹⁴ (Message Pass Interface): és un estàndard que defineix la sintaxi i la semàntica de les funcions contingudes en una biblioteca de pas de missatges per ser usada en programes que explotin l'existència de múltiples processadors. No necessita de memòria compartida, característica molt important en la programació de sistemes distribuïts.

Un exemple de clúster no transparent utilitzant aquestes llibreries és el Beowulf¹⁵.

2.4.2 Clústers transparents

No han de tenir una configuració paral·lela prèviament predeterminada, tampoc fa falta tornar a compilar¹⁶ el programa ni conèixer la topologia de xarxa amb la qual funcionarà el clúster. Ofereixen una forma molt més còmoda a l'hora de configurar-lo, i el balanceig de la càrrega i la paral·lelització dels processos es fa de forma automàtica.

Exemples de clúster transparents són Mosix i openMosix.

2.5 Ambients de Programació Paral·lela

Els ambients de programació paral·lela permeten implementar algorismes que facin ús de recursos compartits: la CPU.

3 Tipus de clúster

Segons la seva homogeneïtat es poden classificar en:

3.1 Clúster homogeni

Són clúster en què tots els nodes tenen les mateixes característiques de maquinari i programari. Són idèntics i per tant la capacitat de processament i rendiment de cada node és la mateixa.

12 <http://oss.sgi.com/projects/numa/>
<http://lse.sourceforge.net/numa/>

13 [Veure apartat 4.2 d'aquest document](#)

14 [Veure apartat 4.1 d'aquest document](#)

15 [Veure apartat 4.3 d'aquest document](#)

16 Què és compilar? <http://www.alegsa.com.ar/Dic/compilar.php>

3.2 Clúster heterogeni

En aquests tipus de clúster, els nodes són completament diferents pel que fa a maquinari i programari. Això comporta que les possibilitats de expansió del clúster creixin de forma exponencial, pel fet que és més fàcil aconseguir ordinadors amb característiques diferents que moltes amb iguals característiques. Aquests tipus de clúster presenten una escalabilitat sorprenent. Es poden afegir o eliminar nodes segons les nostres necessitats.

Segons el servei a oferir:

3.3 Clústers HP (High Performance): alt rendiment o computació distribuïda

Han estat creats per compartir el recurs més valuós d'un ordinador, és dir, el temps de procés. Qualsevol operació que necessiti alts temps de CPU pot ser utilitzada en un clúster d'alt rendiment, sempre que es trobi un algorisme que sigui paral·lelitzable.

La missió d'aquest tipus de clústers és millorar el rendiment en l'obtenció de la solució d'un problema, en termes del temps de resposta o de la seva precisió.

Generalment resolen problemes de còmput que solen estar lligats a:

- Càlculs matemàtics.
- Renderitzacions de gràfics.
- Compilació de programes.
- Compressió de dades.
- Desxifrat de codis.
- Rendiment del sistema operatiu.

3.4 Clústers HA (High Availability): alta disponibilitat

Són els més sol·licitats per les empreses ja que estan destinats a millorar els serveis que ofereixen cara als clients en les xarxes a les que pertanyen, tant en xarxes locals com en xarxes com Internet. La missió és donar la màxima disponibilitat sobre els serveis que presenta el clúster. Són la competència que abarateix els sistemes redundants, de manera que ofereixen una sèrie de serveis durant el major temps possible. Per poder donar aquests serveis els clústers d'aquest tipus s'implementen en base a tres factors:

- Fiabilitat.
- Disponibilitat.
- Dotació de servei.

Mitjançant aquests tres tipus d'actuacions i els mecanismes que l'implementen s'assegura que un servei estarà el màxim de temps disponible i que aquest funcioni d'una manera fiable. Generalment resolen problemes estan lligats a la necessitat de donar servei continuat de qualsevol tipus a una sèrie de clients de manera ininterrompuda. En una construcció real se solen produir errors inesperats a les màquines i aquests errors provoquen l'aparició de dos esdeveniments en el temps:

- El temps en què el servei està inactiu.
- El temps de reparació del problema.

Entre els problemes que solucionen es troben:

- Sistemes d'informació redundants.
- Sistemes tolerants a fallades.
- Balanceig de càrrega entre diversos servidors.
- Balanceig de connexions entre diversos servidors.

En general tots aquests problemes es lliguen a dues fonts de necessitat de les empreses o organitzacions:

- Tenir un servei disponible.
- Estalviar econòmicament tot el que sigui possible.

3.5 Clústers HR (High Reliability): alta confiabilitat

Aquest tipus de clústers són els més difícils d'implementar. No es basen només en concedir serveis d'alta disponibilitat, sinó en oferir un entorn de sistema altament fiable i això implica moltíssima sobrecàrrega en el sistema. Donar a un clúster SSI capacitat d'alta fiabilitat implica gastar recursos necessaris per evitar que les aplicacions caiguin.

En els clústers d'alta disponibilitat generalment una vegada que el servei ha caigut i aquest es relança, l'única forma de conservar l'estat anterior del servidor és mitjançant punts de parada o checkpoints, però que en connexions en temps real no solen ser suficients. Els clústers fiables intenten mantenir, fins i tot, l'estat de les aplicacions i no simplement utilitzant l'últim checkpoint del sistema i relançar el servei.

Generalment aquest tipus de clústers sol ser utilitzat per a entorns de tipus empresarial i aquesta funcionalitat només pot ser efectuada per maquinari especialitzat, és a dir, només amb hardware, ja que no es pot implementar mitjançant un software degut a que tenim limitacions en la latència de la xarxa, i és molt complicat mantenir els estats de les aplicacions.

4 Estat de l'art per implementar clústers d'alt rendiment

Per implementar un clúster d'alt rendiment, sota GNU / Linux, tenim diferents middlewares per escollir. Els més importants són:

4.1 MPI Message Passing Interface¹⁷

Constitueix un conjunt de funcions i macros que poden ser implementades en llenguatge C i Fortran per tal de desenvolupar programes en sistemes multiprocessador, com els clúster. Les implementacions MPI més conegudes i usades són:

4.1.1 LAM / MPI¹⁸: Projecte de codi lliure és una implementació del MPI estàndard, i la seva investigació, desenvolupament i manteniment es troba a càrrec de l'Open Lab Systems.

17 <http://www.mpi-forum.org/docs/>

18 <http://www.lam-mpi.org/>

4.1.2 *OpenMPI*¹⁹: Implementació de codi lliure, descendent directe de LAM / MPI que comença a ocupar un lloc important entre les llibreries d'aquest tipus. El desenvolupament i manteniment d'aquesta llibreria va a càrrec de Los Alamos National Laboratory, Cisco Systems, IBM, Myricom, Sandia National Laboratories i Sun Microsystems.

4.1.3 *MPICH*²⁰: Llibreria independent de l'arquitectura utilitzada, portable i de distribució lliure, distribuïda com a codi per a Unix i Microsoft Windows.

4.2 *PVM Parallel Virtual Machine*²¹

És una llibreria i paquets de programari de codi lliure, que permet a un conjunt heterogeni d'equips treballar a través d'una xarxa i comportar-se com una sola màquina. És independent de qualsevol llenguatge de programació. Un codi PVM pot ser executat en diferents llenguatges i arquitectures al mateix temps, i està escrit en C i Fortran. Aquesta llibreria va ser desenvolupada en la Universitat de Tennessee, el Laboratori Nacional Oak Ridge i la Universitat Emory.

4.3 *Beowulf*²²

És un projecte open source nascut a l'any 1994 i es va dissenyar com una alternativa de baix cost i alt rendiment a supercomputadors de l'època. Es basa en l'ús de MPI i PVM, més altres tipus de programari de monitorització i administració. Les característiques d'aquest clúster inclouen la capacitat que alguns dels equips no incloguin disc dur, permetent introduir nodes heterogenis. Un clúster Beowulf presenta les següents característiques:

- Està format per ordinadors o components comercials fàcils d'aconseguir, és a dir, el sistema no està construït amb una finalitat específica.
- La majoria dels nodes són de l'arquitectura x86 i xarxa Ethernet (però podrien utilitzar qualsevol altre tipus).
- El sistema està compost de nodes complets i independents, cadascun amb el seu processador, memòria i emmagatzematge secundari.
- Cada node funciona de manera independent sota un sistema operatiu que en la majoria dels casos és alguna versió derivada d'Unix (generalment GNU \ Linux).
- El mecanisme usat per les aplicacions, per fer la comunicació i cooperació entre nodes, són les llibreries PVM i MPI.
- Els nodes Beowulf únicament realitzen tasques encomanades pel servidor del clúster.
- Cal comptar amb una xarxa dedicada a la comunicació en el node clúster.
- Hi ha una alta compatibilitat amb equips futurs i pel sorgiment de noves tecnologies o capacitats, ja que no canvien el model de programació que aquests utilitzen.

19 <http://www.open-mpi.org/>

20 <https://www.mpich.org/>

21 http://www.csm.ornl.gov/pvm/pvm_home.html

22 <http://www.beowulf.org/>

- Un clúster Beowulf és fàcil de mantenir i presenta un baix cost inicial.
- Un procés que requereix molta capacitat de càlcul, gràcies a les biblioteques PVM o MPI, es pot dividir en subprocessos que són computats de forma individual i paral·lela per les diferents CPUs que formen el clúster, obtenint més ràpidament el resultat final.

4.4 Oscar Open Source Cluster Applicaton Resources²³

És un projecte amb l'objectiu de que qualsevol usuari, independentment del seu nivell de coneixements i amb qualsevol derivat d'Unix, pugui instal·lar un clúster Beowulf, a més d'un conjunt d'eines per administrar-lo i configurar-lo. Es poden generar les imatges per als clients (nodes), procedir a la seva instal·lació, configuració i posada en marxa del clúster en un procés més senzill, si el comparem amb la instal·lació de paquets MPI o PVM de forma manual.

4.5 NPACI Rocks²⁴

També conegut com a Rocks Clústers, és una distribució de GNU \ Linux basada en CentOS. Inclou les eines necessàries per a desenvolupar un clúster Beowulf, i es basa en una filosofia determinada pels següents punts:

- Facilitat en l'administració i manteniment del clúster, estalviant l'alt cost d'un administrador del sistema.
- Configuració automàtica del clúster.
- Instal·lació òptima sobre un conjunt heterogeni de computadors i baix temps en la solució de problemes, especialment de consistència.

Rocks Clúster consta d'una instal·lació del servidor (frontend) amb la instal·lació base (obligatòria), els Roll CD (components opcionals) i instal·lació dels nodes.

4.6 Mosix²⁵

Constitueix una solució, de codi propietari, a nivell del sistema operatiu per a la implementació de sistemes clúster, amb la qual cosa s'obté que el conjunt de màquines actuïn com un únic sistema multiprocessador amb l'avantatge de poder seguir usant les aplicacions sense necessitat de tornar-les a programar, de tal manera que els processos es distribueixen i s'executen amb total transparència en els nodes del clúster.

Un altre avantatge és que l'assignació dels processos dels nodes és dinàmica i realitzat directament per Mosix, sempre ubicant-lo al node adequat, buscant el màxim aprofitament dels recursos disponibles.

El sistema Mosix és descentralitzat, és a dir, qualsevol dels nodes pot prendre el paper de mestre en els processos que està executant localment i de servidor en els processos remots, i a més permet que es puguin afegir i treure nodes del conjunt en qualsevol moment.

23 <http://svn.oscar.openclustergroup.org/trac/oscar>

24 <http://www.rocksclusters.org/wordpress/>

25 <http://www.mosix.cs.huji.ac.il/>

El tipus d'aplicacions que poden aprofitar les característiques de Mosix són les següents:

- Processos que necessiten molta capacitat de càlcul com aplicacions científiques, d'enginyeria...etc.
- Processos paral·lels.
- Clústers heterogenis, amb nodes de diferents velocitats i capacitats de memòria.
- Entorns multiusuari i de temps compartit.
- Servidors Web escalables.
- S'ha de tenir el codi font del nucli²⁶ i el patch Mosix, i que tots els nodes tinguin la mateixa versió Mosix.
- A diferència del clúster Beowulf, en que un procés es pot dividir en subprocessos i computar-los de forma paral·lela entre les diferents CPUs que hi ha al clúster, en Mosix la unitat mínima que es pot computar és el procés sencer (no es pot dividir en subprocessos) i aquest migrarà entre els diferents computadors que puguin realitzar el càlcul més ràpidament.
- Aquest projecte es manté actiu i les últimes versions treballa sobre nucli 3.1x.x, és a dir, es pot instal·lar en un ordinador d'última generació sense problemes.

4.7 OpenMosix²⁷

És la implementació lliure de Mosix, presentant gairebé les mateixes característiques que el programari privat, però el projecte va arribar a la seva fi l'1 de març del 2008 tal com s'informa en la pàgina oficial, però el codi font pot ser usat amb el kernel 2.4 i encara en alguns sistemes clúster s'empra, però presenta el problema de la compatibilitat amb alguns components de maquinari, que si són suportats pels kernels nous.

OpenMosix presentava avantatges com no necessitar paquets extres ni modificacions en el codi. En contra tenia que era dependent del nucli, tenia limitacions pel que fa a la migració dels processos, per la qual cosa no sempre ho feia, i problemes amb la memòria compartida.

4.8 HTCondor²⁸

És un projecte de la Universitat de Wisconsin i Madison, desenvolupat pel Departament de Ciències de la Computació com a programari de codi lliure, basat en el funcionament d'un clúster Beowulf, on s'utilitza les llibreries PVM i MPI, per fer computació paral·lela. Té l'objectiu d'aprofitar al màxim la capacitat computacional d'una xarxa de computadors, utilitzant els recursos que estan sent desaprofitats en els ordinadors que conformen la xarxa.

26 Què és el nucli o kernel de linux? <http://www.linux-es.org/kernel>

27 <http://www.openmosix.org/>

28 <http://research.cs.wisc.edu/htcondor/>

HTCondor és considerat com un sistema especialment adequat per a les tasques computacionals intenses, podent ser usada en un clúster amb nodes dedicats, usant un sistema de cues on es troben les tasques que anirà executant conforme es poden anar fent servir els recursos de tota la xarxa. Una vegada finalitzats els processos, HTCondor retornarà els resultats.

4.9 OpenSSI²⁹

Aquest és un projecte que busca convertir un conjunt heterogeni de computadors en una sola màquina, virtualment parlant, corrent processos en qualsevol dels nodes i utilitzant els recursos disponibles a tot el conjunt. Treballa en distribucions GNU \ Linux sota llicència GPL. S'implementa a nivell del nucli, presentant-se com una solució SSI de codi obert, actuant de manera similar a openMosix i Mosix. Algunes de les característiques de OpenSSI són:

- Monitorització constant de la càrrega en els nodes del clúster.
- Migració automàtica dels processos entre nodes.
- Capacitat de migració d'aplicacions multi-fil, però no de fils individuals.
- Es poden executar aplicacions en OpenSSI sense realitzar modificacions sobre elles.
- Proporciona llibreries, que poden ser usades pels programes, per controlar el clúster.
- Aquest projecte treballa sobre nucli 2.6.

4.10 Kerrighed³⁰

Aquest és un projecte similar a openMosix, amb tres diferències específiques:

- A diferència d'altres projectes, Kerrighed permet migrar processos multi-fil.
- No té eines d'usuari gràfiques, la qual cosa és un inconvenient per l'usuari, ja que fa més complicada l'administració.
- Aquest projecte SSI treballa sobre nucli 2.6, la qual cosa és un gran avantatge no només sobre openMosix, sinó també sobre altres solucions que han estat congelades i s'han quedat en el nucli 2.4.

29 <http://openssi.org/cgi-bin/view?page=openssi.html>

30 http://www.kerrighed.org/wiki/index.php/Main_Page

4.11 LinuxPMI Linux Process Migration Infrastructure³¹

És la continuació del projecte openMosix (abandonat l'any 2008). Ofereix les mateixes característiques que el programari Mosix amb el kernel 2.6, però de codi lliure.

4.12 Conclusions

Veiem com la majoria d'implementacions més habituals i utilitzades per construir un clúster d'alt rendiment són open source i gratuïtes, excepte Mosix, que és un programari de codi privat. En general els clústers s'implementen sobre sistemes operatius lliures com GNU \ Linux o BSD, ja que el desenvolupament per a sistemes com Microsoft Windows és encara molt pobre i limitat. D'altra banda sistemes com MacOS no són molt usats i les llicències són costoses, a més que el maquinari és molt específic.

5 Què és i com funciona openMosix i Mosix?

El sistema OpenMosix/Mosix és una extensió del nucli de Linux per implementar clustering. OpenMosix és un *fork* del projecte Mosix (non-GPL) però amb llicència GNU (GPL). Mosix s'ha investigat i desenvolupat des de 1977 a la Universitat Hebrea de Jerusalem per l'equip d'investigació del Prof. Amnon Barak.

A finals dels anys '90, Moshe Bar va deixar el projecte Mosix, perquè volia que fos lliure (GPL), però Amnon Barak no estava disposat a que qualsevol programador modifiqués el codi de Mosix, per això ho mantenia com non-GPL. Llavors Moshe Bar va crear OpenMosix i tot el seu codi, molt similar a Mosix, i ho va alliberar.

Al principi OpenMosix com era GPL s'actualitzava de manera més ràpida i era més estable que Mosix, degut a que els programadors de manera desinteressada col·laboraven en aquest projecte, però amb els nous ordinadors d'última generació multi-nuclis i cada vegada més ràpids i menys costosos, va fer que a l'any 2008 el projecte quedés estancat, malgrat el seu codi font està disponible per si algú vol reprendre el projecte. Mosix segueix evolucionant i desenvolupant noves versions, però no allibera el seu codi.

OpenMosix/Mosix s'implementa mitjançant uns *patches* al kernel, i unes utilitats i biblioteques d'àrea d'usuari que permeten tenir un sistema SSI complet per a una distribució GNU / Linux. Anomenem sistemes SSI (Single System Image) aquells sistemes de clustering en què tot el clúster ofereix a l'usuari la imatge d'un únic sistema, és a dir, que el clúster sencer es comportarà per a l'usuari com una única màquina.

Són capaços de fer transparent el paral·lelisme del clúster al procés i l'administrador. Això vol dir que qualsevol procés pot migrar des de qualsevol node del clúster a qualsevol altre node i poder executar-se, independentment d'on s'hagi llençat i que pot fer-ho tantes vegades com vulgui, per així aprofitar millor els recursos del sistema, com per exemple, migrar els processos de les *CPUs* sobrecarregades a *CPUs* lliures i així equilibrar la càrrega de còmput del clúster o processos que comencin a *swappear* en excés, migraran a nodes on tinguin memòria suficient per executar-se sense *swap*; tot això es té en compte fent una avaluació i un càlcul previ, de forma automàtica, per veure quin cost computacional té la migració del procés i si val la pena executar-se en el node actual o fer la migració a un altre, per finalitzar el procés més ràpidament.

31 <http://linuxpmi.org/trac/>

Les aplicacions poden utilitzar aquesta característica sense necessitat de ser recompilades ni utilitzar cap biblioteca específica de migració. Amb les eines d'administració del clúster podem forçar de manera manual que un determinat procés s'executi només en un node, o canviar manualment la distribució del processos en els nodes, enfront els que ha assignat automàticament l'algoritme openMosix/Mosix.

6 Implementació d'un clúster d'alt rendiment amb openMosix

Actualment openMosix funciona de manera estable sobre el kernel 2.4, i en fase beta per a kernels 2.6. Per a equips adquirits fins aproximadament 2002 / 2003, es pot instal·lar una distribució Linux amb kernel 2.4 sense problemes, ja que serà capaç de reconèixer tot el hardware instal·lat.

En el meu cas, els dos ordinadors on muntaré el clúster, que van ser adquirits a l'any 2009 / 2010 (al seu interior es troben processadors multi-nucli, discs durs SATA, targeta gràfica PCI-Express, gran quantitat de memòria RAM, placa base amb múltiples funcions i característiques etc...), el kernel 2.4 no detectarà el hardware de manera correcta, i obtindrà errors en la instal·lació o mal funcionament en l'execució del sistema operatiu.

Per a resoldre aquest problema instal·laré l'aplicació VirtualBox³² en la meva distribució de Linux instal·lada, en el meu cas Linux Mint 17.1 64 bits³³, i sota VirtualBox instal·laré:

1- *Linux Red Hat 9.0*³⁴, que és una distribució Linux amb kernel 2.4, i finalment, sota Linux Red Hat 9.0, instal·laré les extensions openMosix compilant el kernel i tot el seu programari de configuració i administració del clúster.

2- *ClusterKnoppix*³⁵, que és una distribució Linux amb kernel 2.4 basada en Knoppix, on ja té compilat al kernel les extensions openMosix, i les eines de configuració i administració del clúster ja vénen instal·lades per defecte.

6.1 Què és i com s'instal·la VirtualBox sota Linux Mint 17.1 64 bits?

Oracle VM VirtualBox és un programari de virtualització per arquitectures x86, creat originalment per l'empresa alemanya Innotek GmbH. Actualment és desenvolupat per Oracle Corporation com a part de la seva família de productes de virtualització. Per mitjà d'aquesta aplicació és possible instal·lar sistemes operatius addicionals, coneguts com a "sistemes convidats", dins d'un altre sistema operatiu "amfitrió", cadascun amb el seu propi ambient virtual. Per exemple, es podrien instal·lar diferents distribucions de GNU/Linux En VirtualBox instal·lat en Windows XP o viceversa. Entre els sistemes operatius suportats (en mode amfitrió) hi ha GNU/Linux, Mac OS X, OS/2 Warp, Windows, i Solaris/OpenSolaris, i dins d'aquests és possible virtualitzar els sistemes operatius FreeBSD, GNU/Linux, OpenBSD, OS/2 Warp, Windows, Solaris, MS-DOS i molts altres.

L'aplicació va ser inicialment oferta a una llicència de programari propietari, però el gener de 2007, després d'anys de desenvolupament, va sorgir VirtualBox OSE (Open Source Edition) sota la llicència GPL 2. Actualment hi ha la versió propietària Oracle VM VirtualBox, que és gratuïta únicament sota ús personal o d'avaluació, i està subjecte a la

32 <https://www.virtualbox.org/>

33 Què és Linux Mint? http://es.wikipedia.org/wiki/Linux_Mint
<http://www.linuxmint.com/edition.php?id=174>

34 Què és Linux Red Hat? http://es.wikipedia.org/wiki/Red_Hat_Linux

35 Què és ClusterKnoppix? <http://en.wikipedia.org/wiki/ClusterKnoppix>

licència de "Ús Personal i d'Avaluació VirtualBox" (VirtualBox Personal Utilitza and Evaluation License o Puel) i la versió Open Source, VirtualBox OSE, que és programari lliure, subjecta a la licència GPL. En comparació amb altres aplicacions privades de virtualització, com VMware Workstation o Microsoft Virtual PC, VirtualBox no té algunes funcionalitats, però proveeix d'altres com l'execució de màquines virtuals de forma remota, mitjançant el Remote Desktop Protocol (RDP), suport iSCSI³⁶.

Quant a l'emulació de maquinari, els discs durs dels sistemes convidats són emmagatzemats en els sistemes amfitrions com fitxers individuals en un contenidor anomenat Virtual Disk Image, incompatible amb els altres programari de virtualització. Una altra de les funcions que presenta és la de muntar imatges ISO com a unitats virtuals de CD o DVD, o com un disc floppy.

Per instal·lar VirtualBox ens descarquem, des de la seva pàgina web, l'arxiu instal·lable de l'aplicació depenent del sistema operatiu que tinguem instal·lat, en el nostre cas download.virtualbox.org/virtualbox/4.3.26/virtualbox-4.3.26-98988~Ubuntu~raring_amd64.deb (figura 2), ja que tenim una distribució basada en Ubuntu 64 bits.



VirtualBox

Download VirtualBox for Linux Hosts

VirtualBox 4.3.26 for Linux

Note: The package architecture has to match the Linux kernel architecture, that is, if you are running a 64-bit kernel, install the appropriate AMD64 package (it does not matter if you have an Intel or an AMD CPU). Mixed installations (e.g. Debian/Lenny ships an AMD64 kernel with 32-bit packages) are not supported. To install VirtualBox anyway you need to setup a 64-bit chroot environment.

Please choose the appropriate package for your Linux distribution:

- Ubuntu 13.04 ("Raring") / 13.10 ("Saucy") / 14.04 ("Trusty") / 14.10 ("Utopic") / 15.04 ("Vivid") ⇨ i386 | **⇨ AMD64**
- Ubuntu 12.10 ("Quantal Quetzal") ⇨ i386 | ⇨ AMD64
- Ubuntu 12.04 LTS ("Precise Pangolin") ⇨ i386 | ⇨ AMD64
- Ubuntu 10.04 LTS ("Lucid Lynx") ⇨ i386 | ⇨ AMD64
- Debian 7 ("Wheezy") / Debian 8 ("Jessie") ⇨ i386 | ⇨ AMD64
- Debian 6 ("Squeeze") ⇨ i386 | ⇨ AMD64
- openSUSE 12.3 / 13.1 ⇨ i386 | ⇨ AMD64
- openSUSE 11.4 / 12.1 / 12.2 ⇨ i386 | ⇨ AMD64
- SUSE Linux Enterprise Server 11 (SLES11) ⇨ i386 | ⇨ AMD64
- SUSE Linux Enterprise Server 10 (SLES10) ⇨ i386 | ⇨ AMD64
- Fedora 18 ("Spherical Cow") / 19 ("Schrödingers Cat") / 20 ("Heisenbug") / 21 ⇨ i386 | ⇨ AMD64
- Fedora 17 ("Beefy Miracle") ⇨ i386 | ⇨ AMD64
- Mandriva 2011.0 ⇨ i386 | ⇨ AMD64
- Oracle Linux 7 ("OL7") / Red Hat Enterprise Linux 7 ("RHEL6") / CentOS 7 ⇨ AMD64
- Oracle Linux 6 ("OL6") / Red Hat Enterprise Linux 6 ("RHEL6") / CentOS 6 ⇨ i386 | ⇨ AMD64
- Oracle Linux 5 ("OL5") / Red Hat Enterprise Linux 5 ("RHEL5") / CentOS 5 ⇨ i386 | ⇨ AMD64
- All distributions ⇨ i386 | ⇨ AMD64

figura 2: descàrrega del programa VirtualBox

Una vegada que l'arxiu s'ha descarregat, l'executem i l'instal·lem mitjançant GDebi³⁷ que farà tot el procés d'instal·lació de forma automàtica. Després ens descarquem VirtualBox Extension Pack³⁸ http://download.virtualbox.org/virtualbox/4.3.26/Oracle_VM_VirtualBox_Extension_Pack-4.3.26-98988.vbox-extpack (figura 3), que afegeix millores en el funcionament de l'entorn virtual.

36 <http://es.wikipedia.org/wiki/ISCSI>

37 Què és GDebi? <http://es.wikipedia.org/wiki/GDebi>

38 Què és VirtualBox Extension Pack? <https://www.virtualbox.org/manual/ch01.html#intro-installing>

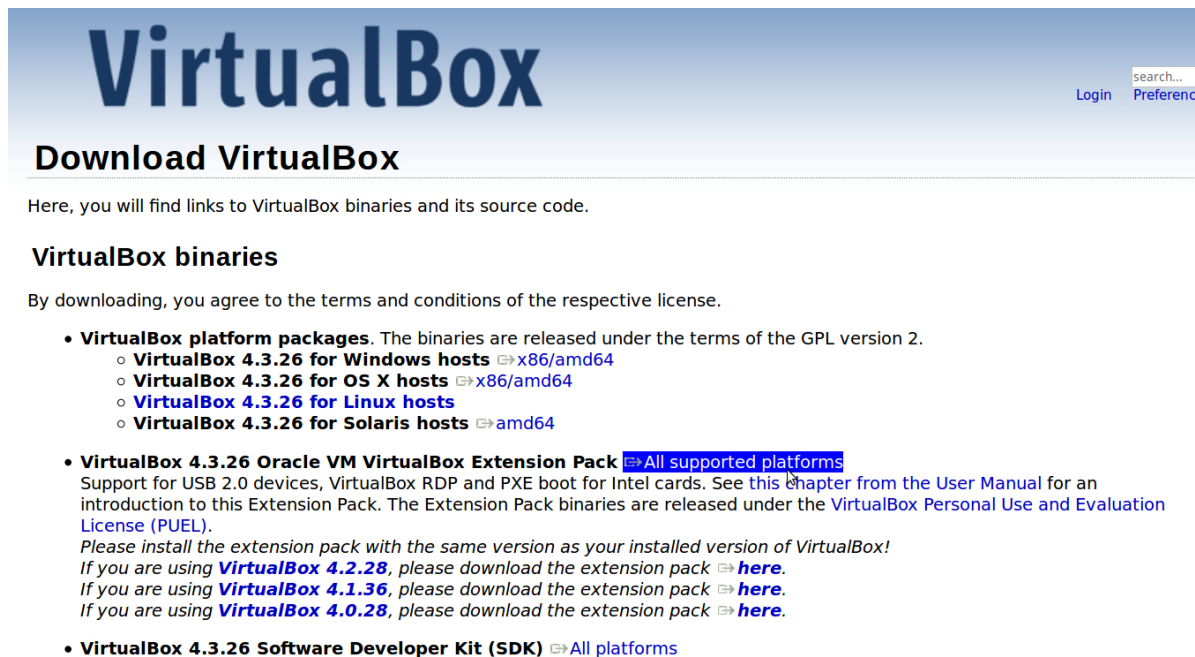


figura 3: descàrrega de VirtualBox Extension Pack

Una vegada instal·lat, iniciem VirtualBox. Seleccionem en el menú principal *Archivo-Preferencias-Extensiones-Agregar paquete* i seleccionem l'arxiu de les extensions "Oracle_VM_VirtualBox_Extension_Pack-4.3.26-98988.vbox-extpack" (figura 4).

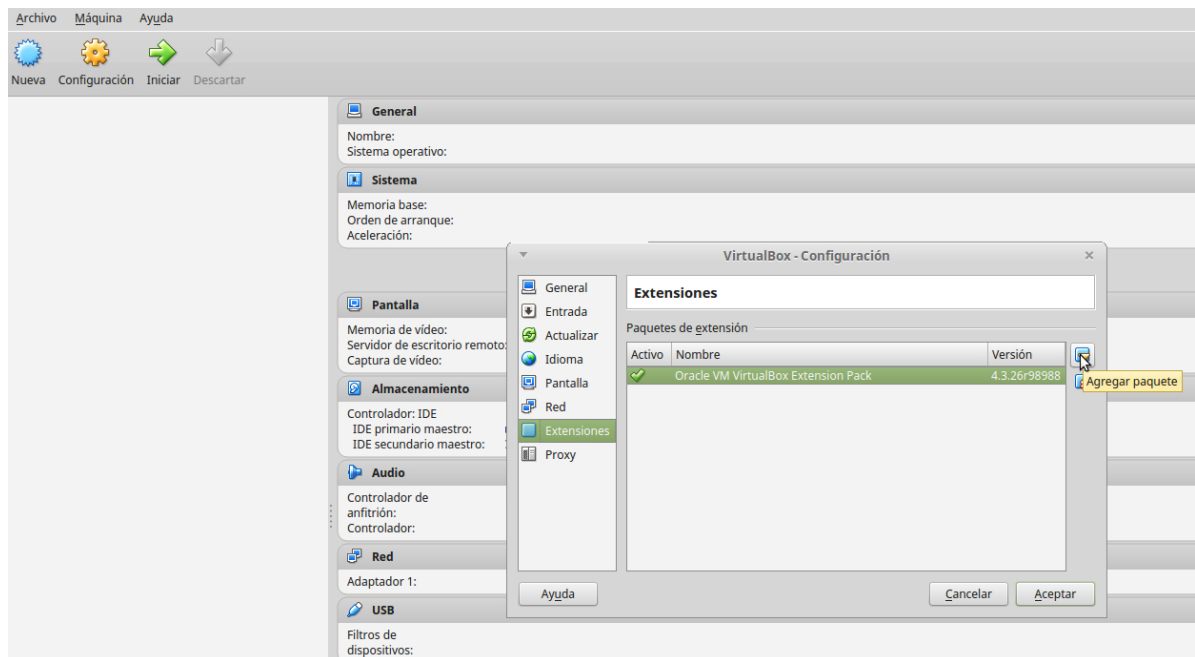


figura 4: afegim les extensions a VirtualBox

D'aquesta manera ja queden instal·lades les extensions. Amb la tecla "*Ctrl dreta*", podem canviar del sistema virtual al sistema amfitrió, ja que per defecte el sistema virtual captura el cursor del ratolí.

6.2 Configuració del clúster amb Red Hat 9.0 i openMosix

Una vegada hem instal·lat Linux Red Hat 9.0 sota VirtualBox (veure [Annex 1](#)), tenim que descarregar-nos la següent llista d'arxius:

Des de <https://www.kernel.org/pub/linux/kernel/v2.4/linux-2.4.20.tar.bz2> el kernel 2.4.20 *vanilla*, que és la versió que surt dels desenvolupadors del nucli de Linux i no ha estat modificat per cap de les diferents distribucions que existeixen, ja que cada distribució té les seves versions dels nous llançaments del nucli "*parcheades*" i adaptades a les seves necessitats.

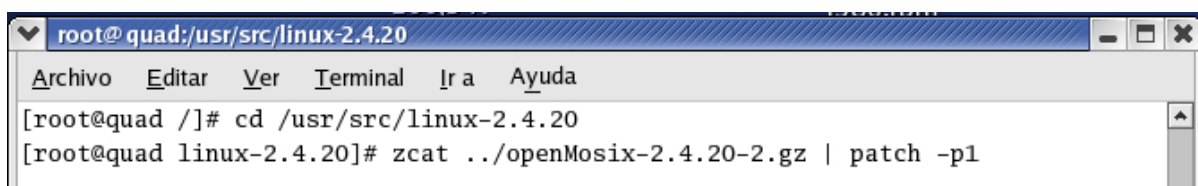
Des de <http://sourceforge.net/projects/openmosix/files/openMosix-kernel-2.4.20/2.4.20-2/openMosix-2.4.20-2.gz/download> l'extensió (*patch*) d'openMosix per al kernel 2.4.20.

Des de <http://sourceforge.net/projects/openmosix/files/openmosix-user/0.3.6-2/openmosix-tools-0.3.6-2.i386.rpm/download> les eines per configurar openMosix des de la consola.

Des de <http://www.openmosixview.com/download/openmosixview-1.5-redhat90.i386.rpm> les eines gràfiques per administrar el clúster openMosix.

Des de la carpeta de descàrregues, fem doble click sobre "*linux-2.4.20.tar.bz2*" i s'obrirà el programa File Roller, que és un gestor d'arxius comprimits, i extraïem la carpeta "*linux-2.4.20*" i la copiem a "*/usr/src*", que és el directori on es troben totes les fonts dels diferents kernels que hi han instal·lats al sistema.

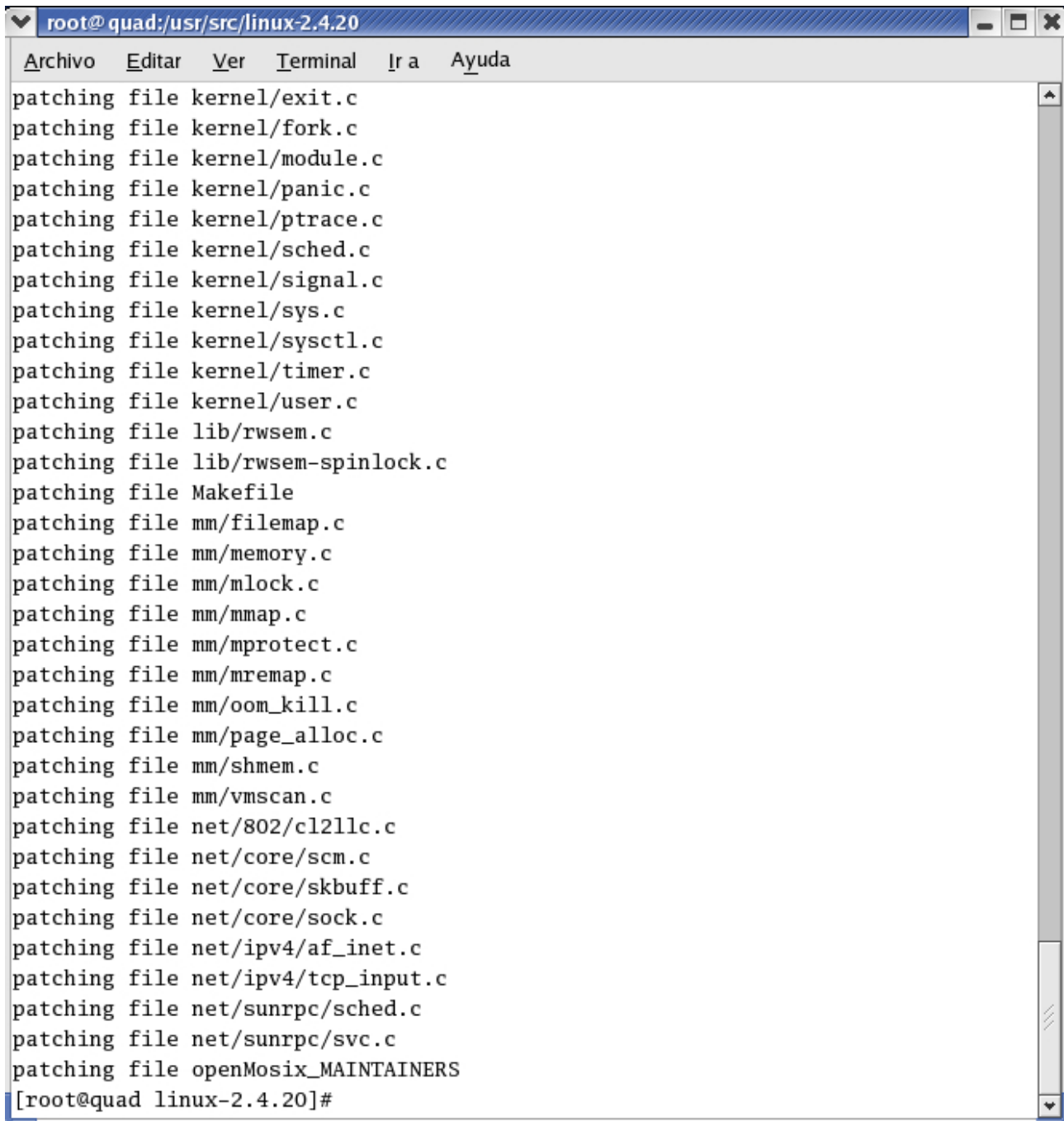
Copiem "*openMosix-2.4.20-2.gz*" en "*/usr/src*". Obrim una consola i escrivim (figura 19 i 20):



```
root@quad:/usr/src/linux-2.4.20
Archivo  Editar  Ver  Terminal  Ira  Ayuda
[root@quad /]# cd /usr/src/linux-2.4.20
[root@quad linux-2.4.20]# zcat ../openMosix-2.4.20-2.gz | patch -p1
```

figura 19: ordres per afegir les extensions openMosix al kernel

"*cd /usr/src/linux-2.4.20*" i "*zcat ../openMosix-2.4.20-2.gz | patch -p1*", i ja tindrem l'extensió openMosix instal·lada en el kernel 2.4.20.



```
root@quad:/usr/src/linux-2.4.20
Archivo  Editar  Ver  Terminal  Ir a  Ayuda
patching file kernel/exit.c
patching file kernel/fork.c
patching file kernel/module.c
patching file kernel/panic.c
patching file kernel/ptrace.c
patching file kernel/sched.c
patching file kernel/signal.c
patching file kernel/sys.c
patching file kernel/sysctl.c
patching file kernel/timer.c
patching file kernel/user.c
patching file lib/rwsem.c
patching file lib/rwsem-spinlock.c
patching file Makefile
patching file mm/filemap.c
patching file mm/memory.c
patching file mm/mlock.c
patching file mm/mmap.c
patching file mm/mprotect.c
patching file mm/mremap.c
patching file mm/oom_kill.c
patching file mm/page_alloc.c
patching file mm/shmem.c
patching file mm/vmscan.c
patching file net/802/cl211c.c
patching file net/core/scm.c
patching file net/core/skbuff.c
patching file net/core/sock.c
patching file net/ipv4/af_inet.c
patching file net/ipv4/tcp_input.c
patching file net/sunrpc/sched.c
patching file net/sunrpc/svc.c
patching file openMosix_MAINTAINERS
[root@quad linux-2.4.20]#
```

figura 20: kernel amb l'extensió openMosix instal·lada

Després d'això, necessitem configurar el kernel segons les nostres necessitats. Des del directori `"/usr/src/linux-2.4.20"` escrivim l'ordre `"make xconfig"` i s'obrirà una finestra amb les opcions i característiques del kernel que podem activar o desactivar segons el que necessitem (figura 21).

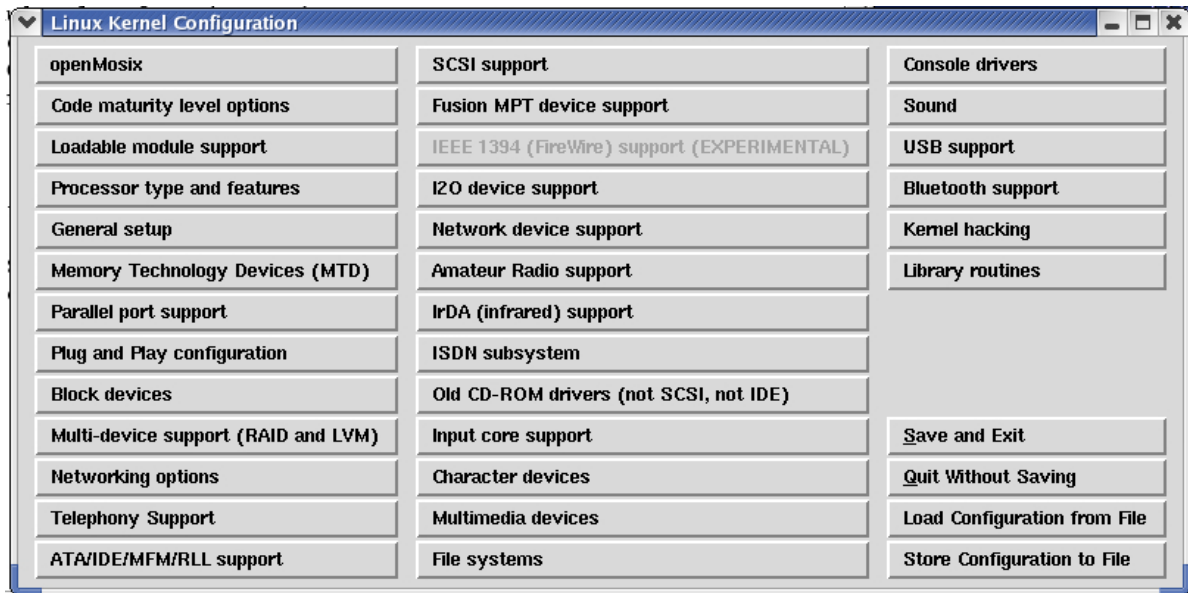


figura 21: pantalla principal configuració del kernel

Els apartats de configuració del kernel queda tal com indica les figures 22, 23, 24, 25, 26 i 27.

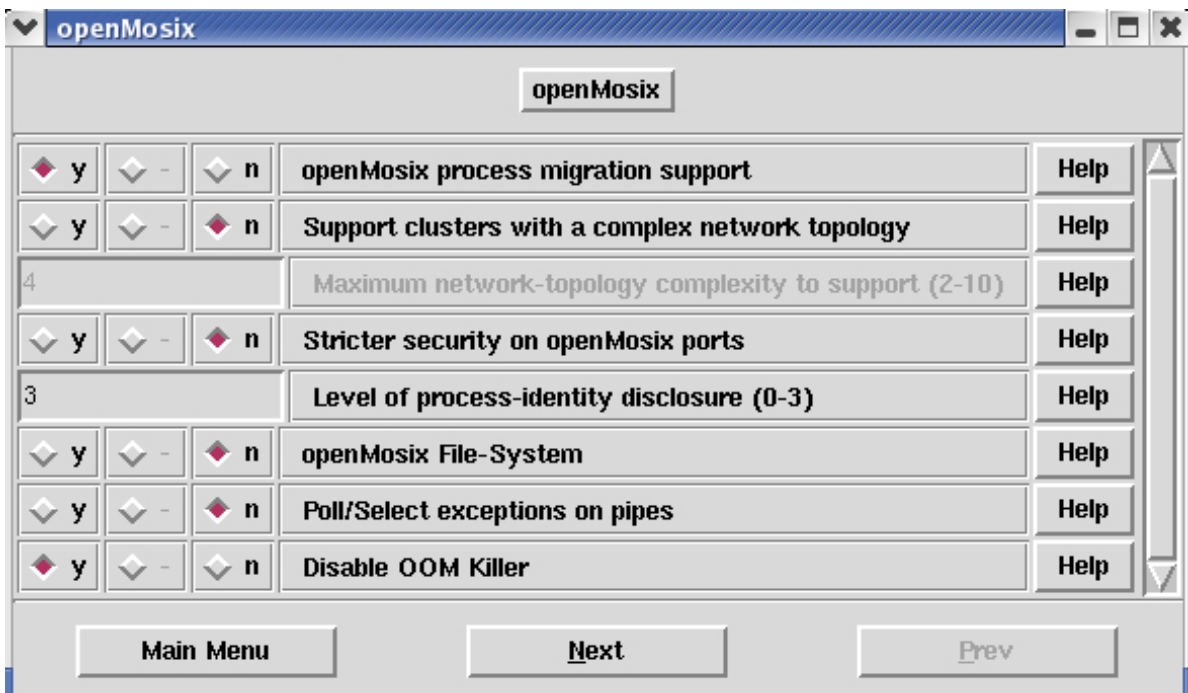


figura 22: configuració openMosix

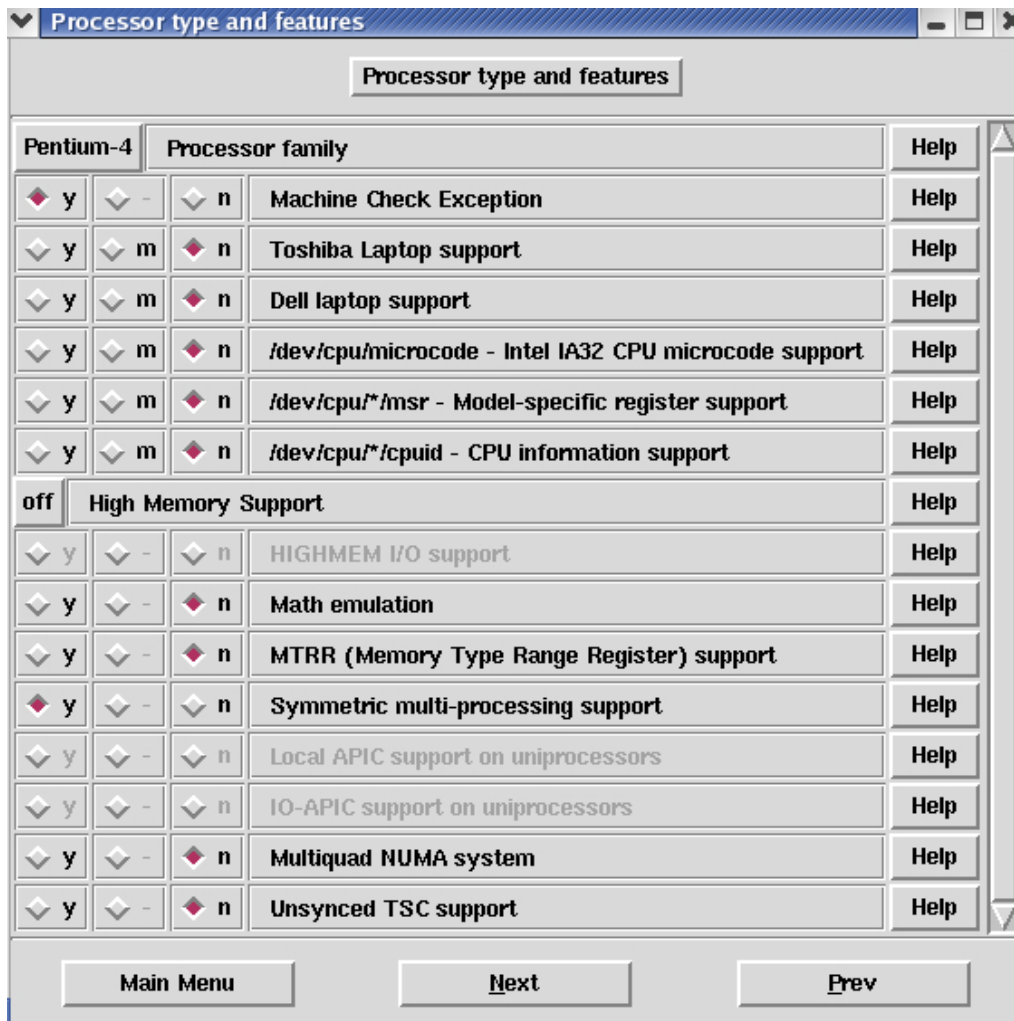


figura 23: selecció de processador, si no surt a la llista escollim el més actual possible

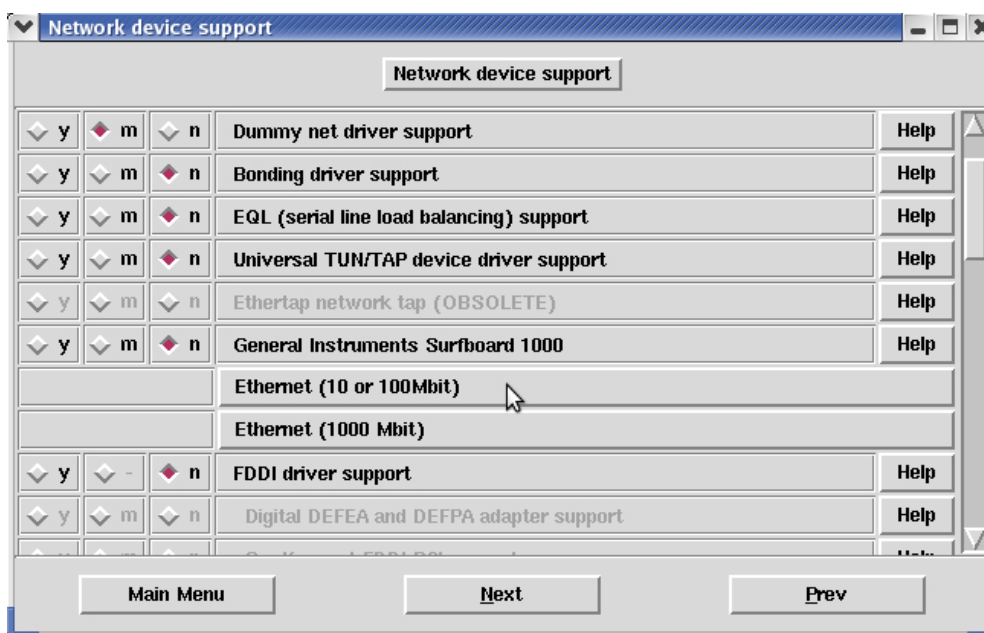


figura 24: selecció velocitat dispositiu Ethernet emulat per VirtualBox

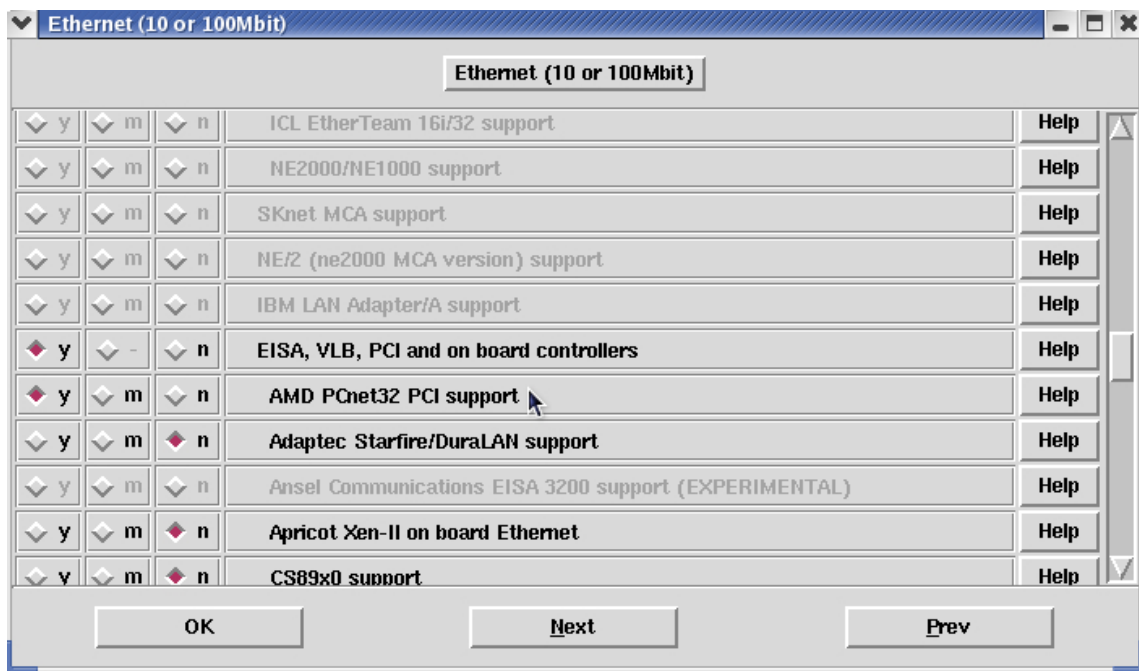


figura 25: selecció del chipset de l'adaptador de xarxa emulat per VirtualBox

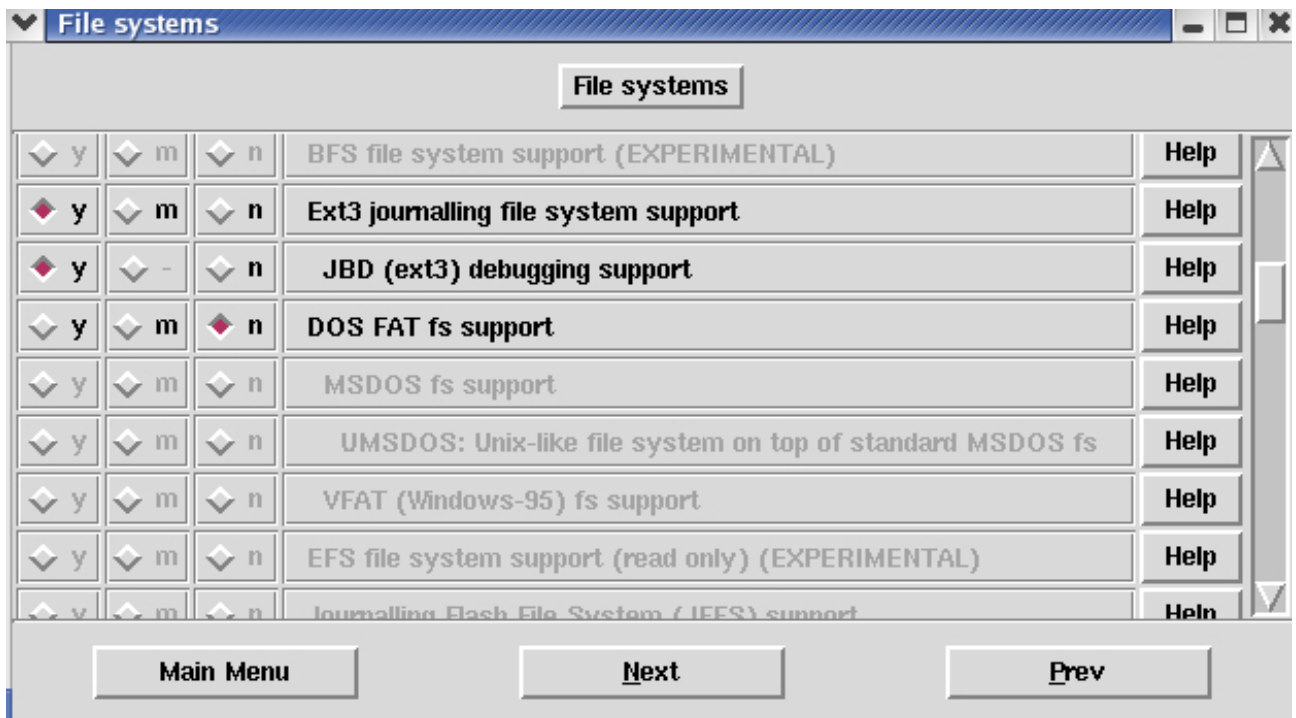


figura 26: activem suport sistema d'arxius ext3

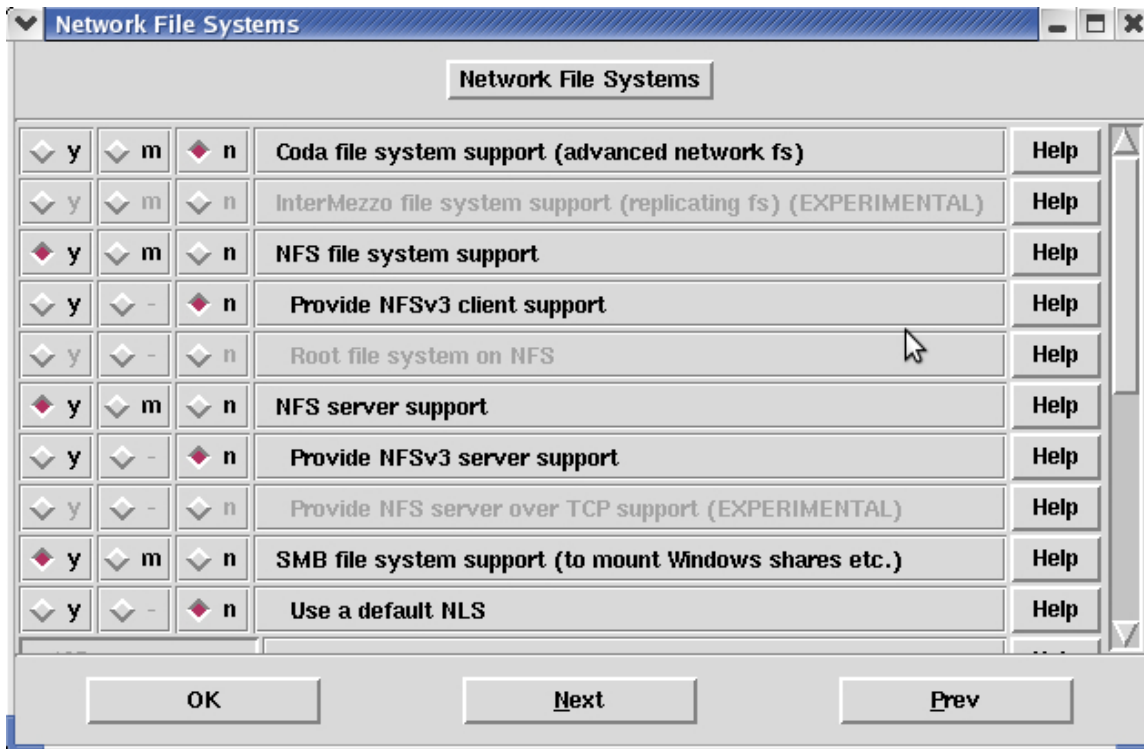


figura 27: activem SAMBA i NFS per compartir arxius i carpetes

La resta d'apartats no els modifiquem, els deixem amb les opcions per defecte. Ara cliquem a *Save and Exit* en el menú principal de Linux Kernel Configuration i ens surt el següent missatge (figura 28) avisant-nos que el kernel ja està configurat i que tenim que executar l'ordre "make dep" per començar a compilar el kernel.

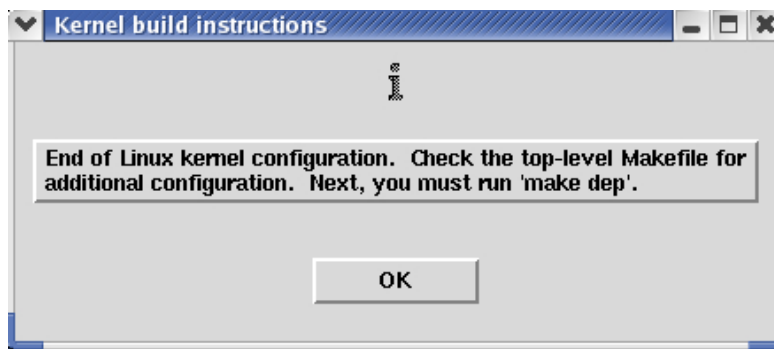


figura 28: finalització de la configuració del kernel

Executem les següents ordres de manera seqüencial per compilar el kernel des del directori "/usr/src/linux-2.4.20":

"make dep" Analitza i genera els fitxers que defineixen les dependències entre les diferents parts del codi del nucli.

"make clean" Es fa una neteja, esborrant tots els fitxers que s'haguessin generat en alguna compilació anterior.

"make bzlilo" Compila finalment el nucli.

"make modules" Compila els mòduls³⁹.

"make modules_install" Instal·la els mòduls a /lib/modules.

Després de la compilació, copiem els arxius "vmlinuz⁴⁰" i "System.map⁴¹" que es troben en " / " a "/boot" (per defecte, aquests arxius es copien en l'arrel del sistema, si ja existeix un "vmlinuz" o "System.map" a " / ", automàticament es canvia el nom a "vmlinuz.old" i "System.map.old" respectivament, per poder crear el nou "vmlinuz" i "System.map" a " / "), i al final del nom dels dos arxius afegim la versió del nucli, per diferenciar-los d'altres que puguin haver-hi. Les ordres per fer aquestes operacions són les següents:

```
"cd /"
```

```
"cp vmlinuz /boot/vmlinuz-2.4.20"
```

```
"cp System.map /boot/System.map-2.4.20"
```

Ara hem de canviar el fitxer "/etc/lilo.conf" per afegir el nostre nou nucli. En el nostre cas la configuració LILO⁴² quedaria així:

```
prompt
timeout=50
default=linux
boot=/dev/hda
map=/boot/map
install=/boot/boot.b
message=/boot/message
linear

image=/boot/vmlinuz-2.4.20-8
    label=linux
    initrd=/boot/initrd-2.4.20-8.img
    read-only
    append="root=LABEL=/"

image=/boot/vmlinuz-2.4.20
    label=Cluster
    initrd=/boot/initrd-2.4.20-8.img
    read-only
    append="root=/dev/hda2"
```

Amb aquesta configuració arrencaria per defecte la imatge del Linux "normal" sense openMosix, si volem iniciar Linux amb l'extensió openMosix per utilitzar el clúster, tenim que seleccionar-lo abans de 5 segons. Podem augmentar aquest temps o que arrenqui de forma predeterminada per utilitzar el clúster canviant la configuració de l'arxiu "lilo.conf".

39 Què són els mòduls? http://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%B3dulo_de_n%C3%BAcleo

40 Què és vmlinuz? <http://www.linfo.org/vmlinuz.html>

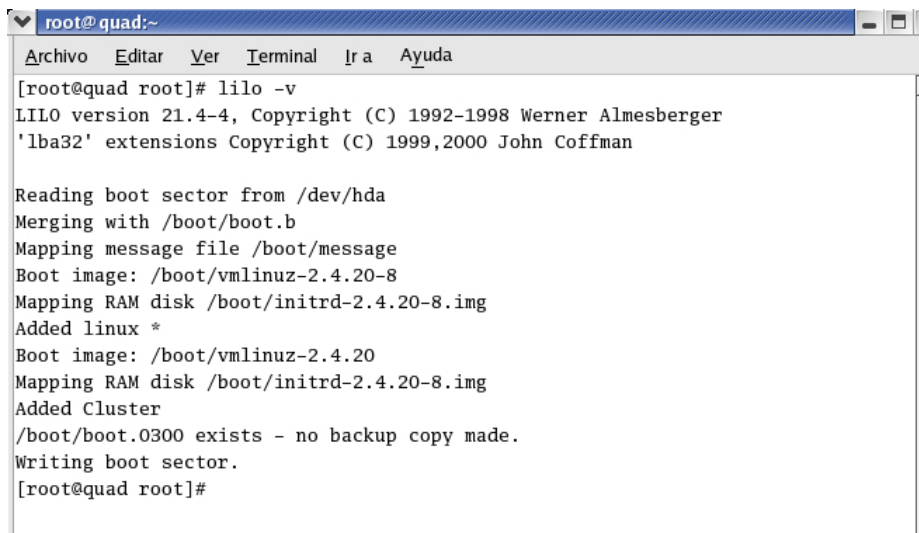
41 Què és System.map? <http://en.wikipedia.org/wiki/System.map>

42 Què és LILO? http://es.wikipedia.org/wiki/Lilo_%28Linux%29

Finalment actualitzarem el MBR del nostre disc dur amb la nova informació introduïda a l'arxiu "lilo.conf" amb la següent ordre:

```
"lilo -v"
```

A la figura 29 podem comprovar que el MBR s'ha actualitzat.



```
root@quad:~  
Archivo  Editar  Ver  Terminal  Ir a  Ayuda  
[root@quad root]# lilo -v  
LILLO version 21.4-4, Copyright (C) 1992-1998 Werner Almesberger  
'lba32' extensions Copyright (C) 1999,2000 John Coffman  
  
Reading boot sector from /dev/hda  
Merging with /boot/boot.b  
Mapping message file /boot/message  
Boot image: /boot/vmlinuz-2.4.20-8  
Mapping RAM disk /boot/initrd-2.4.20-8.img  
Added linux *  
Boot image: /boot/vmlinuz-2.4.20  
Mapping RAM disk /boot/initrd-2.4.20-8.img  
Added Cluster  
/boot/boot.0300 exists - no backup copy made.  
Writing boot sector.  
[root@quad root]#
```

figura 29: MBR actualitzat amb la nova configuració de "lilo.conf"

Reiniciem el sistema amb el nou nucli (figura 30) i comprovem si tot funciona correctament, però encara no tenim un node OpenMosix, hem d'instal·lar les eines d'usuari per configurar i administrar el clúster.

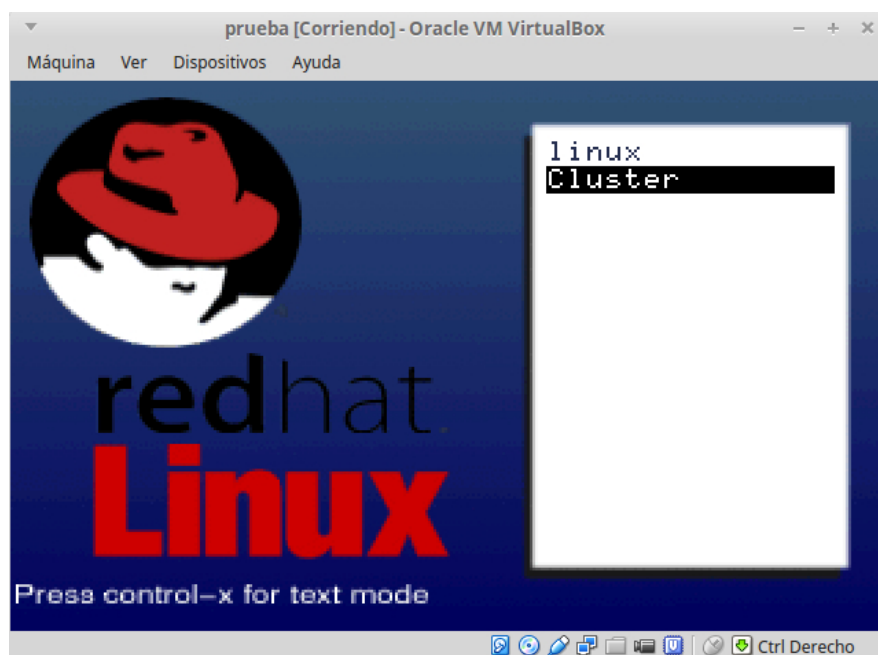


figura 30: selecció del nou kernel en el menú d'arrencada LILO

Executem els arxius "*openmosix-tools-0.3.6-2.i386.rpm*" i "*openmosixview-1.5-redhat90.i386.rpm*". Com són paquets rpm, s'instal·laran automàticament els programes per configurar i administrar el clúster.

Amb *openmosix-tools* configurem i administrem el clúster en mode consola. Per configurarlo executem aquesta ordre des de la consola:

"*gedit /etc/openmosix.map*" i al final d'aquest arxiu escrivim "*1 192.168.1.10 2*" (figura 31).

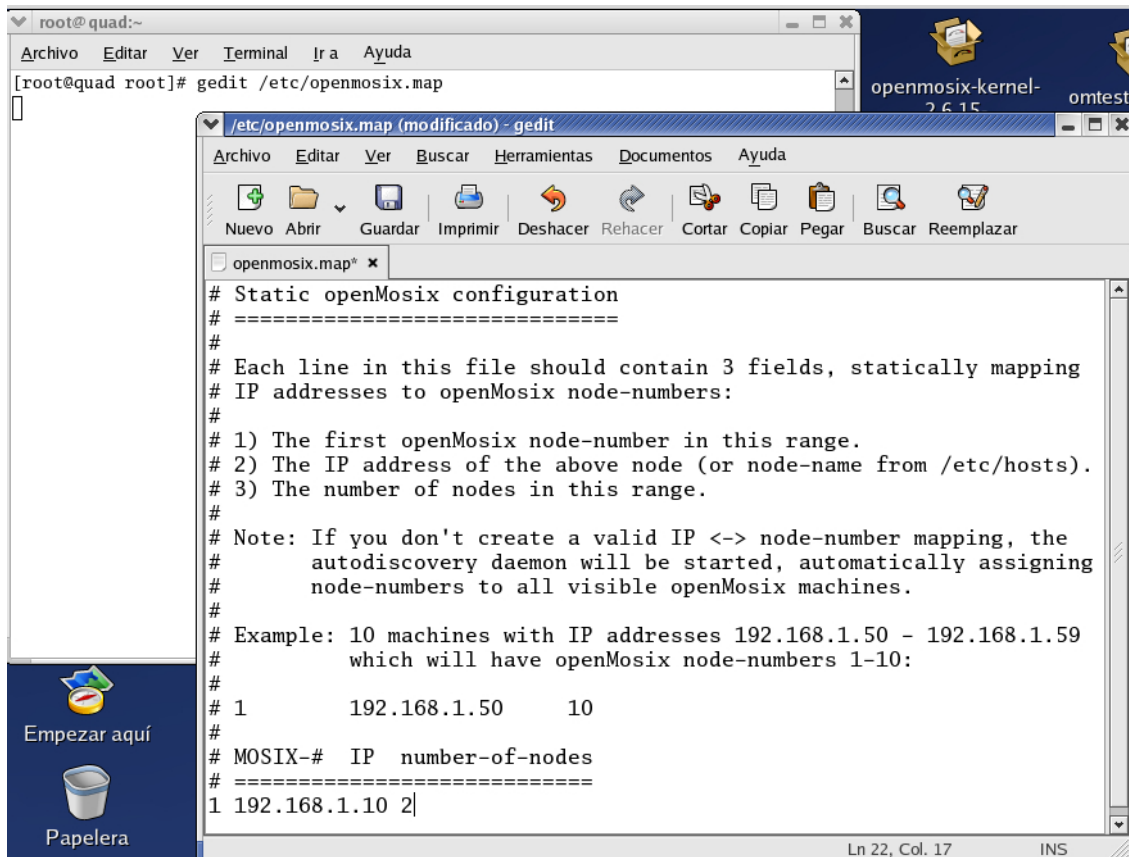


figura 31: configuració *openmosix.map*

Desem aquesta configuració i tornem a reiniciar el sistema, i una vegada iniciat ja tenim els dos nodes *openMosix* operatius, ja que ho em implementat de manera paral·lela en els dos ordinadors de la xarxa. Recordem:

Ordinador 1: Intel Core 2 Quad Q6600 a 2,4 Ghz de velocitat i 6 GB de RAM.
Host: quad IP: 192.168.1.10

Ordinador 2: Intel Atom N570 a 1,66 Ghz de velocitat i 2 GB de RAM.
Host: aspire IP: 192.168.1.11

Ara des de la consola de cada node executem el procés "*numpi*", que calcula els primers 50000 decimals del nombre PI, i amb la següent ordre, podem veure si el clúster està operatiu i en quin estat de càrrega es troba cada node:

"*mosmon -t*" (figura 32)

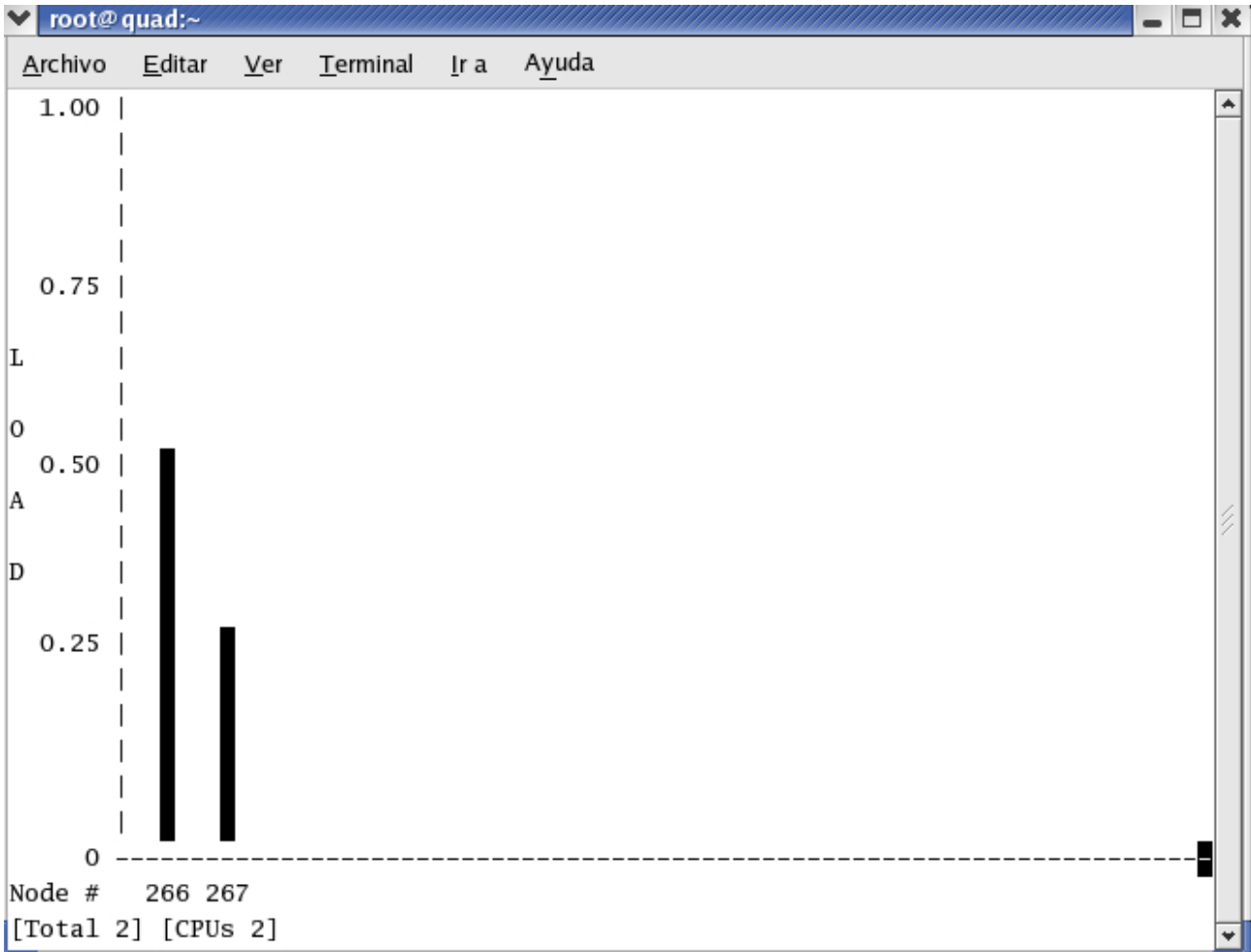


figura 32: estat del clúster openMosix en mode consola mostrant els dos nodes i la càrrega de treball de cadascú

Des de la consola i executant la següent ordre també podem veure l'estat del clúster en mode gràfic:

"openmosixview" (figura 33)

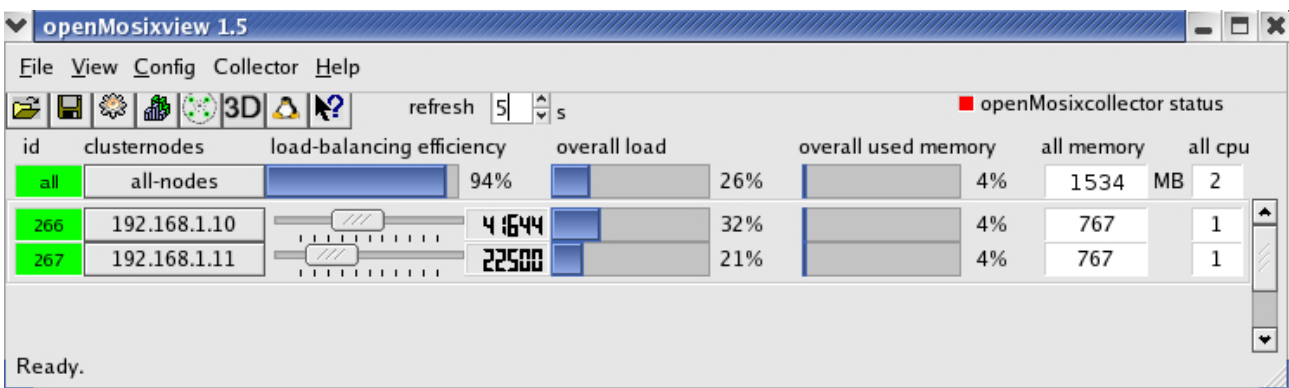


figura 33: estat del clúster openMosix en mode gràfic mostrant els dos nodes i la càrrega de treball de cadascú

El node 266 seria el host *quad* i el 267 seria el host *aspire*. Veiem com openMosix ha detectat que el node 266 és més ràpid que el node 267.

6.3 Configuració del clúster amb clusterKnoppix V3.6 (Linux Knoppix i openMosix)

Una vegada que hem instal·lat clusterKnoppix V3.6 sota VirtualBox (veure [Annex 2](#)), anem a configurar-lo. Editem l'arxiu "/etc/openmosix.map" tal com indica la figura 47.

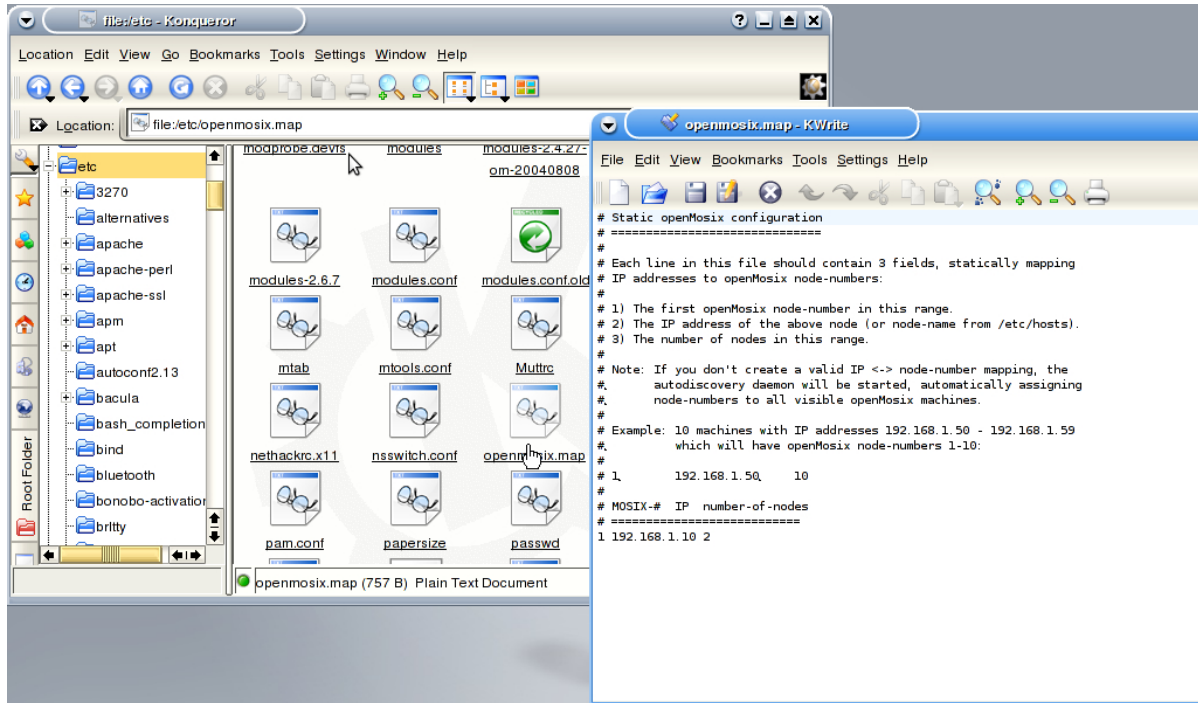


figura 47: ubicació i edició arxiu "openmosix.map"

Finalment reiniciem, i en el menú d'arrencada seleccionem l'opció que marca la figura 48.

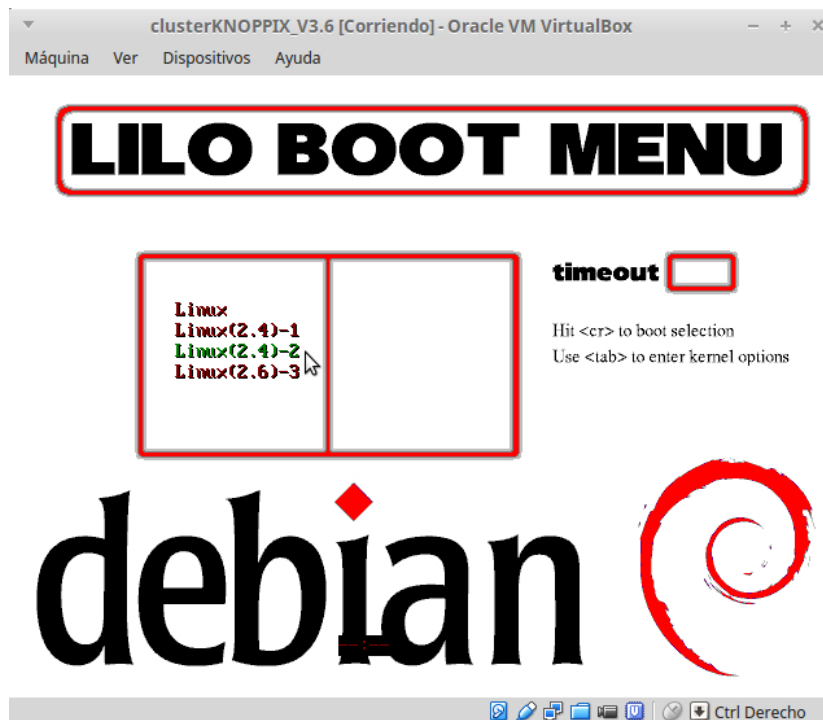


figura 48: iniciem el sistema amb "Linux(2.4)-2"

Una vegada iniciat l'escriptori en els dos ordinadors, executem el programa "numpi" i veiem com a través del programa *openmosixview*, els dos nodes estan configurats perfectament (figura 49 i 50).

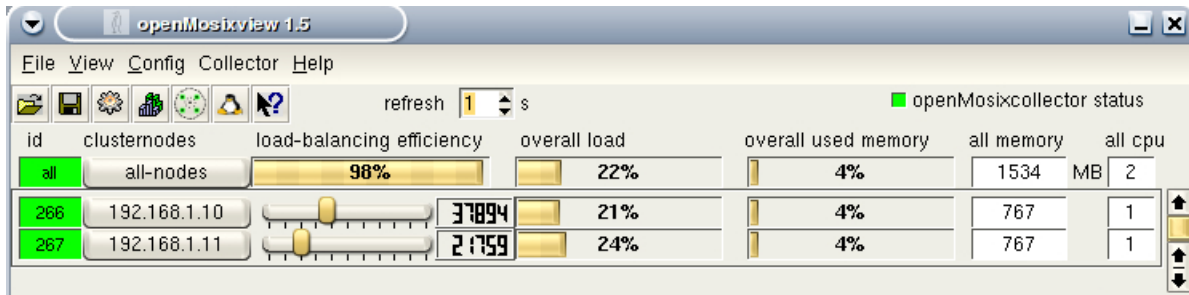


figura 49: estat del clúster *openMosix* en mode gràfic mostrant els dos nodes i la càrrega de treball de cadascú

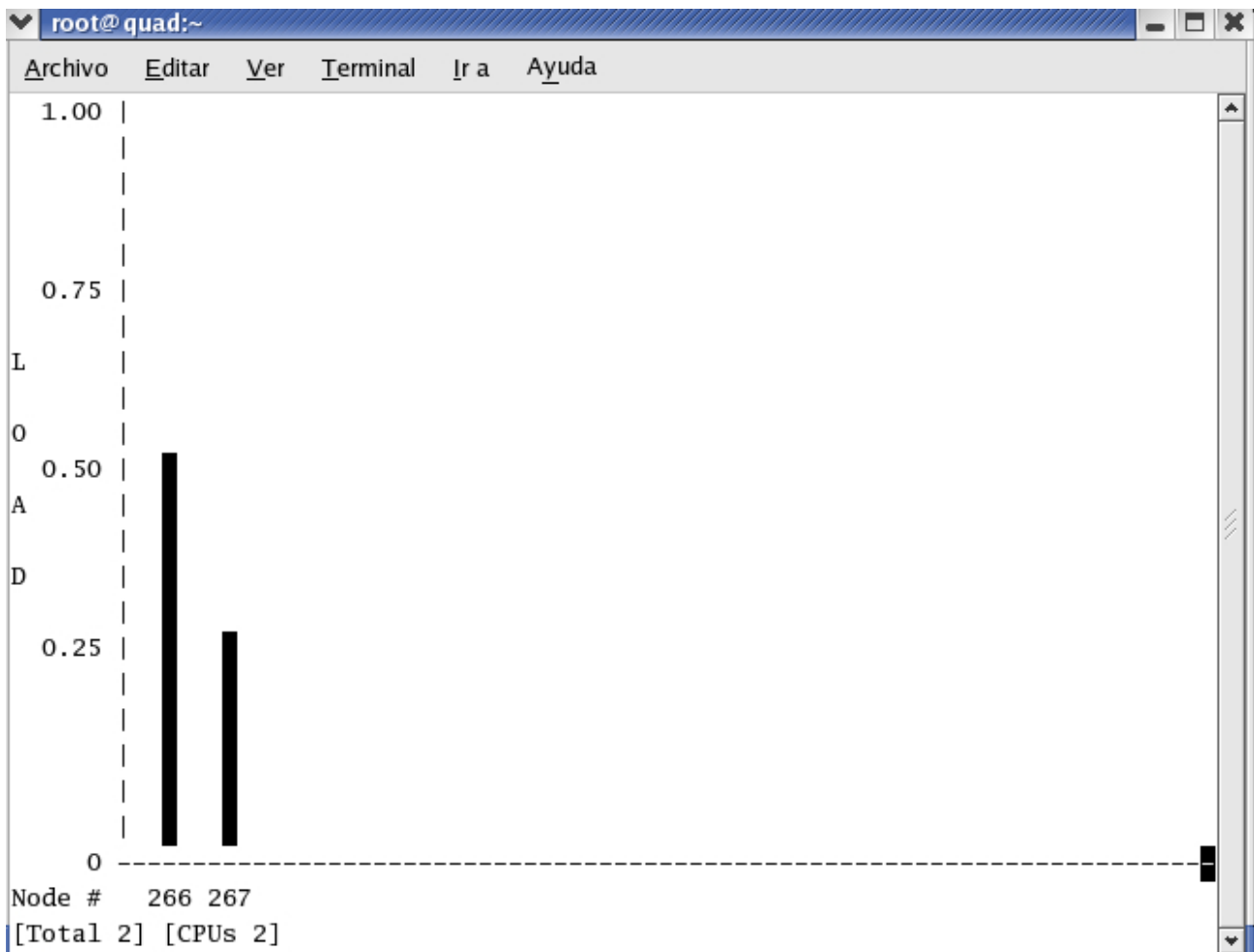


figura 50: estat del clúster *openMosix* en mode consola mostrant els dos nodes i la càrrega de treball de cadascú

El node 266 seria el host *quad* i el 267 seria el host *aspire*. Veiem com *openMosix* ha detectat que el node 266 és més ràpid que el node 267.

6.4 Instal·lació i configuració d'un clúster virtual de 6 ordinadors, només tenint 2 ordinadors i 2 processadors amb Red Hat 9.0 en VirtualBox

Fins ara hem creat un clúster amb dos ordinadors i dos processadors (i d'aquests processadors, només estic utilitzant un nucli de cadascú, la resta no estan operatius perquè el kernel del Linux no els reconeix). Quan executem el procés "numpi" en cada node, el processador de cada ordinador s'encarrega de calcular els decimals del nombre PI, o si l'algoritme openMosix ho considera oportú, migrarà el procés al node més ràpid. Si en comptes d'executar aquest procés només un cop en cada node, ho executem varies vegades en cada node, acabariem per saturar el processador de cada ordinador, baixant exponencialment el seu rendiment, ja que el càlcul de decimals del nombre PI és una tasca molt pesada.

Per solucionar aquest problema, amb la següent implementació, tractem d'aprofitar el processador de 4 nuclis de l'ordinador 1 i el processador de 2 nuclis de l'ordinador 2, per a que entre tots es pugui computar les múltiples execucions del procés "numpi" en el clúster. Comencem per executar VirtualBox i clonem la màquina Redhat 9.0 (seleccionem Redhat 9.0, cliquem botó secundari del ratolí i triem l'opció Clonar). Seguidament li donem un nom, i seguim els següents passos per crear la clonació tal com indica la figura 51, 52, 53, 54 i 55.

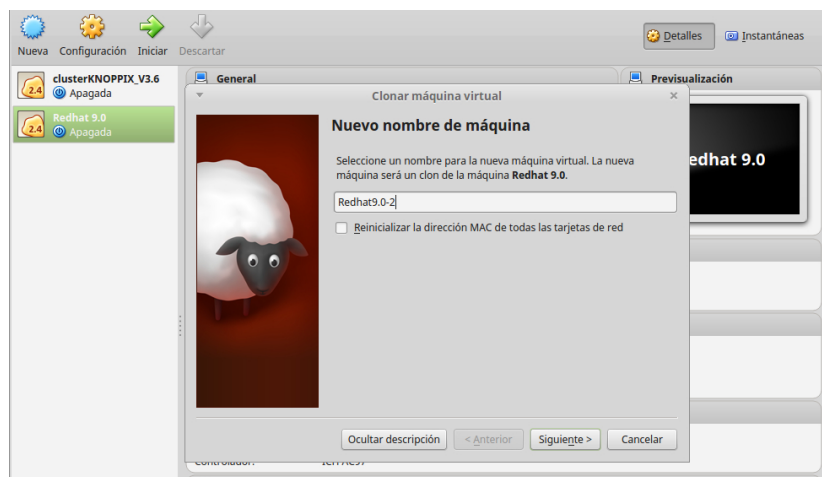


figura 51: clonació i nom de la màquina

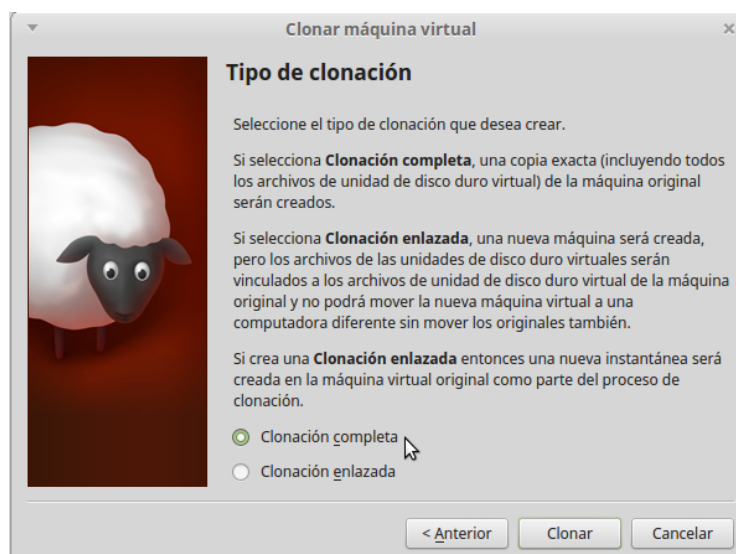


figura 52: triem clonació completa

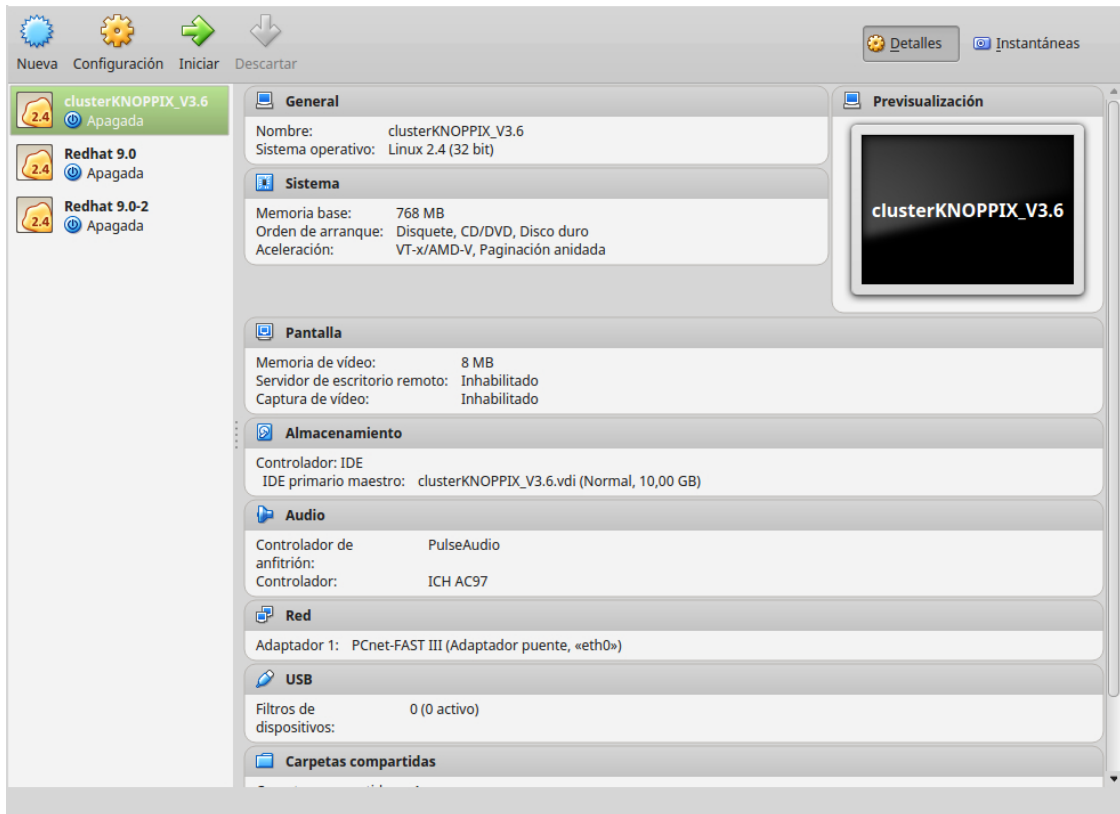


figura 53: clonació finalitzada

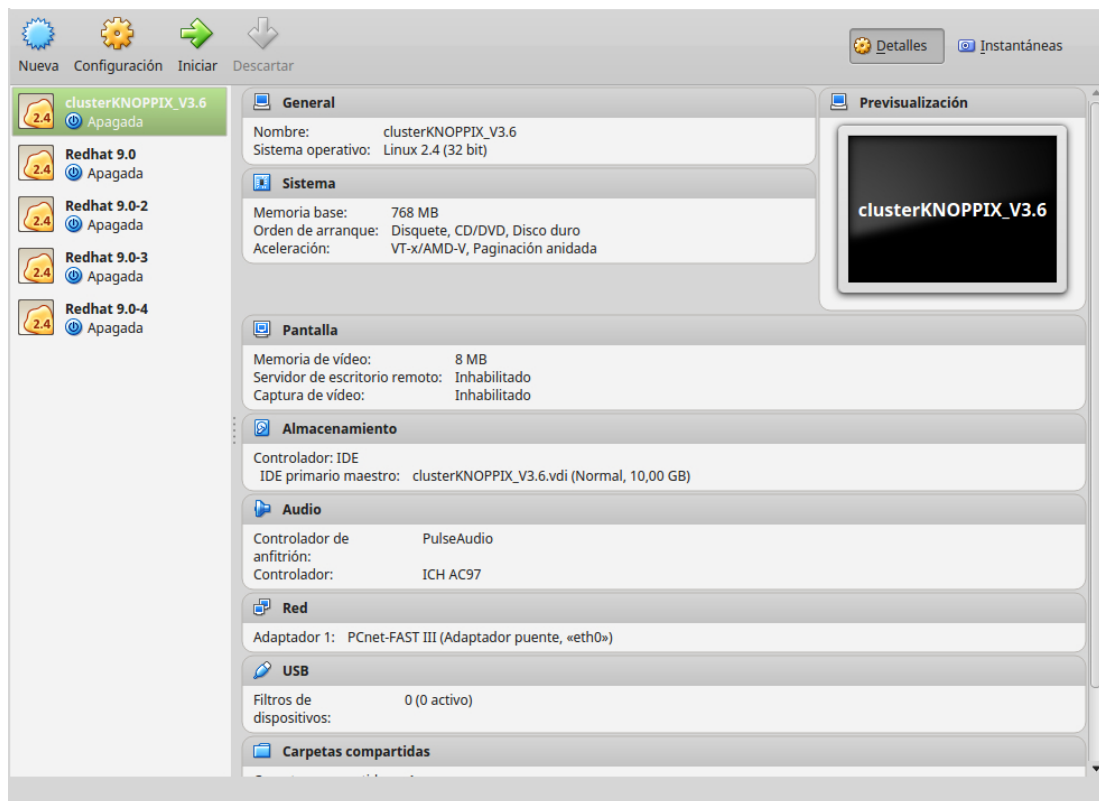


figura 54: les 4 màquines clonades a l'ordinador 1

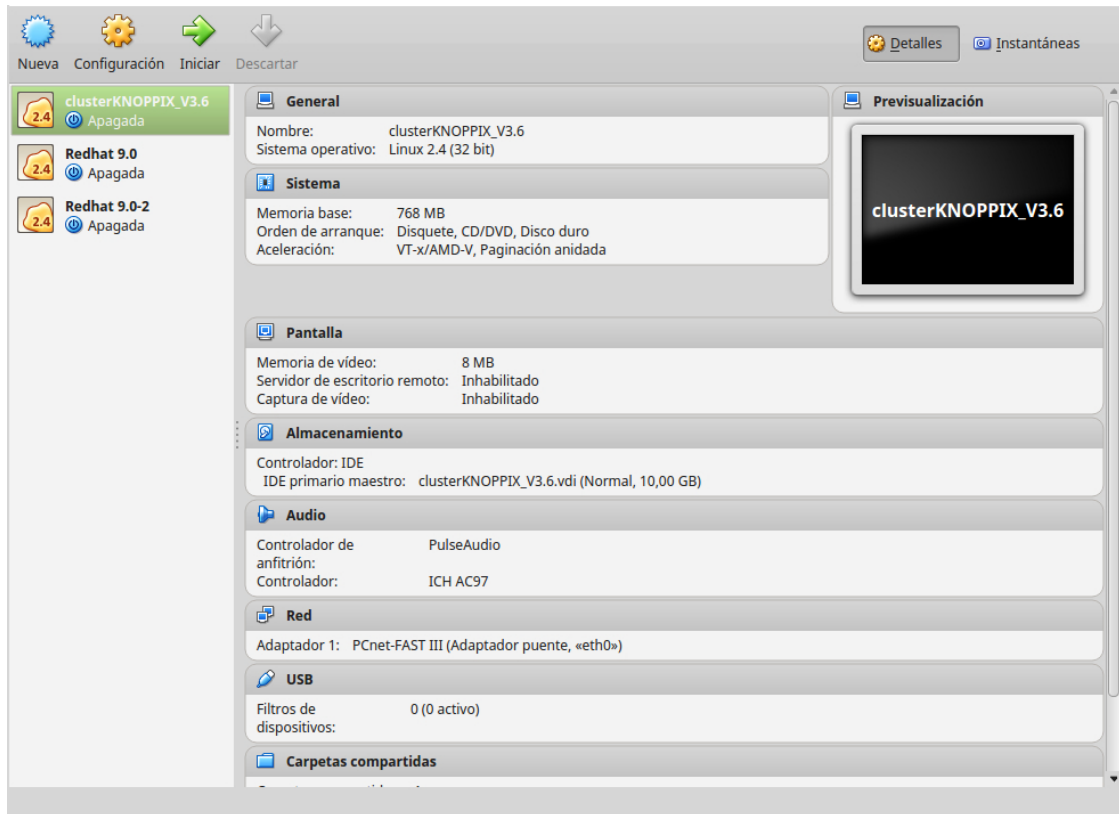


figura 55: les 2 màquines clonades a l'ordinador 2

Ara hem de canviar la IP de cada màquina i el seu nom, per a que no hi hagi conflictes. Per fer-ho hem d'arrencar cada màquina de manera individual, i assignar-li una IP i un nom diferent. Finalment canviarem la configuració de `"/etc/openmosix.map"` i llançarem el procés `"numpi"` sis vegades, una en cada màquina virtual, i veurem com cada nucli treballarà en un procés del sis que hi haurà en el clúster (figures 56, 57, 58, 59, 60, 61 i 62).

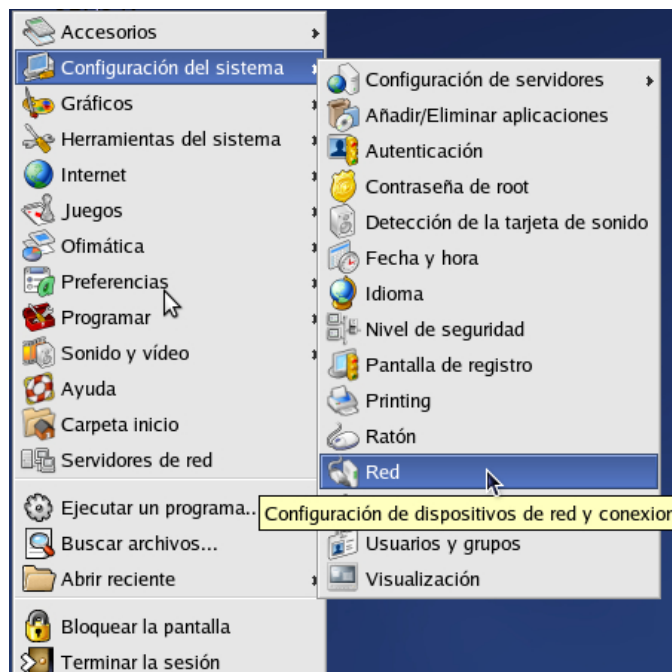


figura 56: en el menú cliquem "Red"

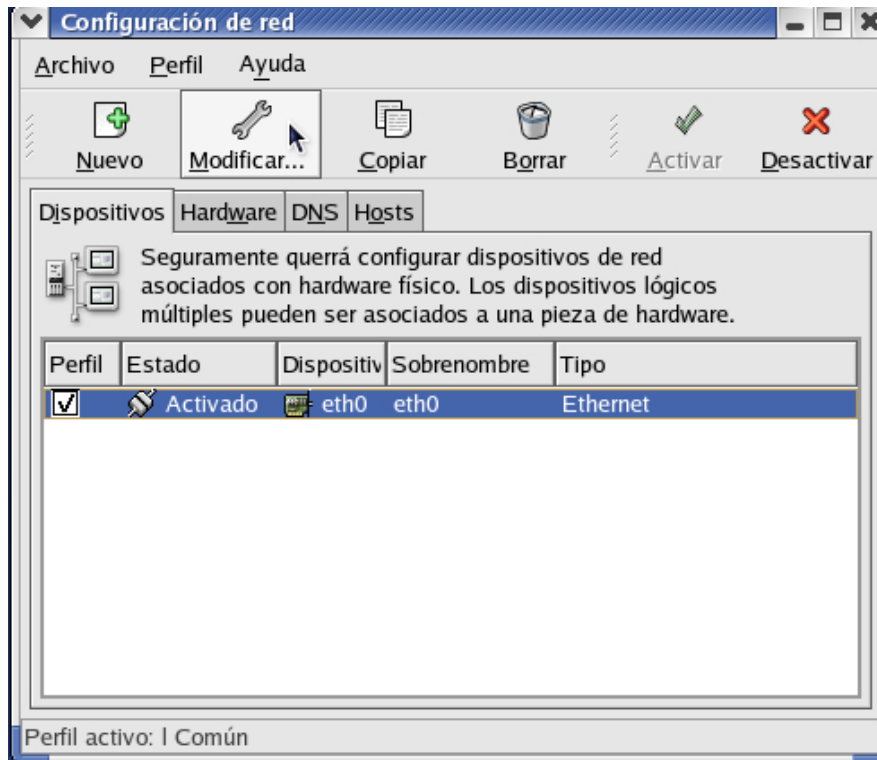


figura 57: cliquem en "Modificar"

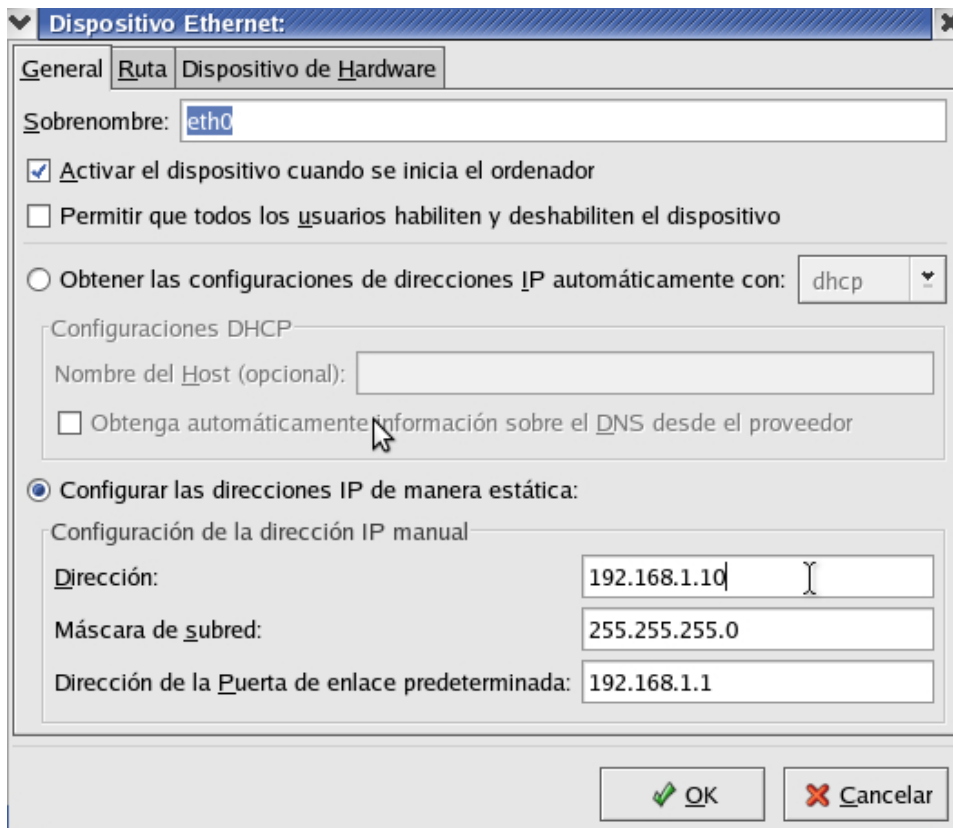


figura 58: modifiquem en cada màquina la IP, que sigui diferent i no es repeteixi

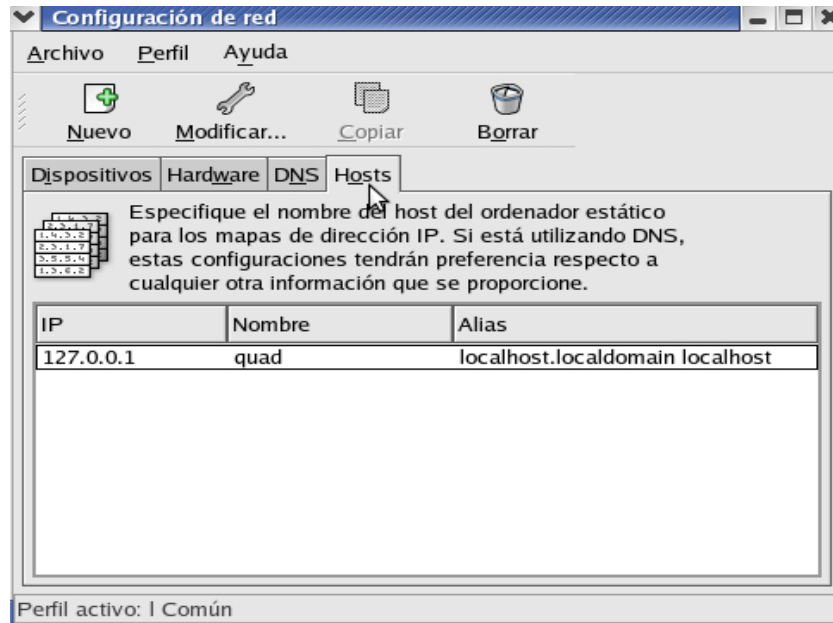


figura 59: nom de host diferent per a cada màquina

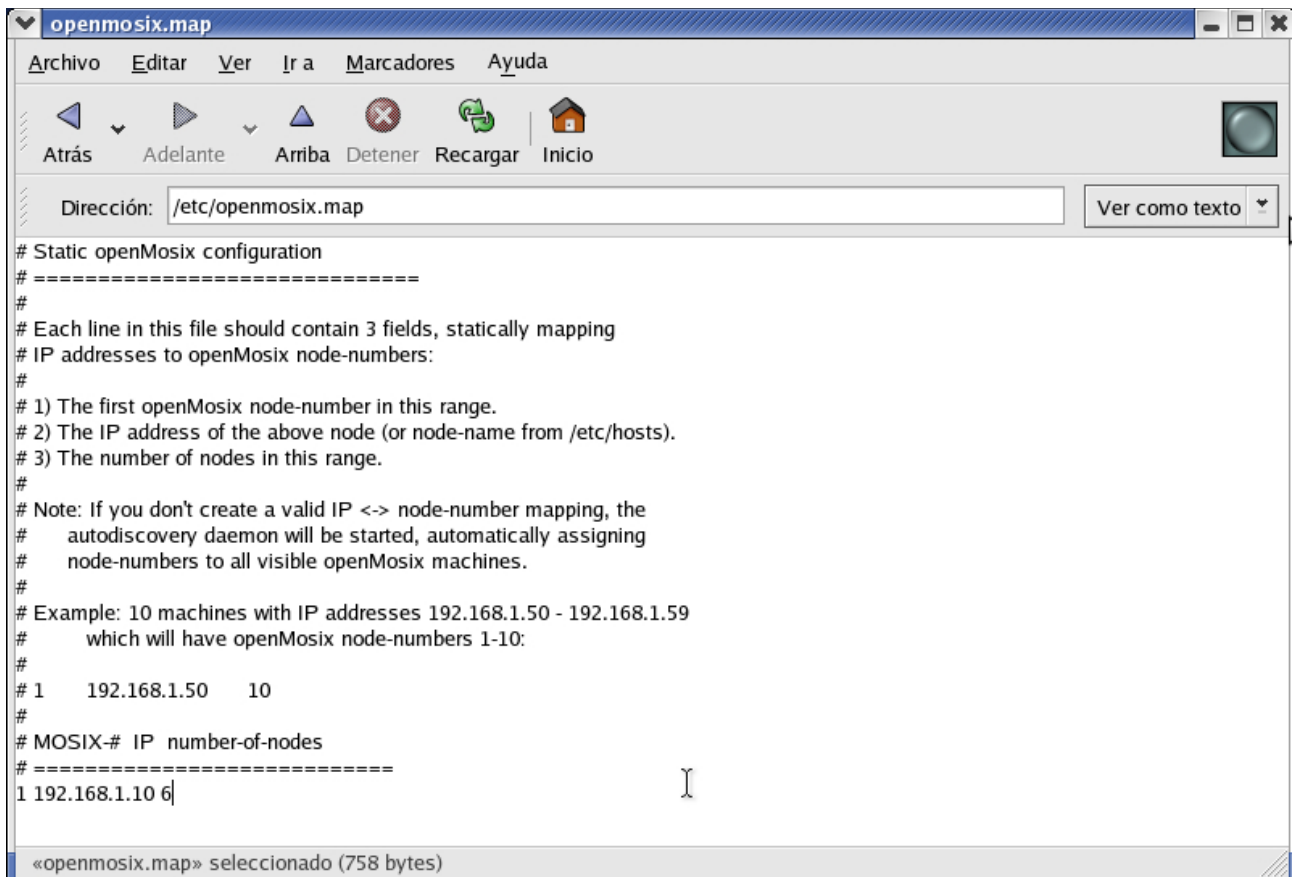


figura 60: nova configuració arxíu "openmosix.map"

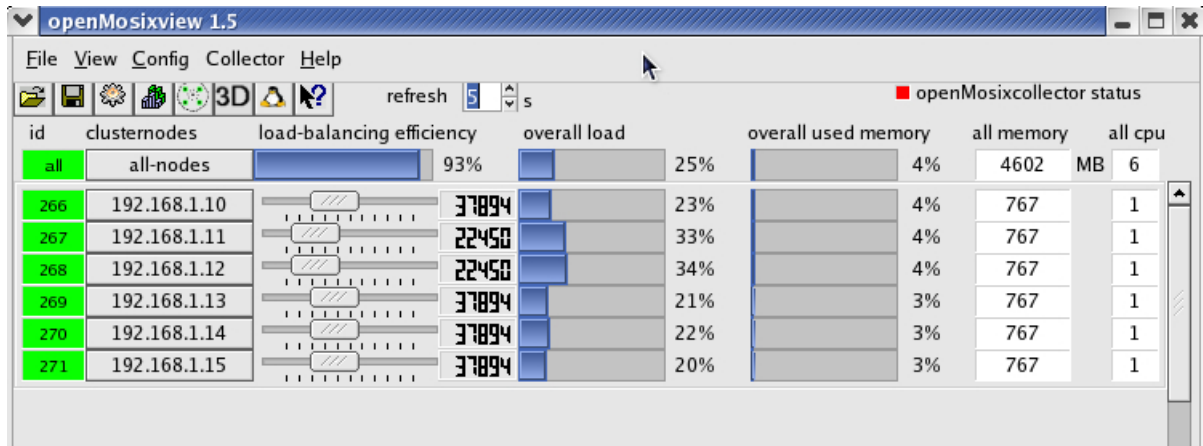


figura 61: execució de varis processos "numpi" en el clúster

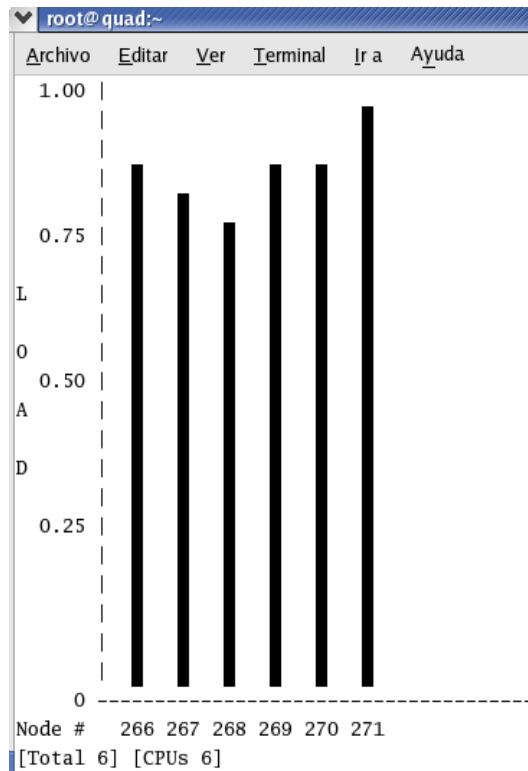


figura 62: càrrega del clúster on es mostra que hi ha 6 nuclis computant els processos "numpi"

D'aquesta manera, tal com indica la figura 61, podem executar varis processos "numpi" de manera simultània, aprofitant les característiques multi-nucli dels processadors i sense saturar la màquina. Es recomana crear tantes màquines virtuals com número de nuclis tenim al clúster.

El node 266, 269, 270 i 271 són de l'ordinador 1 de 4 nuclis (els més ràpids), i els nodes 267 i 268 són de l'ordinador 2 de 2 nuclis (els més lents).

De la mateixa manera, també es pot clonar una màquina virtual amb clusterKnoppix i muntar un clúster de 6 nuclis, on podem llençar varis processos "numpi" alhora, sense que el rendiment general dels ordinadors quedi minvat.

7 Implementació d'un clúster d'alt rendiment amb Mosix

La principal avantatge de Mosix respecte openMosix és que ho podem instal·lar en kernels i en maquinari actual, però també en ordinadors una mica desfasats com és el meu cas on els equips van ser adquirits l'any 2009 / 2010, i també és un programa que s'actualitza constantment. En contra no tenim un programa per administrar el clúster gràficament, només ho podem fer sota consola, a través del terminal. Per implementar el clúster Mosix es farà, en aquest cas, sobre una distribució Linux Mint 17.1, amb la versió de kernel 3.19.0-18. Ara el nom i la IP dels hosts canvien, ja que treballarem sobre un sistema real i no virtualitzat com hem fet fins ara, llavors la configuració queda d'aquesta manera:

Ordinador 1: Intel Core 2 Quad Q6600 a 2,4 Ghz de velocitat i 6 GB de RAM.
Host: quadcore IP: 192.168.1.129

Ordinador 2: Intel Atom N570 a 1,66 Ghz de velocitat i 2 GB de RAM.
Host: atom IP: 192.168.1.130

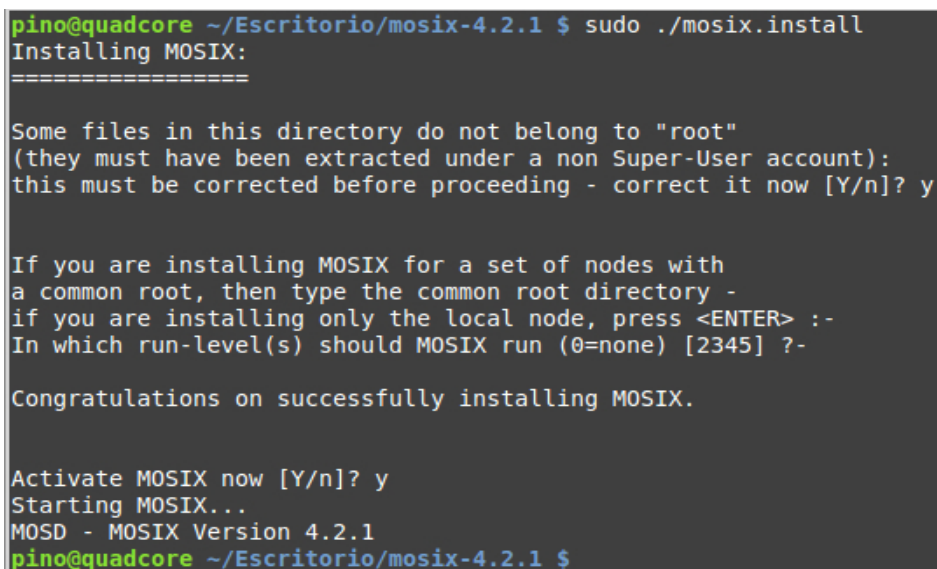
7.1 Instal·lació i configuració del clúster amb Linux Mint 17.1 i Mosix

L'última versió de Mosix que és la 4.2.1, ja no fa falta compilar el nucli per afegir les extensions de migració de processos, ho instal·la automàticament al kernel quan executem el programa d'instal·lació. Comencem per baixar-nos Mosix des de <http://www.mosix.cs.huji.ac.il/mos4/MOSIX-4.2.1.tbz>, ho descomprimim fent doble *click* a l'arxiu, i desm la carpeta "mosix-4.2.1" en una ubicació, en el nostre cas en l'escriptori. A través del terminal ens ubiqüem dins del directori amb la següent ordre:

```
"cd /$HOME/Escriptorio/mosix-4.2.1"
```

I executem "*sudo ./mosix.install*" (necessitem privilegis d'administrador).

A la figura 63 es mostra quina configuració hem d'escollir segons les següents preguntes:



```
pino@quadcore ~/Escriptorio/mosix-4.2.1 $ sudo ./mosix.install
Installing MOSIX:
=====

Some files in this directory do not belong to "root"
(they must have been extracted under a non Super-User account):
this must be corrected before proceeding - correct it now [Y/n]? y

If you are installing MOSIX for a set of nodes with
a common root, then type the common root directory -
if you are installing only the local node, press <ENTER> :-
In which run-level(s) should MOSIX run (0=none) [2345] ?-

Congratulations on successfully installing MOSIX.

Activate MOSIX now [Y/n]? y
Starting MOSIX...
MOSD - MOSIX Version 4.2.1
pino@quadcore ~/Escriptorio/mosix-4.2.1 $
```

figura 63: en ordre d'aparició contestem a les preguntes amb "Yes"- "prenem ENTER"- "prenem ENTER"

Ara executem "sudo ./mosconf"

A les figures 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70 i 71 es mostra les configuracions que hem d'escollir:

```
pino@quadcore ~/Escritorio/mosix-4.2.1 $ sudo ./mosconf
MOSIX CONFIGURATION
=====

If this is your cluster's file-server and you want to configure MOSIX
for a set of nodes with a common root, please type their common root
directory. Otherwise, if you want to configure the node that you are
running on, just press <ENTER> :-

What would you like to configure?
=====
1. Which nodes are in this cluster
2. Authentication
3. Logical node numbering
4. Processor speed
5. Freezing policies
6. Miscellaneous policies
7. Become part of a multi-cluster private cloud
8. Parameters of 'mosrun'

Configure what :- 
```

figura 64: menú principal de MOSIX CONFIGURATION

```
Adding new node(s) to the cluster:
First host-name or IP address :- 192.168.1.129
Number of nodes :- 2
Are these nodes distant [y/N]? n

Nodes in your cluster:
=====
1. 2 nodes starting from 192.168.1.129

Automatic configuration:
=====
>>> Type 'a' to auto-detect and configure the nodes in your cluster <<<

Manual configuration:
=====

To add a new set of nodes to your cluster, type 'n'.
To modify an entry, type its number.
To delete an entry, type 'd' followed by that entry-number (eg. d1).
To add a new alias, type 'l'.
For help, type 'h'. When finished, type 'q' (to abandon all changes type
'Q').

Option :- 
```

figura 65: configuració opció 1 del menú principal

```
MOSIX Authentication:
=====

To protect your MOSIX cluster from abuse, preventing
unauthorised persons from gaining control over your computers,
you need to set up a secret cluster protection key.
This key can include any echo characters, but must be
identical throughout your cluster.

You already have a cluster protection key:
To keep it, press <Enter>.
To change it, type the new key here :- *****
Your key is 13 characters long.
```

figura 66: configuració opció 2 del menú principal

```

Mappings of host-names/IP-addresses to MOSIX node numbers:
=====
Entry  Node  Host/IP      # of nodes
-----
1.     1     192.168.1.129  2
    
```

figura 67: informació opció 3 del menú principal

```

Processor Speed:
=====
Processor speed was set at 10000 units.

The speed of the most typical processor in your cluster should be
set to 10000 units.  If you have computers with slower processors in
your cluster(s), then their speed should be set proportionally lower
and if you have computers with faster processors, in your cluster(s),
then their speed should be set proportionally higher.

As some processors do better with certain types of applications,
in setting the processor's speed, you should take into account the
typical applications that your users intend to run on your MOSIX cluster(s).
    
```

figura 68: configuració opció 4, de moment per defecte ho deixem en 10000 unitats

```

Miscellaneous MOSIX policies:
=====
a. Processor speed is fixed at 10000 units.
b. MOSIX is using IP address 192.168.1.129 for this node.
c. Logging calls to 'mosrun' and migrations is enabled.
d. Storage allocation for Private-Temporary-Files (PTFs):
   Local processes use "/private", allowing by default up to 5GB per process.
   Guest processes use "/private", allowing by default up to 2GB per process.

Type <a>-<d> to modify a policy.
Type <ha>-<hd> for help about a policy.
Type 'q' to exit.
    
```

figura 69: configuració opció 6 del menú principal ordinador 1

```

Miscellaneous MOSIX policies:
=====
a. Processor speed is fixed at 10000 units.
b. MOSIX is using IP address 192.168.1.130 for this node.
c. Logging calls to 'mosrun' and migrations is enabled.
d. Storage allocation for Private-Temporary-Files (PTFs):
   Local processes use "/private", allowing by default up to 5GB per process.
   Guest processes use "/private", allowing by default up to 2GB per process.

Type <a>-<d> to modify a policy.
Type <ha>-<hd> for help about a policy.
Type 'q' to exit.
    
```

figura 70: configuració opció 6 del menú principal ordinador 2

```
Controlling the parameters of 'mosrun':
=====
This is where you can make certain parameters of 'mosrun' the default
or even enforce some of them without permitting the user to override them.

* Selecting the best node to start on is currently not enforced.
* Programs that attempt an unsupported system-call are currently killed
(unless the user specifies the '-e' or '-w' flags).
* Memory-specification is currently not enforced.

Your options regarding selecting the best node to start on are to:
1. Not interfere with the user's choice.
2. Make selecting the best node the default, but not enforce it.
3. Enforce selecting the best node on all users.

Your choice [None/default/enforce] :- default

Your options regarding the handling of unsupported system-calls are to:
1. Not interfere with the user's choice (by default, kill the process).
2. Make silent recovery-attempts the default.
3. Make recovery-attempts the default, with warnings to standard-error.

Your choice [Kill/proceed/warn] :- kill

Should memory-specification ('mosrun -m{mb}') be mandatory? [No/yes] :- no

Thank you, that is all: press <Enter> to continue.[]
```

figura 71: configuració opció 8 del menú principal

Opcions 5 i 7 del menú principal es queden amb la configuració per defecte. Amb aquesta configuració ja tindriem el clúster configurat en els dos ordinadors. Ara llençarem processos "numpi" en tots dos ordinadors i veurem la càrrega de cada node, i que tenim 6 nuclis disponibles per migrar processos (figura 72). Executem l'ordre "mosrun ./numpi":

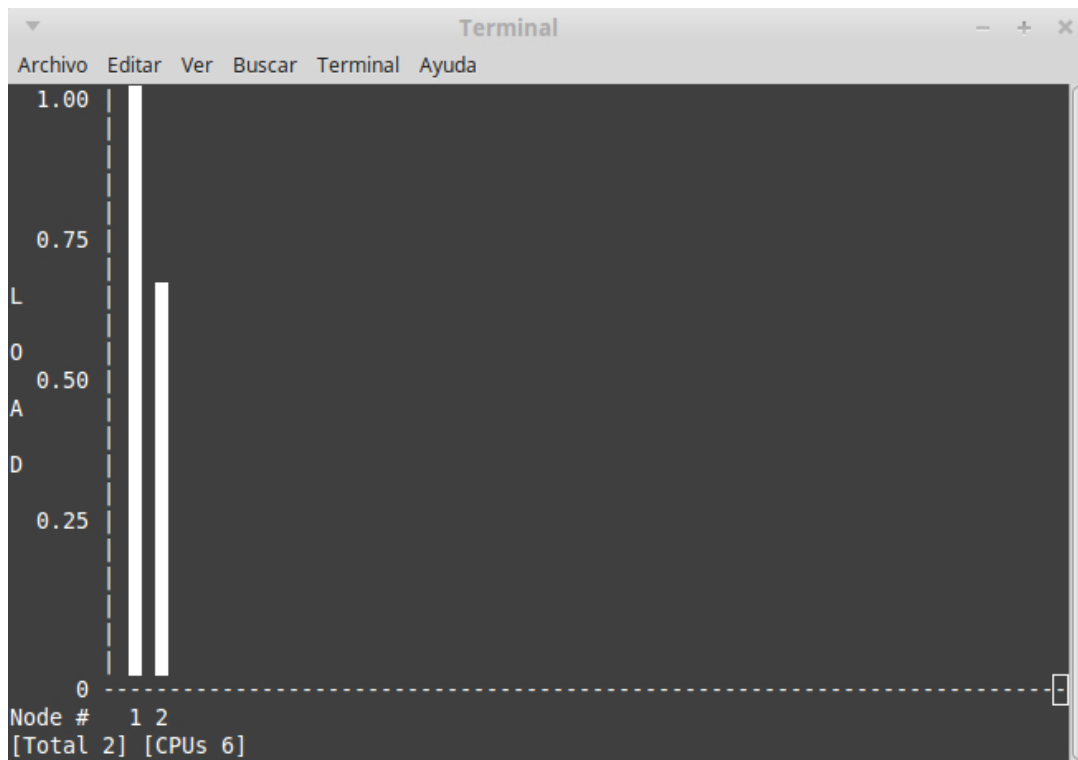


figura 72: càrrega del clúster Mosix

Podem comprovar que el clúster funciona correctament i migra processos d'un ordinador a un altre, buscant sempre el millor rendiment.

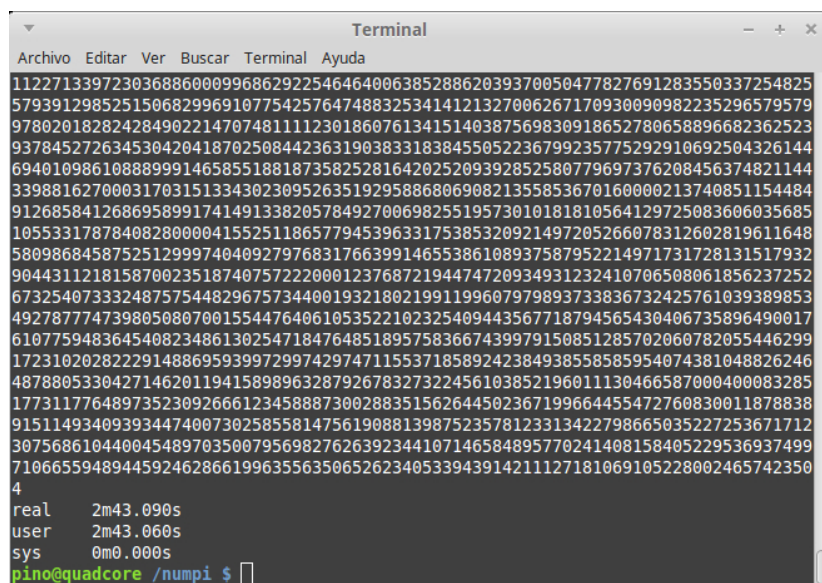
8 Proves de rendiment

En aquest apartat faré una comparativa de les quatre implementacions que he instal·lat abans. En cada comparativa faré el següent:

- 1- Anotar el temps que tarda en executar un procés "*numpi*" de manera individual en cada ordinador sense iniciar el clúster.
- 2- Executar un procés "*numpi*" des de l'ordinador 2 (el que té menys prestacions) i observar com openMosix / Mosix migrarà aquest procés al node més ràpid i anotar el temps que triga (només utilitzarem 2 nuclis).
- 3- Executar 6 processos "*numpi*" des de l'ordinador 2 i veure com només amb dos nuclis el clúster es saturarà i el seu rendiment baixarà de forma exponencial (només en la implementació openMosix-Red Hat 9.0, ja que Mosix sempre detectarà 6 nuclis). Després veurem que amb la tercera i quarta implementació (apartats 6.4 i 7.1), en la qual hi ha disponibles 6 nuclis per computar, el clúster funcionarà de manera correcta (aquesta prova només es farà amb openMosix-Red Hat 9.0 i Mosix).

Però abans de començar amb aquestes proves hem de modificar la proporció de les velocitats dels processadors que detecta openMosix / Mosix. L'algoritme openMosix no em detecta bé en quina proporció l'ordinador 1 és més ràpid que l'ordinador 2, i l'algoritme Mosix per defecte posa en la configuració del clúster que tots els processadors son de la mateixa velocitat. Això serviria en un clúster homogeni, però com que en aquest cas es heterogeni, hem de canviar-ho i configurar-lo de manera proporcional.

És important posar aquesta proporció de les velocitats de manera exacta, ja que d'aquest paràmetre depèn si un procés es migrarà o no, i això influirà en el rendiment del clúster. Per saber en quina proporció és més ràpid l'ordinador 1 que l'ordinador 2, executo el procés "*numpi*" en la consola de *Linux Mint* (sistema real) i anoto el temps que triga en cada ordinador, i aquest temps em servirà per posar una proporció en la configuració de la velocitat del clúster. En la figura 73 i 74 veurem quina diferència de temps hi ha. Si executem l'ordre "*time ./numpi*" directament ens sortirà el temps que tarda cada procés en els dos ordinadors.



```

Terminal
Archivo Editar Ver Buscar Terminal Ayuda
11227133972303688600099686292254646400638528862039370050477827691283550337254825
57939129852515068299691077542576474883253414121327006267170930090982235296579579
97802018282428490221470748111123018607613415140387569830918652780658896682362523
93784527263453042041870250844236319038331838455052236799235775292910692504326144
69401098610888999146585518818735825281642025209392852580779697376208456374821144
33988162700031703151334302309526351929588680690821355853670160000213740851154484
91268584126869589917414913382057849270069825519573010181810564129725083606035685
10553317878408280000415525118657794539633175385320921497205266078312602819611648
58098684587525129997404092797683176639914655386108937587952214971731728131517932
9044311218158700235187407572200012376872194474720934931232410706508061856237252
67325407333248757544829675734400193218021991199607979893733836732425761039389853
49278777473980508070015544764061053522102325409443567718794565430406735896490017
61077594836454082348613025471847648518957583667439979150851285702060782055446299
17231020282229148869593997299742974711553718589242384938558585954074381048826246
487880533042714620119415898963287926783273224561038521960011130466587000400083285
17731177648973523092666123458887300288351562644502367199664455472760830011878838
91511493409393447400730258558147561908813987523578123313422798665035227253671712
30756861044004548970350079569827626392344107146584895770241408158405229536937499
7106659489445924628661996355635065262340533943914211127181069105228002465742350
4
real    2m43.090s
user    2m43.060s
sys     0m0.000s
pino@quadcore /numpi $
    
```

figura 73: temps total en executar el procés "*numpi*" en ordinador 1

```

Terminal
Archivo Editar Ver Buscar Terminal Ayuda
11227133972303688600099686292254646400638528862039370050477827691283550337254825
57939129852515068299691077542576474883253414121327006267170930090982235296579579
97802018282428490221470748111123018607613415140387569830918652780658896682362523
93784527263453042041870250844236319038331838455052236799235775292910692504326144
69401098610888999146585518818735825281642025209392852580779697376208456374821144
33988162700031703151334302309526351929588680690821355853670160000213740851154484
91268584126869589917414913382057849270069825519573010181810564129725083606035685
10553317878408280000415525118657794539633175385320921497205266078312602819611648
58098684587525129997404092797683176639914655386108937587952214971731728131517932
90443112181587002351874075722200012376872194474720934931232410706508061856237252
67325407333248757544829675734400193218021991199607979893733836732425761039389853
4927877473980508070015544764061053522102325409443567718794565430406735896490017
61077594836454082348613025471847648518957583667439979150851285702060782055446299
17231020282229148869593997299742974711553718589242384938558585954074381048826246
48788053304271462011941589896328792678327322456103852196011130466587000400083285
17731177648973523092666123458887300288351562644502367199664455472760830011878838
91511493409393447400730258558147561908813987523578123313422798665035227253671712
30756861044004548970350079569827626392344107146584895770241408158405229536937499
71066559489445924628661996355635065262340533943914211127181069105228002465742350
4
real    14m1.535s
user    13m59.428s
sys     0m0.136s
pino@atom /numpi $
    
```

figura 74: temps total en executar el procés "numpi" en ordinador 2

Després de veure la diferència de temps, optem per posar que l'ordinador 1 és 5 vegades més ràpid que l'ordinador 2; aquesta serà la proporció.

Per canviar la proporció de la velocitat del processador en openMosix ho farem de la següent manera:

Una vegada carregada la màquina virtual canviem la proporció de la velocitat del processador (figura 75, 76 i 77) amb la següent ordre:

"mosctl setspeed 50000"

"mosctl setspeed 10000"

```

root@quad:~
Archivo Editar Ver Terminal Ir a Ayuda
[root@quad root]# mosctl setspeed 50000
    
```

figura 75: velocitat ordinador 1

```

root@aspire:~
Archivo Editar Ver Terminal Ir a Ayuda
[root@aspire root]# mosctl setspeed 10000
    
```

figura 76: velocitat ordinador 2

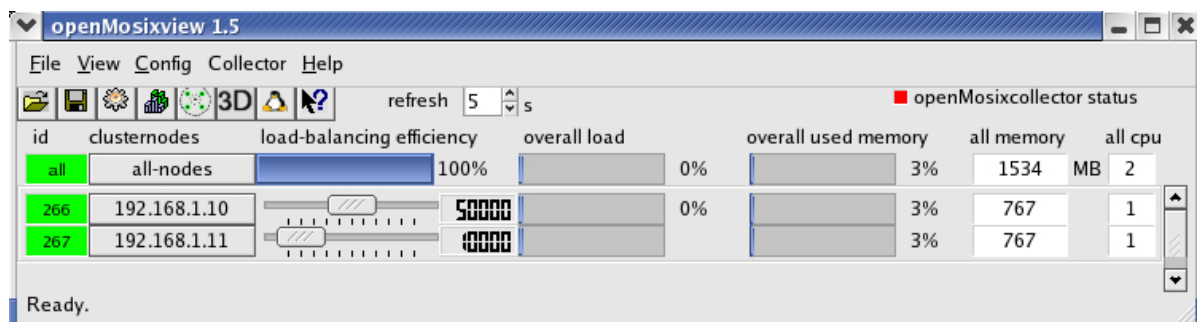


figura 77: aspecte del programa openmosixview amb les noves velocitats

Si tinguéssim més màquines virtuals, ho faríem en totes les màquines, segons la velocitat del processador.

Per canviar la proporció de la velocitat del processador en Mosix ho farem de la següent manera:

Executem l'ordre "*sudo mosconf*" i seleccionem l'opció 4

En l'ordinador 1 posem 50000 unitats i en l'ordinador 2 10000 unitats (figura 78 i 79)

```
Configure what :- 4

Processor Speed:
=====
Processor speed was set at 10000 units.

The speed of the most typical processor in your cluster should be
set to 10000 units. If you have computers with slower processors in
your cluster(s), then their speed should be set proportionally lower
and if you have computers with faster processors, in your cluster(s),
then their speed should be set proportionally higher.

As some processors do better with certain types of applications,
in setting the processor's speed, you should take into account the
typical applications that your users intend to run on your MOSIX cluster(s).

Please type an integer speed; '-' for the default; or 'q' to exit
Processor speed :- 50000

Processor Speed:
=====
Processor speed was set at 50000 units.
```

figura 78: 50000 unitats en ordinador 1

```
Processor Speed:
=====
Processor speed was set at 10000 units.

The speed of the most typical processor in your cluster should be
set to 10000 units. If you have computers with slower processors in
your cluster(s), then their speed should be set proportionally lower
and if you have computers with faster processors, in your cluster(s),
then their speed should be set proportionally higher.

As some processors do better with certain types of applications,
in setting the processor's speed, you should take into account the
typical applications that your users intend to run on your MOSIX cluster(s).
```

figura 79: 10000 unitats en ordinador 2

Si tinguéssim més màquines connectades, faríem aquesta operació en totes les màquines, segons la velocitat del processador.

8.1 Prova de rendiment amb openMosix i Red Hat 9.0

Des de cada màquina virtual executem el procés "*numpi*" i anotem el temps que tarda en finalitzar la tasca de forma individual i amb el clúster sense iniciar (figura 80 i 81):

```

root@quad:/numpi
Archivo  Editar  Ver  Terminal  Ira  Ayuda
11227133972303688600099686292254646400638528862039370050477827691283550337254825
57939129852515068299691077542576474883253414121327006267170930090982235296579579
97802018282428490221470748111123018607613415140387569830918652780658896682362523
93784527263453042041870250844236319038331838455052236799235775292910692504326144
69401098610888999146585518818735825281642025209392852580779697376208456374821144
33988162700031703151334302309526351929588680690821355853670160000213740851154484
91268584126869589917414913382057849270069825519573010181810564129725083606035685
10553317878408280000415525118657794539633175385320921497205266078312602819611648
58098684587525129997404092797683176639914655386108937587952214971731728131517932
90443112181587002351874075722200012376872194474720934931232410706508061856237252
67325407333248757544829675734400193218021991199607979893733836732425761039389853
49278777473980508070015544764061053522102325409443567718794565430406735896490017
61077594836454082348613025471847648518957583667439979150851285702060782055446299
17231020282229148869593997299742974711553718589242384938558585954074381048826246
48788053304271462011941589896328792678327322456103852196011130466587000400083285
17731177648973523092666123458887300288351562644502367199664455472760830011878838
91511493409393447400730258558147561908813987523578123313422798665035227253671712
30756861044004548970350079569827626392344107146584895770241408158405229536937499
71066559489445924628661996355635065262340533943914211127181069105228002465742350
4
real    2m52.064s
user    0m48.000s
sys     1m24.250s
[root@quad numpi]#
    
```

figura 80: temps total en ordinador 1 que és més potent

```

root@aspire:/numpi
Archivo  Editar  Ver  Terminal  Ira  Ayuda
03151334302309526351929588680690821355853670160000213740851154484912685841268
69589917414913382057849270069825519573010181810564129725083606035685105533178
78408280000415525118657794539633175385320921497205266078312602819611648580986
84587525129997404092797683176639914655386108937587952214971731728131517932904
43112181587002351874075722200012376872194474720934931232410706508061856237252
67325407333248757544829675734400193218021991199607979893733836732425761039389
8534927877473980508070015544764061053522102325409443567718794565430406735896
49001761077594836454082348613025471847648518957583667439979150851285702060782
05544629917231020282229148869593997299742974711553718589242384938558585954074
38104882624648788053304271462011941589896328792678327322456103852196011130466
58700040008328517731177648973523092666123458887300288351562644502367199664455
47276083001187883891511493409393447400730258558147561908813987523578123313422
79866503522725367171230756861044004548970350079569827626392344107146584895770
24140815840522953693749971066559489445924628661996355635065262340533943914211
1271810691052280024657423504
real    16m34.255s
user    11m52.240s
sys     1m44.760s
[root@aspire numpi]#
    
```

figura 81: temps total en ordinador 2 que és menys potent

Ara iniciem el clúster i executem "numpi" des de l'ordinador 2, i openMosix migrarà el procés a l'ordinador 1 que és més potent i el temps 16m34.255s baixarà notablement (figura 82 i 83):

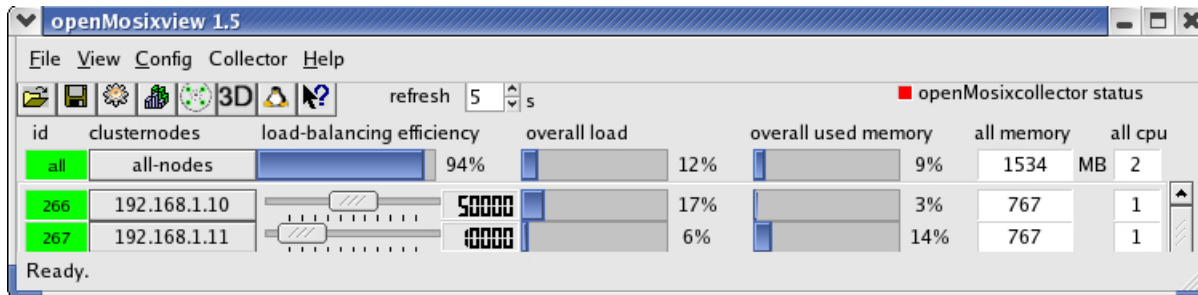


figura 82: tot el procés s'ha migrat a l'ordinador 1

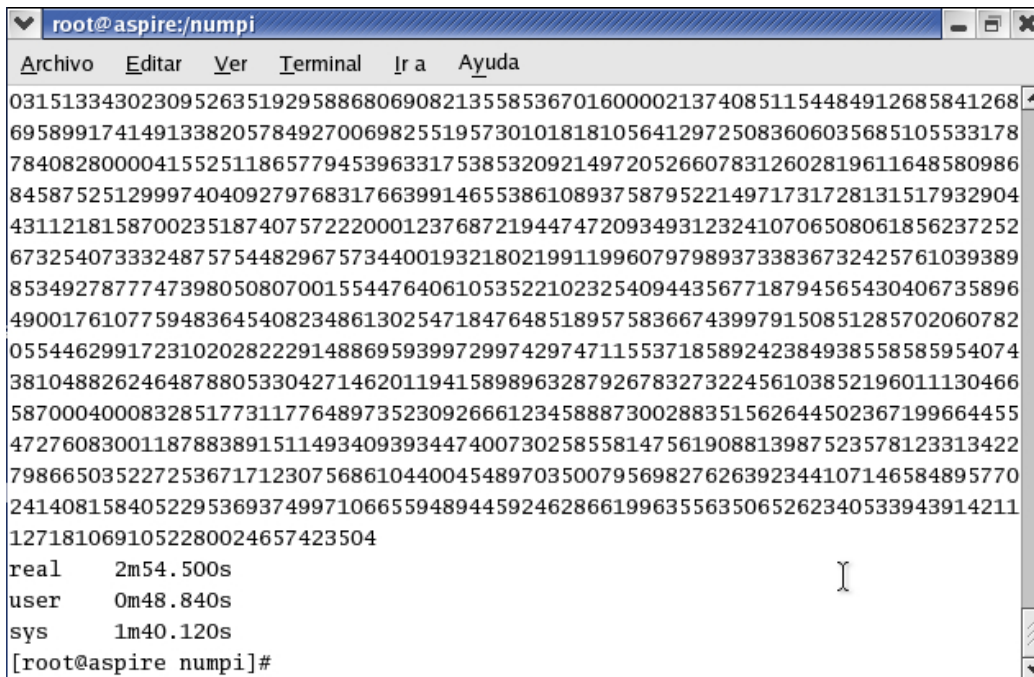


figura 83: de 16m34.255s s'ha baixat a 2m54.500s en ordinador 2

Es pot comprovar que el clúster funciona correctament.

8.2 Prova de rendiment amb clusterKnoppix V3.6 (openMosix i Knoppix)

Des de cada màquina virtual executem el procés "numpi" i anotem el temps que tarda en finalitzar la tasca de forma individual i amb el clúster sense iniciar (figura 84 i 85):

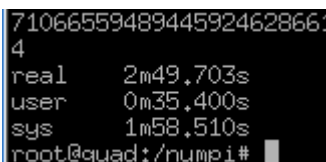


figura 84: temps que triga en finalitzar el procés en ordinador 1

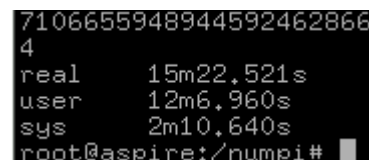


figura 85: temps que triga en finalitzar el procés en ordinador 2

Ara iniciem el clúster i executem "numpi" des de l'ordinador 2, i openMosix migrarà el procés a l'ordinador 1 que és més potent i el temps 15m22.521s baixarà notablement (figura 86 i 87):

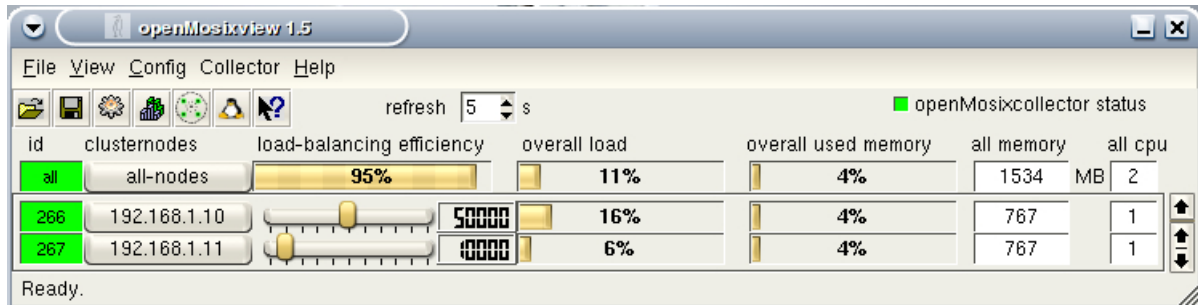


figura 86: tot el procés s'ha migrat a l'ordinador 1

```
71066559489445924628
4
real    2m51.251s
user    0m28.250s
sys     2m12.690s
root@aspire:~/numpi#
```

figura 87: de
15m22.521s s'ha baixat
a 2m51.251s en
ordinador 2

Es pot comprovar que el clúster funciona correctament.

8.3 Prova de rendiment amb Mosix

Des de cada ordinador executem el procés "numpi" a través del terminal i anotem el temps que tarda en finalitzar la tasca de forma individual i amb el clúster sense iniciar (figura 88 i 89):

```
11227133972303688600099686292254646400638528862039370050477827691283550337254825
57939129852515068299691077542576474883253414121327006267170930090982235296579579
97802018282428490221470748111123018607613415140387569830918652780658896682362523
93784527263453042041870250844236319038331838455052236799235775292910692504326144
69401098610888999146585518818735825281642025209392852580779697376208456374821144
33988162700031703151334302309526351929588680690821355853670160000213740851154484
91268584126869589917414913382057849270069825519573010181810564129725083606035685
10553317878408280000415525118657794539633175385320921497205266078312602819611648
58098684587525129997404092797683176639914655386108937587952214971731728131517932
90443112181587002351874075722200012376872194474720934931232410706508061856237252
67325407333248757544829675734400193218021991199607979893733836732425761039389853
49278777473980508070015544764061053522102325409443567718794565430406735896490017
61077594836454082348613025471847648518957583667439979150851285702060782055446299
17231020282229148869593997299742974711553718589242384938558585954074381048826246
48788053304271462011941589896328792678327322456103852196011130466587000400083285
17731177648973523092666123458887300288351562644502367199664455472760830011878838
91511493409393447400730258558147561908813987523578123313422798665035227253671712
30756861044004548970350079569827626392344107146584895770241408158405229536937499
71066559489445924628661996355635065262340533943914211127181069105228002465742350
4
real    2m43.090s
user    2m43.060s
sys     0m0.000s
pino@quadcore ~/numpi $
```

figura 88: temps que tarda en finalitzar el procés "numpi" en ordinador 1

```

Terminal
Archivo Editar Ver Buscar Terminal Ayuda
11227133972303688600099686292254646400638528862039370050477827691283550337254825
57939129852515068299691077542576474883253414121327006267170930090982235296579579
97802018282428490221470748111123018607613415140387569830918652780658896682362523
93784527263453042041870250844236319038331838455052236799235775292910692504326144
69401098610888999146585518818735825281642025209392852580779697376208456374821144
33988162700031703151334302309526351929588680690821355853670160000213740851154484
91268584126869589917414913382057849270069825519573010181810564129725083606035685
10553317878408280000415525118657794539633175385320921497205266078312602819611648
58098684587525129997404092797683176639914655386108937587952214971731728131517932
90443112181587002351874075722200012376872194474720934931232410706508061856237252
67325407333248757544829675734400193218021991199607979893733836732425761039389853
49278777473980508070015544764061053522102325409443567718794565430406735896490017
61077594836454082348613025471847648518957583667439979150851285702060782055446299
17231020282229148869593997299742974711553718589242384938558585954074381048826246
48788053304271462011941589896328792678327322456103852196011130466587000400083285
17731177648973523092666123458887300288351562644502367199664455472760830011878838
91511493409393447400730258558147561908813987523578123313422798665035227253671712
30756861044004548970350079569827626392344107146584895770241408158405229536937499
71066559489445924628661996355635065262340533943914211127181069105228002465742350
4
real    14m1.535s
user    13m59.428s
sys     0m0.136s
pino@atom /numpi $

```

figura 89: temps que tarda en finalitzar el procés "numpi" en ordinador 2

Ara iniciem el clúster i executem "mosrun ./numpi" des de l'ordinador 2, i Mosix migrarà el procés a l'ordinador 1 que és més potent i el temps 14m1.535s baixarà notablement (figura 90, 91 i 92):

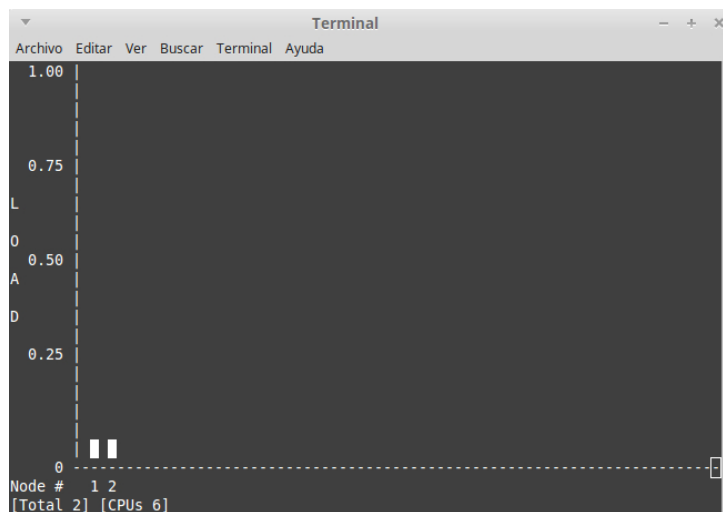


figura 90: migració del procés a l'ordinador 1

Nombre del proceso	Estado	% CPU	Nice	ID	Memoria	Canal en esp
mosremoted	Ejecutándose	100	19	3289	2,6 MiB	
mate-system-monitor	Ejecutándose	4	0	3318	9,1 MiB	0
dropbox	Durmiente	0	0	2167	122,1 MiB	poll_schedule
Xorg	Durmiente	0	0	1427	125,8 MiB	poll_schedule

figura 91: veiem com a l'ordinador 1 estem executant un procés remot de Mosix (migració del procés)

```

71066559489445924628
4
real    2m44.783s
user    0m0.008s
sys     0m0.088s
pino@atom /numpi $

```

figura 92: de 14m1.535s s'ha baixat a 2m44.783s en ordinador 2

Es pot comprovar que el clúster funciona correctament.

8.4 Prova de rendiment amb openMosix i Red Hat 9.0 executant 6 processos "numpi"

8.4.1 Clúster funcionant amb dos nuclis

Ara executarem 6 processos "numpi" des de l'ordinador 2 en 6 terminals diferents i saturarem el clúster, baixant el rendiment dels ordinadors de forma abismal (figura 93, 94, 95, 96, 97, 98 i 99):

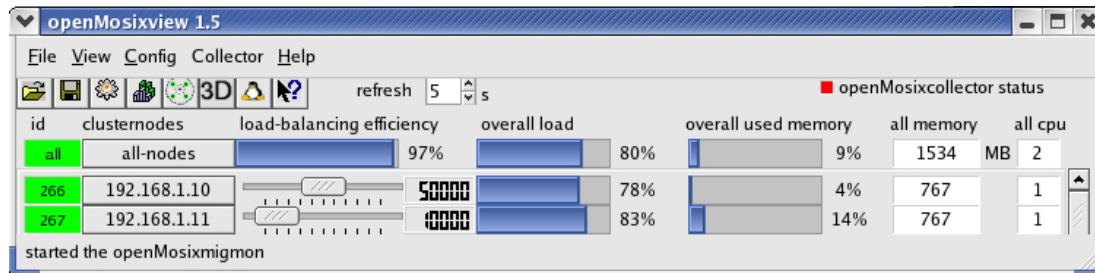


figura 93: clúster molt saturat

```
4727608300118788389151149340939344
7986650352272536717123075686104400
2414081584052295369374997106655948
1271810691052280024657423504
real    15m57.057s
user    1m56.150s
sys     1m36.430s
[root@aspire nump
```

figura 94 : temps en terminal 1

```
4727608300118788389151149340939
7986650352272536717123075686104
2414081584052295369374997106655
1271810691052280024657423504
real    15m54.206s
user    1m58.250s
sys     1m36.020s
[root@aspire numpi]#
```

figura 95 : temps en terminal 2

```
472760830011878838915114934093
798665035227253671712307568610
241408158405229536937499710665
1271810691052280024657423504
real    15m56.507s
user    1m30.310s
sys     1m35.900s
[root@aspire numpi]#
```

figura 96 : temps en terminal 3

```
47276083001187883891511493409393
79866503522725367171230756861044
24140815840522953693749971066559
1271810691052280024657423504
real    15m48.998s
user    1m47.330s
sys     1m37.020s
[root@aspire numpi]#
```

figura 97 : temps en terminal 4

```
472760830011878838915114934093934
798665035227253671712307568610440
241408158405229536937499710665594
1271810691052280024657423504
real    16m5.678s
user    2m59.810s
sys     1m41.300s
[root@aspire numpi]#
```

figura 98 : temps en terminal 5

```
4004548970350079569827626
08158405229536937499710665
35065262340533943914211127
4
real    15m54.301s
user    1m18.770s
sys     1m40.060s
[root@aspire numpi]#
```

figura 99 : temps en terminal 6

8.4.2 Clúster funcionant amb sis nuclis

Ara iniciaré les 6 màquines virtuals i tornaré a executar els 6 processos "numpi", i veurem com els temps baixaran de forma dràstica (figures 100, 101, 102, 103, 104, 105 i 106):

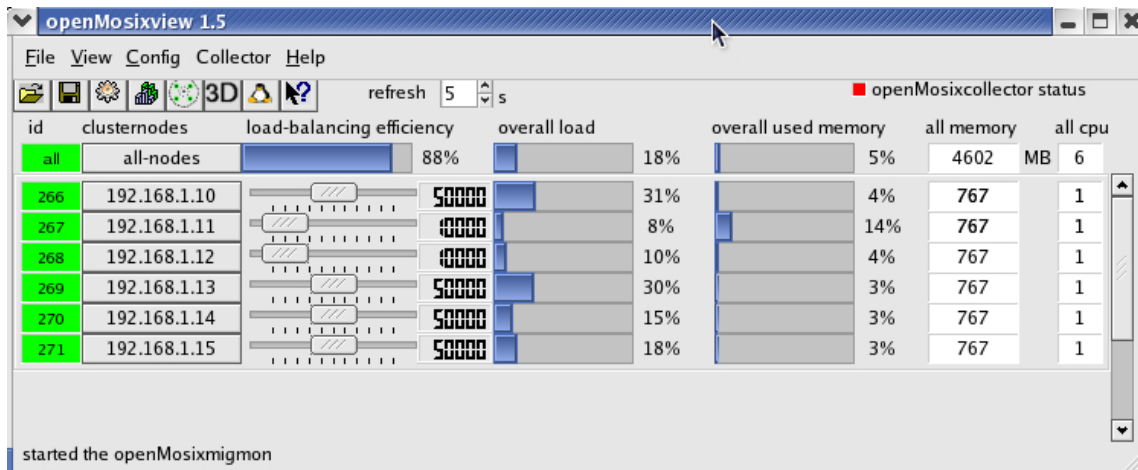


figura 100: computant els 6 processos "numpi" de manera correcta

```
24140815840522953693749971066
1271810691052280024657423504
real    3m33.694s
user    1m33.610s
sys     1m9.620s
[root@aspire numpi]#
```

figura 101: temps en terminal 1

```
1271810691052280024657423504
real    4m30.742s
user    1m55.890s
sys     0m48.870s
[root@aspire numpi]#
```

figura 102: temps en terminal 2

```
1271810691052280024657423504
real    4m37.286s
user    1m55.420s
sys     0m52.130s
[root@aspire numpi]#
```

figura 103: temps en terminal 3

```
1271810691052280024657423504
real    4m34.397s
user    1m48.850s
sys     0m52.610s
[root@aspire numpi]#
```

figura 104: temps en terminal 4

```
1271810691052280024657423504
real    4m18.738s
user    1m50.030s
sys     0m49.080s
[root@aspire numpi]#
```

figura 105: temps en terminal 5

```
1271810691052280024657423504
real    4m3.220s
user    1m33.430s
sys     1m4.320s
[root@aspire numpi]#
```

figura 106: temps en terminal 6

S'observa com el clúster treballa sense saturacions, la càrrega de treball està equilibrada i hem passat de tardar 15 / 16 minuts per fer el càlcul amb 2 nuclis a uns 3 / 4 minuts amb 6 nuclis. El clúster funciona correctament.

8.5 Prova de rendiment amb Mosix executant 6 processos "numpi"

Executarem 6 processos "numpi" des de la consola de Linux Mint de l'ordinador 2 a través de 6 terminals diferents i anotarem quin temps tarda en finalitzar totes les tasques (figures 107, 108 i 109):

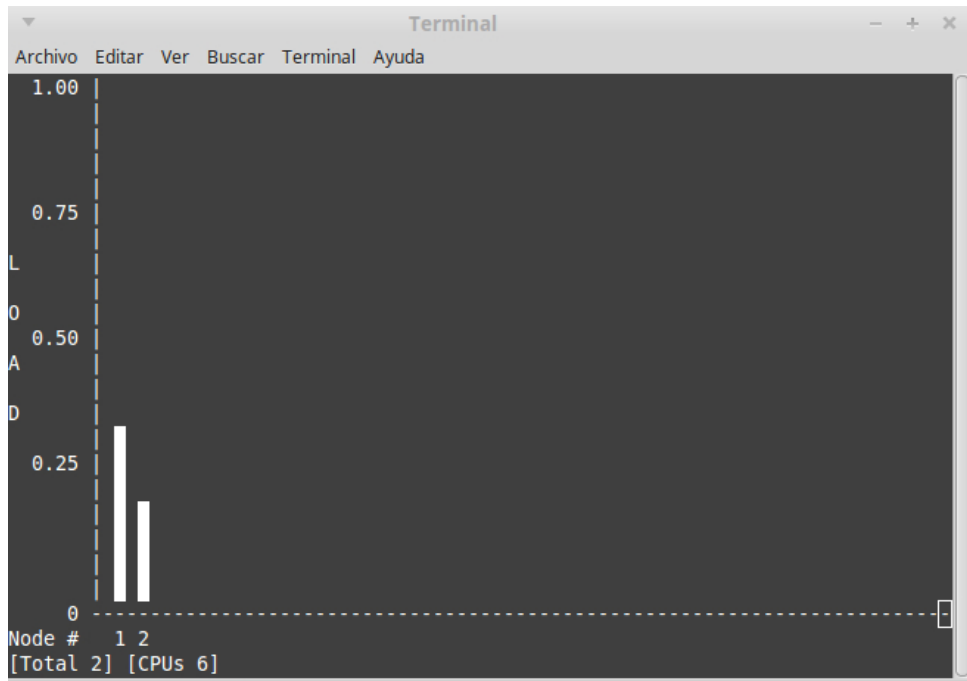
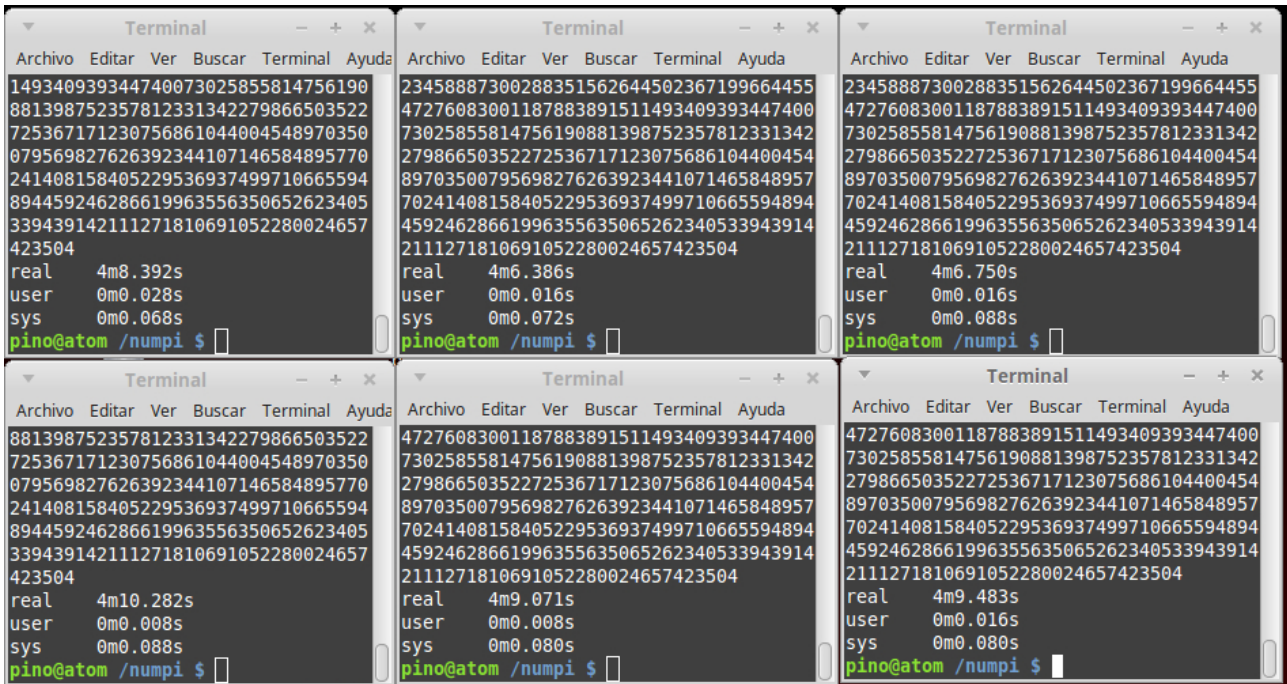


figura 107: càrrega del clúster executant els 6 processos "numpi"



figura 108: ordinador 1 executant processos remots de Mosix



Terminal	real	user	sys
149340939344740073025855814756190	4m8.392s	0m0.028s	0m0.068s
23458887300288351562644502367199664455	4m6.386s	0m0.016s	0m0.072s
23458887300288351562644502367199664455	4m6.750s	0m0.016s	0m0.088s
881398752357812331342279866503522	4m10.282s	0m0.008s	0m0.088s
47276083001187883891511493409393447400	4m9.071s	0m0.008s	0m0.080s
47276083001187883891511493409393447400	4m9.483s	0m0.016s	0m0.080s

figura 109: mostrant els temps dels sis processos "numpi" executats en els sis terminals un cop finalitzats

S'observa que el clúster treballa de manera correcta.

9 Conclusions

Primer de tot comentar que totes les implementacions han estat instal·lades satisfactòriament. S'han anotat els temps executant processos amb el clúster en funcionament i desconnectat, i sempre ha sigut major el rendiment amb el clúster en funcionament. Però dintre del bon funcionament del clúster, hi ha implementacions que han donat una mica més de rendiment que altres. Passem ha resumir-ho en les següents línies:

Primerament hem de diferenciar el clúster funcionant en un sistema real i en un sistema virtualitzat. En un sistema real sempre obtindrem un millor rendiment, però en el nostre cas no és tanta la diferència.

Migració d'un procés "numpi":

openMosix:

Red Hat 9.0: 2m54,500s

clusterKnoppix v3.6: 2m51,251s

Mosix: 2m44,783s

Mosix és el més ràpid ja que és el sistema real, i entre els sistemes virtualitzats clusterKnoppix és el més ràpid.

Migració de sis processos "numpi":

openMosix:

Red Hat 9.0:

2 nuclis: 16m5,678s (procés que més triga)

6 nuclis: 4m37,286s (procés que més triga)

Mosix: 4m10,282s (procés que més triga)

Mosix és el més ràpid també en aquest cas. En el Red Hat 9.0 es fa la distinció de 2 i 6 nuclis per veure la importància que si tenim més nuclis, podrem computar més processos alhora sense baixar el rendiment del clúster.

Afirmem que el clúster Mosix és el més ràpid, ja que està instal·lat en un sistema real.

Dintre dels sistemes virtualitzats sembla que clusterKnoppix és més ràpid que Red Hat 9.0, possiblement perquè la versió del kernel és una mica més actualitzada (2.4.27 vs 2.4.20), i aprofita una mica millor el rendiment del hardware. En el meu cas prefereixo tenir una mica menys de rendiment i poder utilitzar el clúster en la meua distribució de Linux favorita, en aquest cas Linux Red Hat 9.0, que utilitzar el clúster forçosament en una distribució de Linux que no m'agrada gens, com és el cas de Knoppix.

I per finalitzar, si volem alta capacitat de càlcul en un moment determinat o necessitem el resultat d'un gran càlcul i obtenir-ne el resultat amb la major brevetat possible, el sistema real es la solució més adient. Però si volem fer un càlcul molt gran, un càlcul estratosfèric, que ens porti molts dies per calcular-ho, i no ens importa el temps que tardi, les màquines virtuals poden ser la solució més adient, ja que pots pausar la màquina i el procés quan vulguis i reprendre el càlcul en un altre moment. D'aquesta manera es pot utilitzar l'ordinador de manera normal sense tenir possibles ralentitzacions degut a que està computant un procés molt complex en segon pla.

10 Exemples de clústers

A la figura 110 ens mostra els 10 primers clúster d'alt rendiment (de 500 que hi ha en aquesta llista) més ràpids del món segons la pàgina <http://www.top500.org/lists/2014/11/>.

RANK	SITE	SYSTEM	CORES	RMAX (TFLOP/S)	RPEAK (TFLOP/S)	POWER (KW)
1	National Super Computer Center in Guangzhou China	Tianhe-2 (MilkyWay-2) - TH-IVB-FEP Cluster, Intel Xeon E5-2692 12C 2.200GHz, TH Express-2, Intel Xeon Phi 31S1P NUDT	3,120,000	33,862.7	54,902.4	17,808
2	DOE/SC/Oak Ridge National Laboratory United States	Titan - Cray XK7 , Optron 6274 16C 2.200GHz, Cray Gemini interconnect, NVIDIA K20x Cray Inc.	560,640	17,590.0	27,112.5	8,209
3	DOE/NNSA/LLNL United States	Sequoia - BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.60 GHz, Custom IBM	1,572,864	17,173.2	20,132.7	7,890
4	RIKEN Advanced Institute for Computational Science (AICS) Japan	K computer, SPARC64 VIIIfx 2.0GHz, Tofu interconnect Fujitsu	705,024	10,510.0	11,280.4	12,660
5	DOE/SC/Argonne National Laboratory United States	Mira - BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.60GHz, Custom IBM	786,432	8,586.6	10,066.3	3,945
6	Swiss National Supercomputing Centre (CSCS) Switzerland	Piz Daint - Cray XC30, Xeon E5-2670 8C 2.600GHz, Aries interconnect , NVIDIA K20x Cray Inc.	115,984	6,271.0	7,788.9	2,325
7	Texas Advanced Computing Center/Univ. of Texas United States	Stampede - PowerEdge C8220, Xeon E5-2680 8C 2.700GHz, Infiniband FDR, Intel Xeon Phi SE10P Dell	462,462	5,168.1	8,520.1	4,510
8	Forschungszentrum Juelich (FZJ) Germany	JUQUEEN - BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.600GHz, Custom Interconnect IBM	458,752	5,008.9	5,872.0	2,301
9	DOE/NNSA/LLNL United States	Vulcan - BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.600GHz, Custom Interconnect IBM	393,216	4,293.3	5,033.2	1,972
10	Government United States	Cray CS-Storm, Intel Xeon E5-2660v2 10C 2.2GHz, Infiniband FDR, Nvidia K40 Cray Inc.	72,800	3,577.0	6,131.8	1,499

figura 110: top ten dels clústers d'alt rendiment més ràpids del món

En aquesta llista ens mostra el número que ocupa el clúster en el *ranking*, com es diu i en quin país està instal·lat, un resum de les característiques del *hardware*, el número de nuclis, la capacitat de còmput màxima enregistrada (RMAX en TFLOP/S), la capacitat de còmput teòrica màxima segons el hardware instal·lat que podria processar (RPEAK en TFLOP/S) i l'energia que consumeix en KW. El *ranking* està ordenat per RMAX enregistrat de cada clúster.

La figura 111, 112, 113 i 114 ens mostra en quines posicions ocupa dos clúster instal·lats en Espanya i les característiques del *hardware*.

57	Barcelona Supercomputing Center Spain	MareNostrum - iDataPlex DX360M4, Xeon E5-2670 8C 2.600GHz, Infiniband FDR IBM	48,896	925.1	1,017.0	1,016
----	--	---	--------	-------	---------	-------

figura 111: clúster MareNostrum ocupa la posició 57 a nivell mundial

MARENOSTRUM - IDATAPLEX DX360M4, XEON E5-2670 8C 2.600GHZ, INFINIBAND FDR

Site:	Barcelona Supercomputing Center
Manufacturer:	IBM
Cores:	48,896
Linpack Performance (Rmax)	925.058 Tflop/s
Theoretical Peak (Rpeak)	1,017.04 Tflop/s
Power:	1,015.60 kW
Memory:	
Processor:	Xeon E5-2670 8C 2.6GHz
Interconnect:	Infiniband FDR
Operating System:	Linux

RANKING

LIST	RANK	SYSTEM	VENDOR	TOTAL CORES	RMAX (TFLOPS)	RPEAK (TFLOPS)	POWER (KW)
11/2014	57	iDataPlex DX360M4, Xeon E5-2670 8C 2.600GHz, Infiniband FDR	IBM	48,896	925.1	1,017.0	1,015.60
06/2014	41	iDataPlex DX360M4, Xeon E5-2670 8C 2.600GHz, Infiniband FDR	IBM	48,896	925.1	1,017.0	1,015.60
11/2013	34	iDataPlex DX360M4, Xeon E5-2670 8C 2.600GHz, Infiniband FDR	IBM	48,896	925.1	1,017.0	1,015.60
06/2013	29	iDataPlex DX360M4, Xeon E5-2670 8C 2.600GHz, Infiniband FDR	IBM	48,896	925.1	1,017.0	1,015.60
11/2012	36	iDataPlex DX360M4, Xeon E5-2670 8C 2.600GHz, Infiniband FDR	IBM	33,664	636.9	700.2	699.26

figura 112: característiques del clúster MareNostrum

<http://www.bsc.es/>

202	Instituto Tecnológico y de Energías Renovables S.A. Spain	TEIDE-HPC - Fujitsu PRIMERGY CX250 S1, Xeon E5-2670 8C 2.600GHz, Infiniband QDR Fujitsu	16,384	274.0	340.8	312
-----	--	---	--------	-------	-------	-----

figura 113: clúster TEIDE-HPC ocupa la posició 202 a nivell mundial

TEIDE-HPC - FUJITSU PRIMERGY CX250 S1, XEON E5-2670 8C 2.600GHZ, INFINIBAND QDR

Site:	Instituto Tecnológico y de Energías Renovables S.A.
Manufacturer:	Fujitsu
Cores:	16,384
Linpack Performance (Rmax)	273.973 Tflop/s
Theoretical Peak (Rpeak)	340.787 Tflop/s
Nmax	1,887,312
Nhalf	1,334,592
Power:	312.00 kW
Memory:	33,664 GB
Processor:	Xeon E5-2670 8C 2.6GHz
Interconnect:	Infiniband QDR
Operating System:	CentOS
Compiler:	Intel® Composer XE for Linux* Version 2013 SP1
Math Library:	Intel® Math Kernel Library for Linux* Version 11.1
MPI:	Intel® MPI Library for Linux* Version 4.1 (Update 1)

RANKING

LIST	RANK	SYSTEM	VENDOR	TOTAL CORES	RMAX (TFLOPS)	RPEAK (TFLOPS)	POWER (KW)
11/2014	202	Fujitsu PRIMERGY CX250 S1, Xeon E5-2670 8C 2.600GHz, Infiniband QDR	Fujitsu	16,384	274.0	340.8	312.00
06/2014	168	Fujitsu PRIMERGY CX250 S1, Xeon E5-2670 8C 2.600GHz, Infiniband QDR	Fujitsu	16,384	274.0	340.8	312.00
11/2013	138	Fujitsu PRIMERGY CX250 S1, Xeon E5-2670 8C 2.600GHz, Infiniband QDR	Fujitsu	16,384	274.0	340.8	312.00

figura 114: característiques del clúster TEIDE-HPC

<http://www.iter.es/index.php>

11 Bibliografia

El manual para el clustering con openMosix

miKeL a.k.a.mc 2 ≡ Miquel Catalán i Coït

Setembre 2003

http://redes-linux.com/manuales/cluster/howTo-openMosixES_1.0b1.pdf.bz2

EL PROYECTO DE CLUSTER SSI OPENMOSIX

David Santo Orcero

2005

<http://redes-linux.com/manuales/cluster/006.pdf>

Cluster Heterogéneo De Computadoras

EMILIO JOSÉ PLAZA NIETO

Gener 2002

<http://redes-linux.com/manuales/cluster/cluster.pdf>

Introducción a las tecnologías de clustering en GNU/Linux

Rosa María Yáñez Gómez

2005

<http://redes-linux.com/manuales/cluster/clustering.pdf>

The Linux Kernel HOWTO

This is a detailed guide to kernel configuration, compilation, upgrades, and troubleshooting for ix86-based systems.

Brian Ward

June 2002

<http://users.fmrib.ox.ac.uk/~jon/Kernel-HOWTO.pdf>

MOSIX

Cluster Operating System

User's and Administrator's Guides and Manuals

March 2014

<http://www.mosix.cs.huji.ac.il/pub/Guide.pdf>

COMPUTACIÓN DISTRIBUIDA

http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11374/fichero/MEMORIA%252F02-COMPUTACION_DISTRIBUIDA.pdf

Desarrollo de una supercomputadora basada en un "cluster" de PCs

Laboratorio de Cibernética

Diego H. Milone - Adrián A. Azar - Leonardo H. Rufiner

2001

<http://www.cimec.org.ar/twiki/pub/Cimec/ClusterActivity/cluster.pdf>

CLUSTERS DE ALTO RENDIMIENTO

Iliana Gómez Zúñiga - Virgilio Cervantes Pérez - Genaro Ramirez

http://www.cgti.udg.mx/sites/default/files/adjuntos/cluster_alto_rendimiento2.pdf

Annex 1. Instal·lació de Linux Red Hat 9.0 en VirtualBox

Ens descarquem des de <ftp://archive.download.redhat.com/pub/redhat/linux/9/en/iso/i386/> la distribució Linux Red Hat 9.0, però només els arxius que emmarquem a la figura 5.

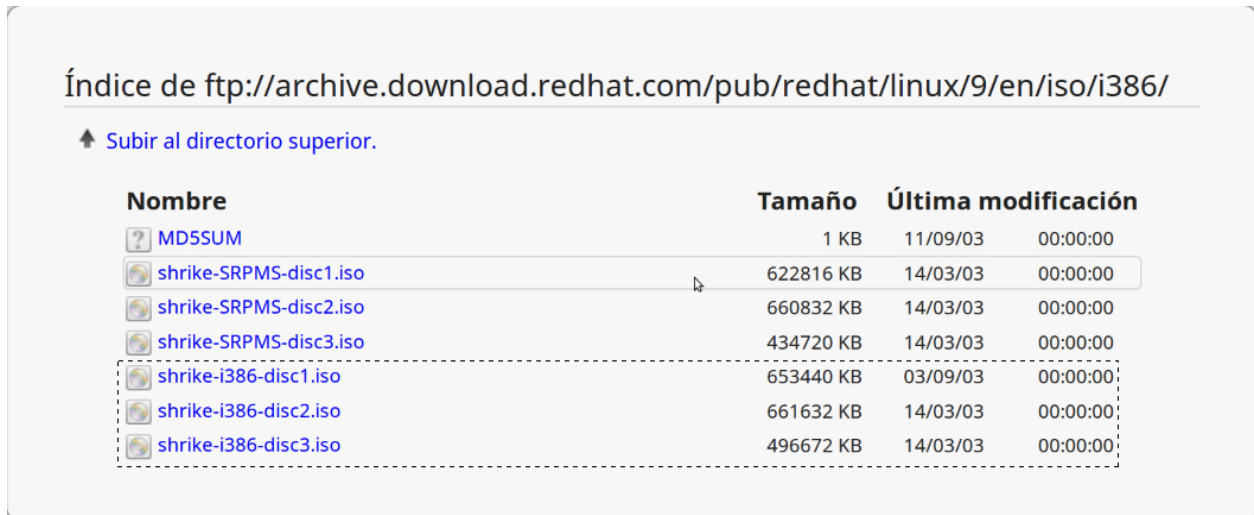


figura 5: selecció d'arxius Linux Red Hat 9.0

Executem VirtualBox i crearem una nova màquina virtual per instal·lar Linux Red Hat 9.0. Cliquem la icona *Nueva*, posem un nom a la nostra màquina i la configurem tal com indiquen les figures 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 i 13.



figura 6: creació màquina virtual



figura 7: quantitat de RAM que assignarem a la màquina



figura 8: creació disc dur virtual



figura 9: tipus d'arxiu del disc dur



figura 10: arxiu dinàmic del disc dur

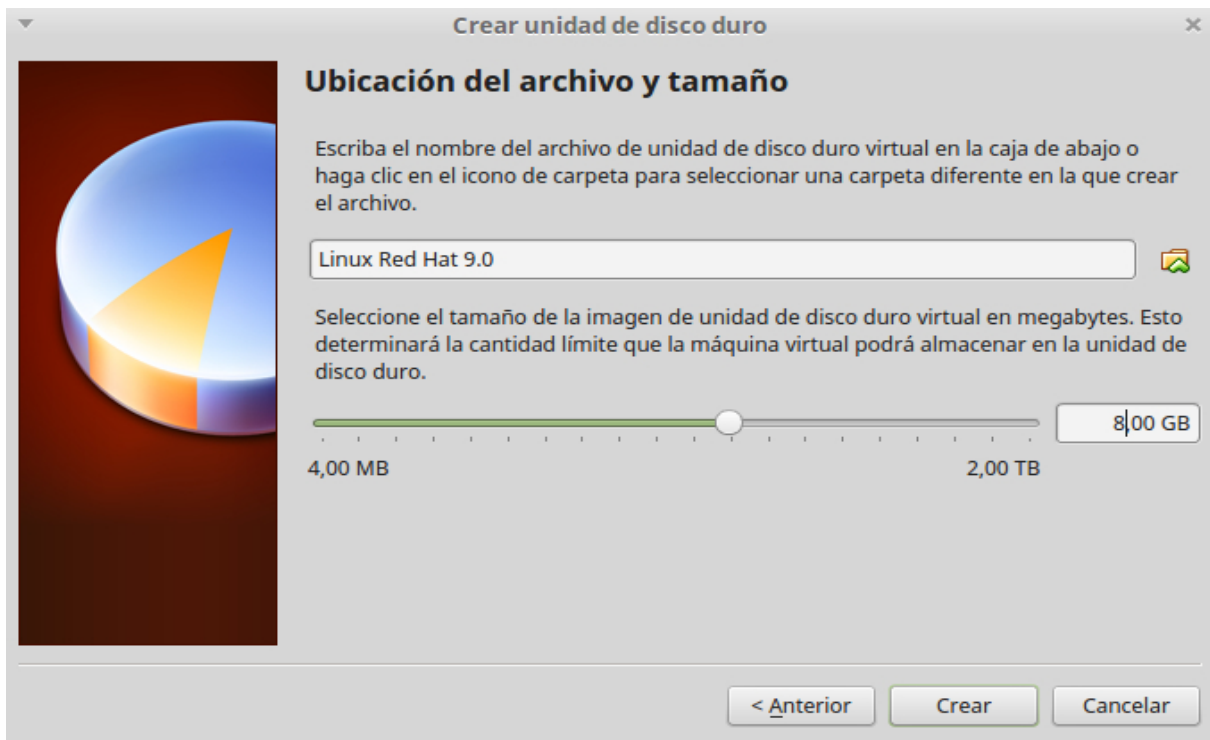


figura 11: grandària màxima de l'arxiu del disc dur

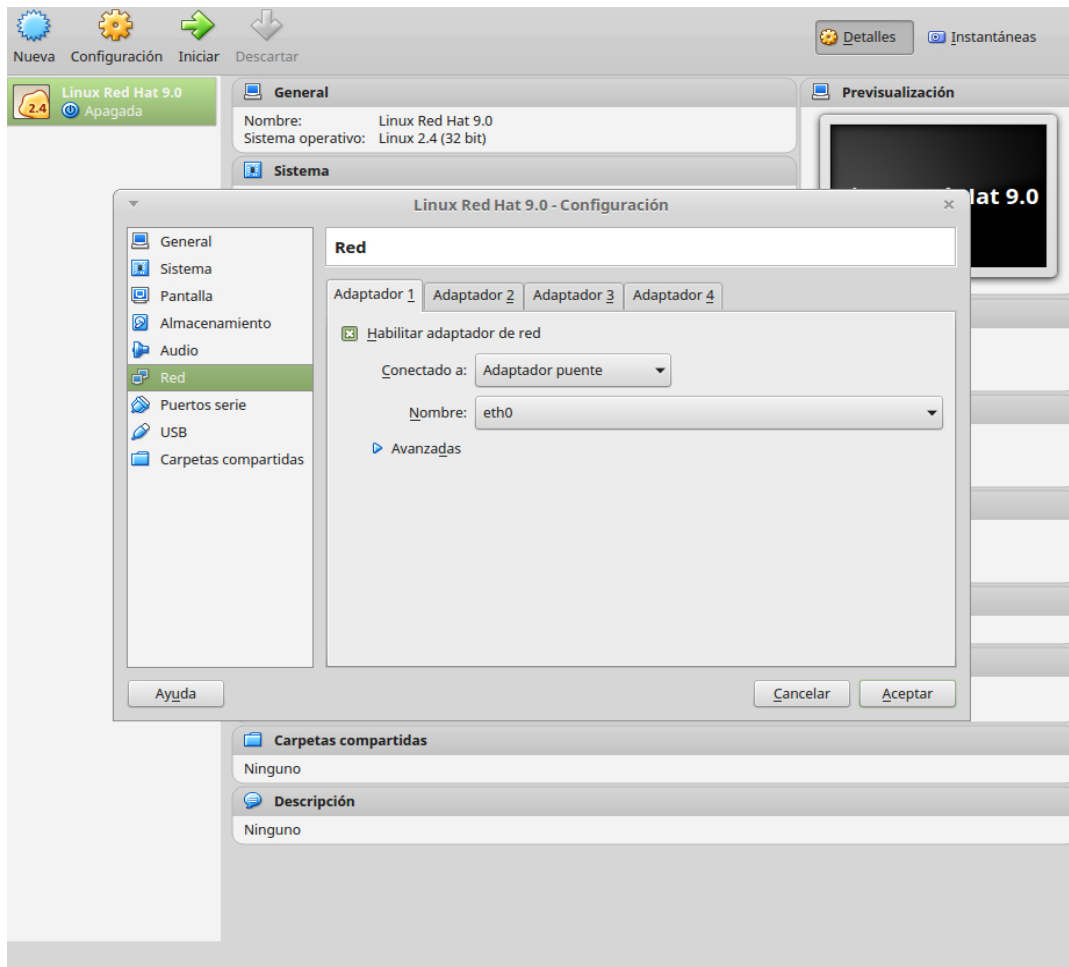


figura 12: en opcions de Xarxa escollim Adaptador puente

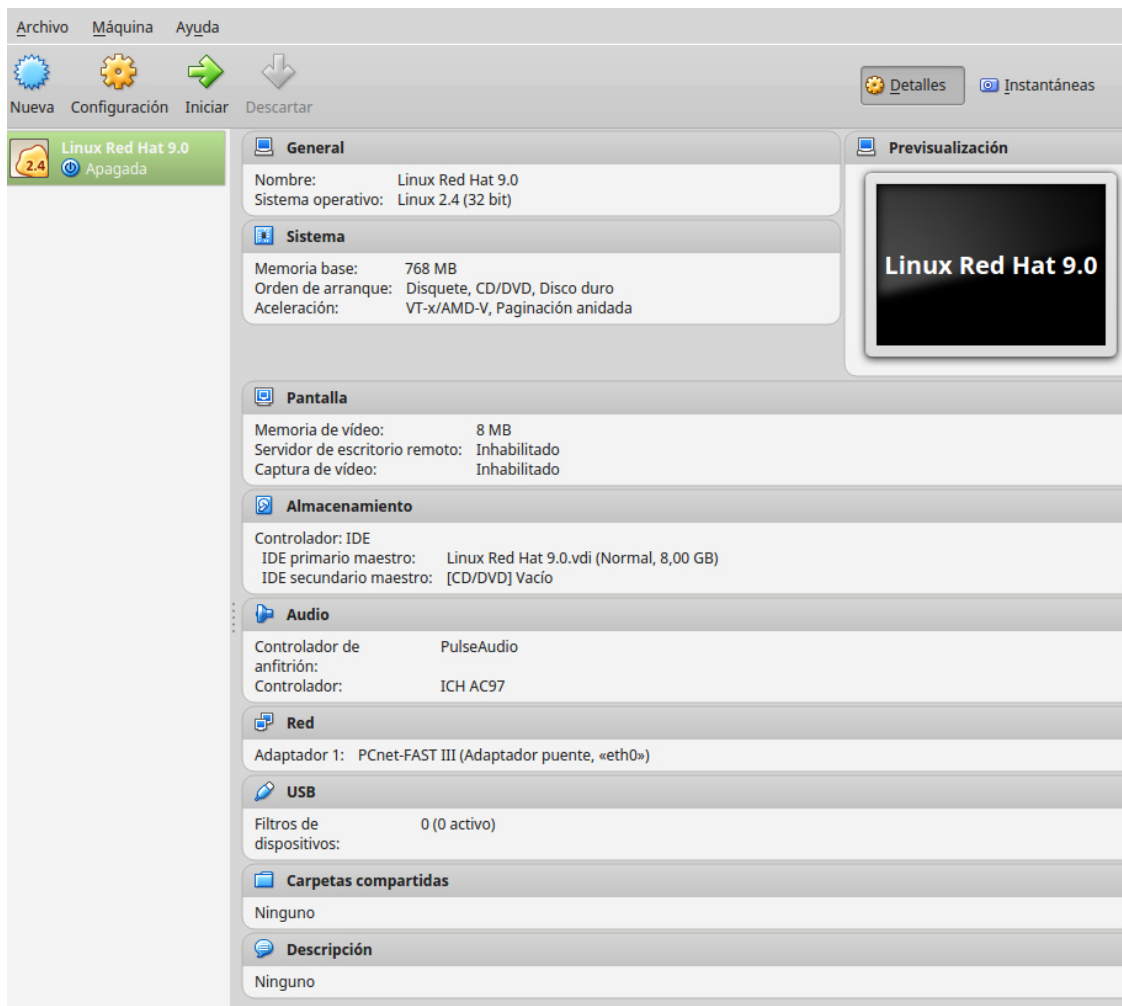


figura 13: aspecte general de la configuració de la màquina

Ja tenim la màquina configurada, ara carregarem les ISO's del Linux Red Hat 9.0, començant pel disc 1 (figura 14).

Cliquem en el menú de VirtualBox *Configuración—Almacenamiento—Controlador IDE* i seleccionem "*shrike-i386-disc1.iso*" i acceptem.

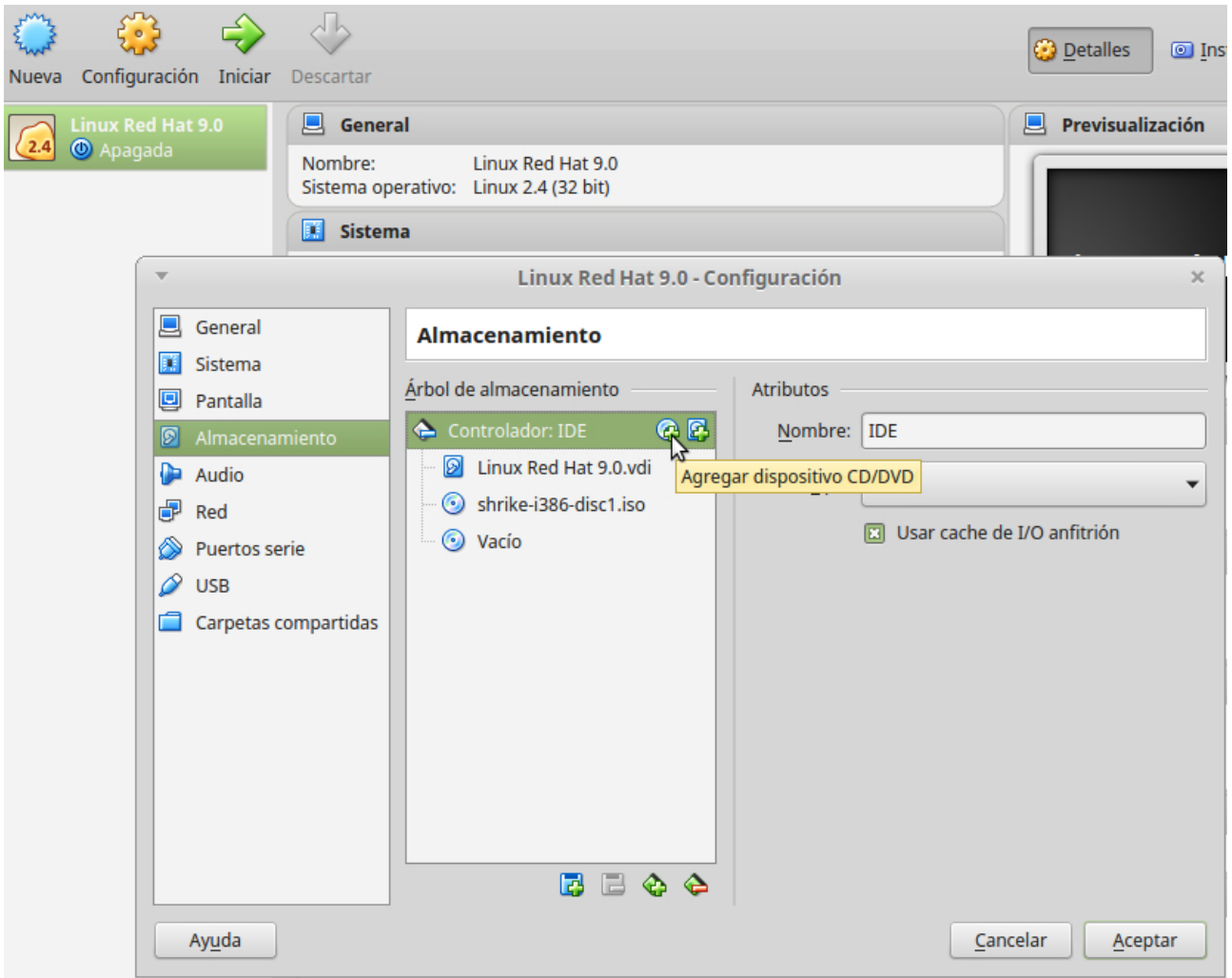


figura 14: carreguem el disc 1 de Linux Red Hat 9.0

Ja tenim el disc 1 carregat, cliquem a Iniciar i començarà la instal·lació del sistema operatiu.

A la primera pantalla prenem la tecla ENTER i començarà la instal·lació del sistema operatiu en mode gràfic, molt més intuïtiu que el mode text. A la següent llista he posat per ordre, la configuració que hem d'escollir per instal·lar Linux Red Hat 9.0:

- 1- Idioma i configuració del teclat espanyol.
- 2- Ratolí PS/2 de roda
- 3- Tipus d'instal·lació Estació de treball.
- 4- Partició manual amb *Disk Druid*, la configuració queda tal como indica la figura 15.

Discos duros						
/dev/hda						
/dev/hda1	/boot	ext3	✓	102	1	13
/dev/hda2	/	ext3	✓	7076	14	915
/dev/hda3		swap	✓	1012	916	1044

figura 15: configuració partició disc dur

5- Gestor d'arrencada escollim LILO.

6- Configuració de la xarxa: desactivem DHCP i assignem manualment les IP's privades, el nom del host, les DNS i la porta d'enllaç. La configuració dels dos ordinadors quedaria tal com indica les figures 16 i 17.

Configuración de la red

Dispositivos de red

Activar al inicio	Dispositivo	IP/Máscara de red
<input checked="" type="checkbox"/>	eth0	192.168.1.10/255.255.255.0

Nombre del Host

Configurar el nombre del host:

de forma automática a través de DHCP

de forma manual

Configuración miscelánea

Puerta de enlace: . . .

DNS Primario: . . .

DNS Secundario: . . .

DNS Terciario: . . .

figura 16: configuració xarxa ordinador 1

Configuración de la red

Dispositivos de red

Activar al inicio	Dispositivo	IP/Máscara de red
<input checked="" type="checkbox"/>	eth0	192.168.1.11/255.255.255.0

Nombre del Host

Configurar el nombre del host:

de forma automática a través de DHCP

de forma manual

Configuración miscelánea

Puerta de enlace: . . .

DNS Primario: . . .

DNS Secundario: . . .

DNS Terciario: . . .

figura 17: configuració xarxa ordinador 2

- 7- Configuració firewall: sense cap firewall ja que estem en una xarxa interna i fiable, i d'aquesta manera no interferirà en la migració de processos entre ordinadors.
- 8- Idioma per defecte l'espanyol.
- 9- Selecció de l'horari: Europa/Madrid.
- 10- Escrivim contrasenya root.
- 11- Acceptem la llista de paquets per a instal·lar i començarà la instal·lació.
- 12- Quan el programa d'instal·lació demani el disc 2 d'instal·lació cliquem en el menú de VirtualBox *Dispositivos--Dispositivos CD/DVD--IDE primario esclavo--Seleccionar un archivo de disco virtual de CD/DVD* i escollim "*shrike-i386-disc2.iso*", i quan demani el disc 3, fer la mateixa operació però amb l'arxiu "*shrike-i386-disc3.iso*".
- 13- Una vegada que ha copiat tots els arxius, seleccionem no crear disc d'arrencada.
- 14- En configuració de targeta gràfica triem VESA driver (generic).
- 15- En monitor seleccionem Generic Monitor, 1280 x 1024 60 Hz.
- 16- Finalment, profunditat color 16 milions de colors (24 bits) i resolució de pantalla 1280 x 1024.

Després es reinicia la màquina i ja tenim Linux Red Hat 9.0 instal·lat.

Una vegada que s'ha carregat l'escriptori, cliquem en el menú de Virtual Box *Dispositivos--Insertar la imagen de CD de las Guest Additions*⁴³ i automàticament s'instal·laran. Després tindrem que reiniciar la màquina.

Les Guest Additions s'han d'instal·lar en el sistema operatiu virtual per tal d'aconseguir la millor experiència possible. Consta de controladors de dispositius i aplicacions de sistemes que optimitzen el sistema operatiu virtual per a un millor rendiment i facilitat d'ús (figura 18).

43 Què són les Guest Additions? <https://www.virtualbox.org/manual/ch04.html>

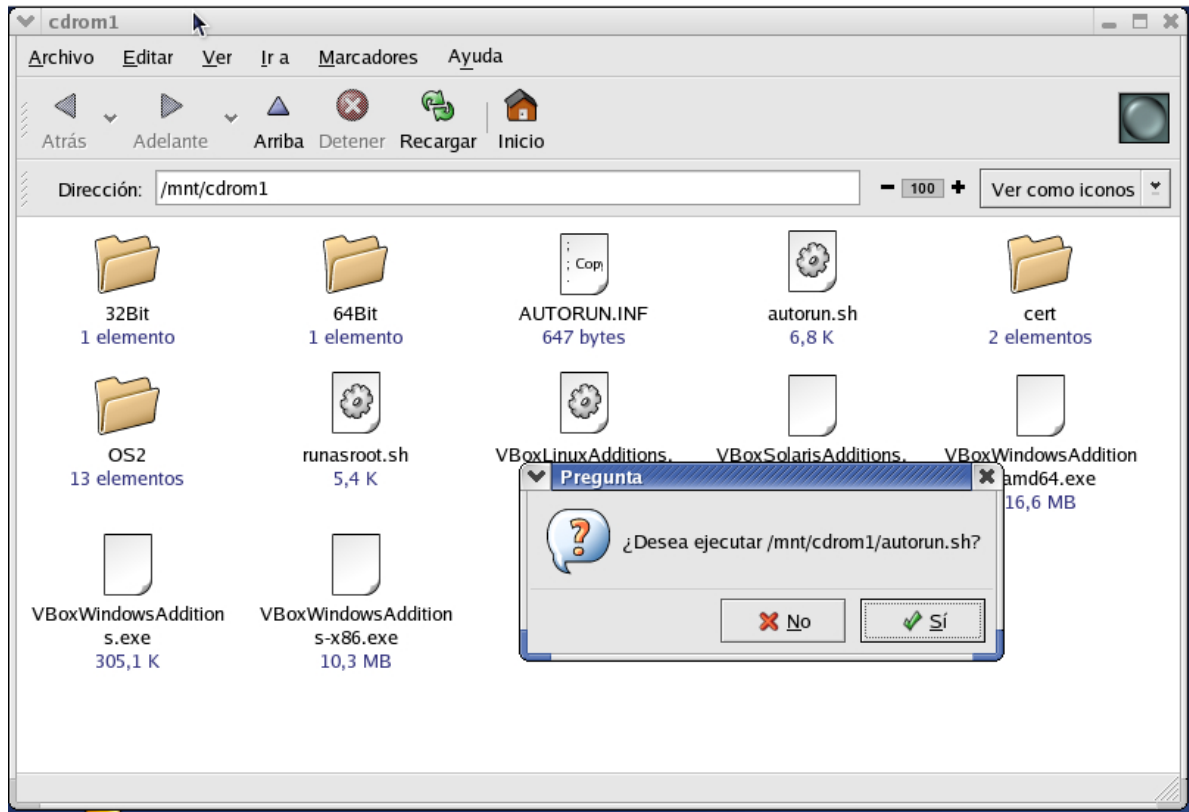


figura 18: instal·lació de les Guest Additions

Annex 2. Instal·lació de Linux clusterKnoppix V3.6 en VirtualBox

Ens descarquem des de http://mmc.geofisica.unam.mx/Replicas/knoppix/Cluster/clusterKNOPPIX_V3.6-2004-08-16-EN-cl1.iso la distribució Linux clusterKnoppix 3.6. Executem l'aplicació VirtualBox, i crearem una màquina virtual amb les mateixes característiques que Linux Red Hat 9.0, però només canviarà el nom que li assignarem a la màquina, en aquest cas clusterKNOPPIX_V3.6, i la ISO que carregarem per instal·lar el sistema operatiu, en aquest cas l'arxiu és "clusterKNOPPIX_V3.6-2004-08-16-EN-cl1.iso" (veure [Annex 1](#)). La màquina un cop configurada queda tal com indica la figura 34.

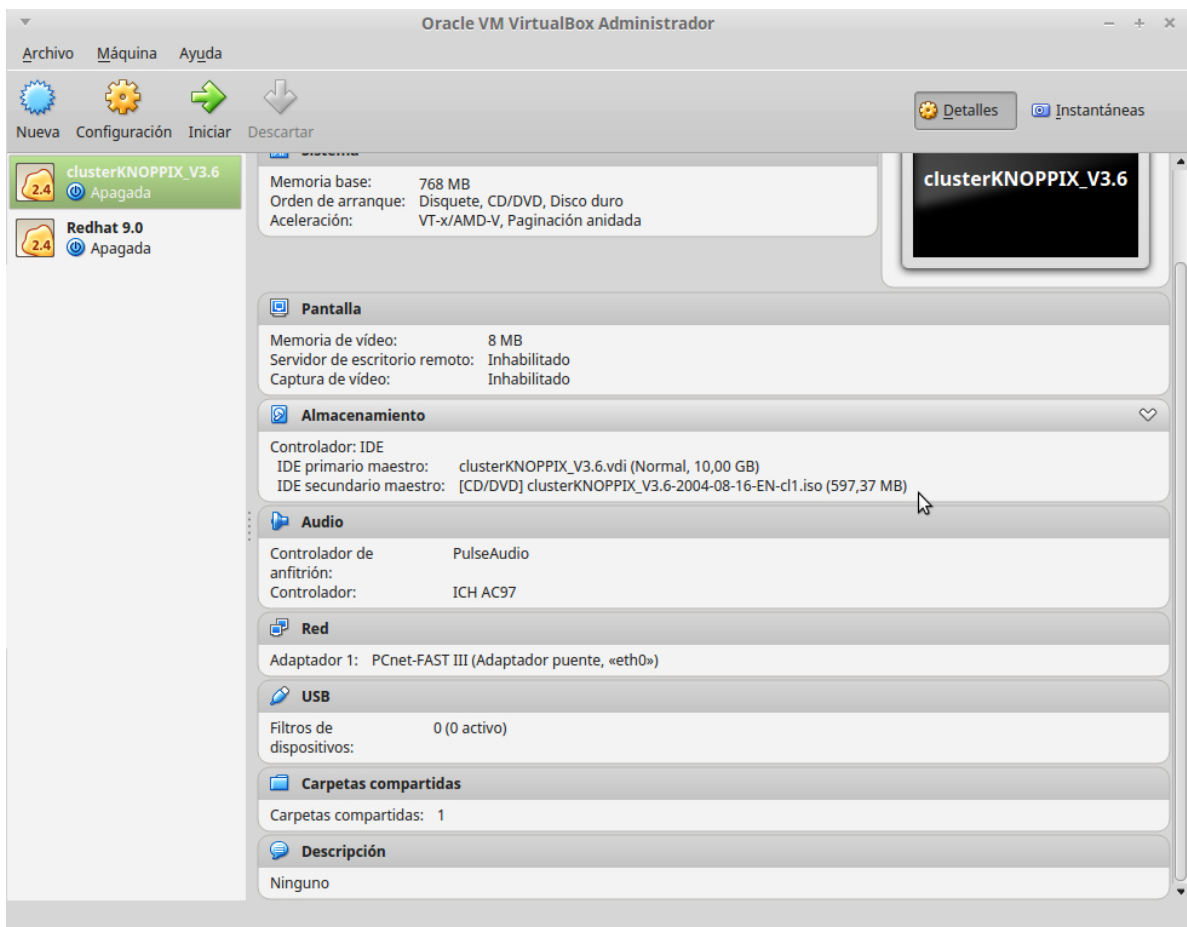


figura 34: aspecte general de la configuració de la màquina

Cliquem en el menú "Iniciar" i començarà la instal·lació. Aquesta és la pantalla d'inici quan executem la ISO (figura 35), esperem i no prenem cap tecla.



figura 35: pantalla d'inici quan executem la ISO

Es carrega l'escriptori i tot l'entorn de treball, ja que és un LIVE CD⁴⁴, ja podríem configurar directament el clúster des d'aquest entorn, però la millor opció es la instal·lació en un disc dur. Obrim un terminal i escrivim la següent ordre "`sudo knoppix-installer`" (figura 36). S'escriu `sudo` per obtenir privilegis d'administrador.

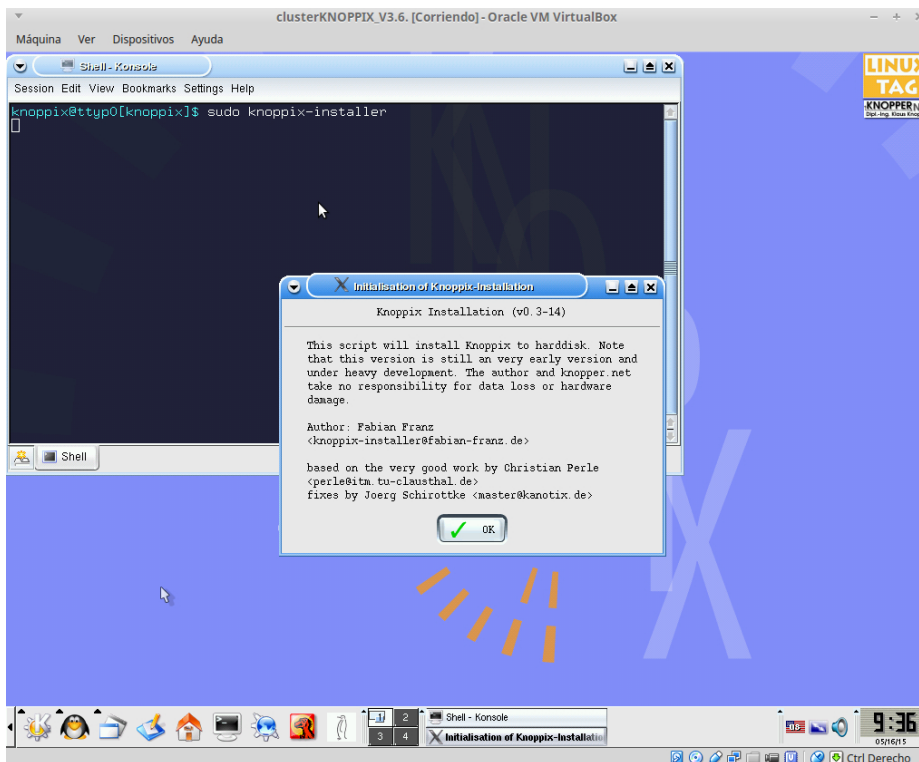


figura 36: càrrega de l'escriptori Live CD

44 Què és un Live CD? [http://ca.wikipedia.org/wiki/CD aut%C3%B2nom](http://ca.wikipedia.org/wiki/CD_aut%C3%B2nom)

Primer tindrem que particionar el disc dur tal com indica les figures 37 i 38, i després ja podem començar amb la instal·lació.

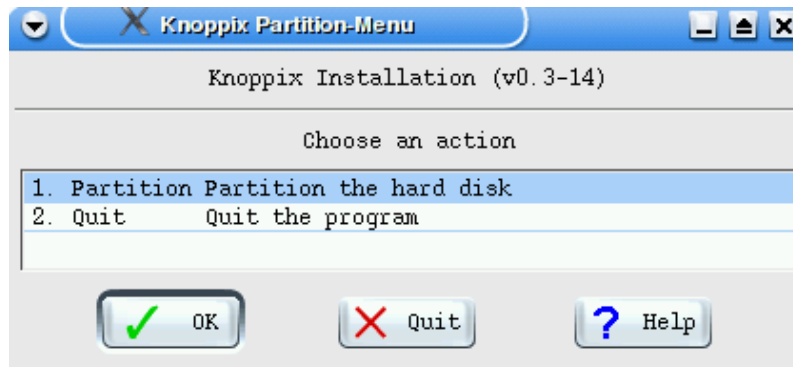


figura 37: particionament disc dur

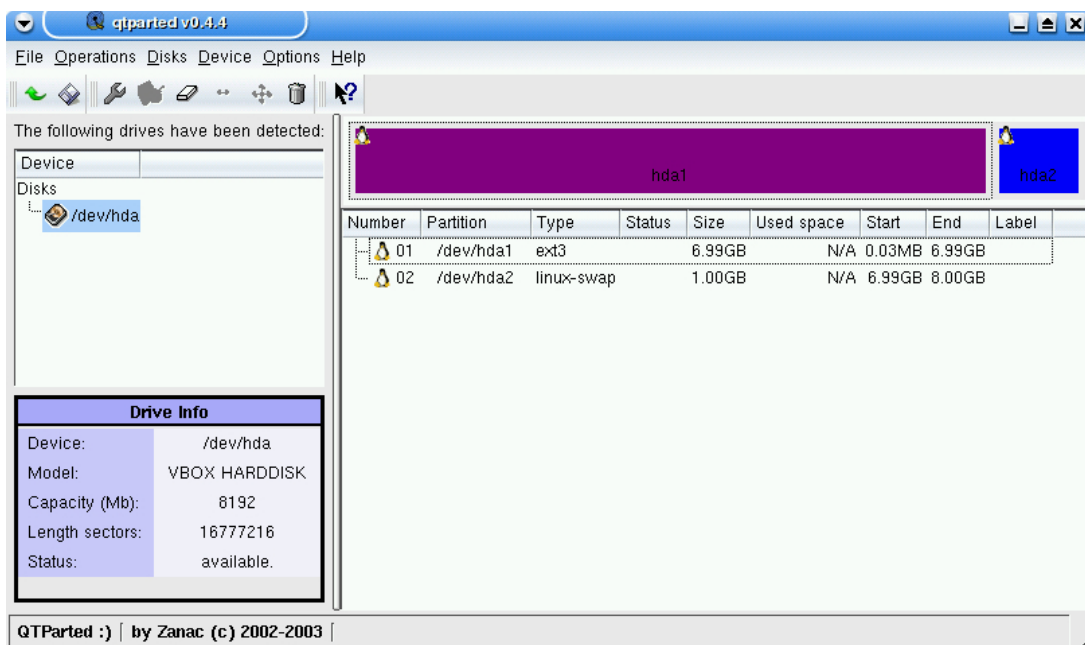


figura 38: aspecte del particionament del disc dur

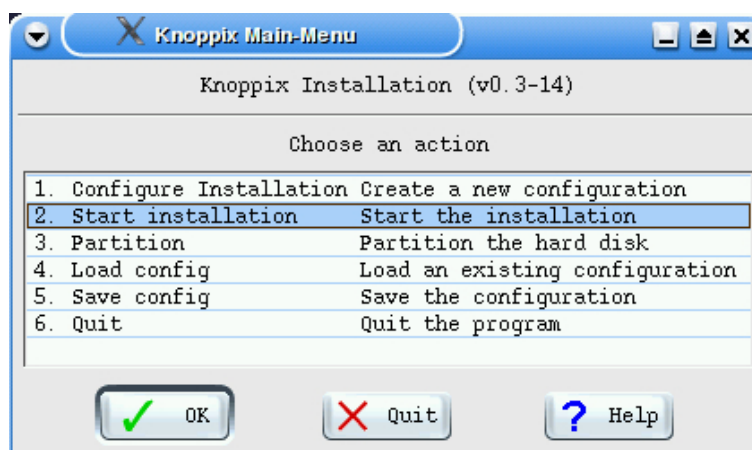


figura 39: després del particionament seleccionem l'opció 2 Start installation

A la següent llista he posat per ordre la configuració que hem d'escollir per instal·lar clusterKnoppix V3.6:

- 1- System type: beginner.
- 2- Partition to install Knoppix: */dev/hda* .
- 3- Input your whole name: escriure nom i cognom.
- 4- Input user name: escriure nom d'usuari.
- 5- Input user-password: escriure contrasenya.
- 6- Input administration password: escriure contrasenya administrador.
- 7- Input hostname: nom de la computadora
ordinador 1: *quad*
ordinador 2: *aspire*
- 8- Choose where the boot-loader (lilo) shall be installed: mbr Master Boot Record
- 9- Resum de les opcions d'instal·lació (figura 40).

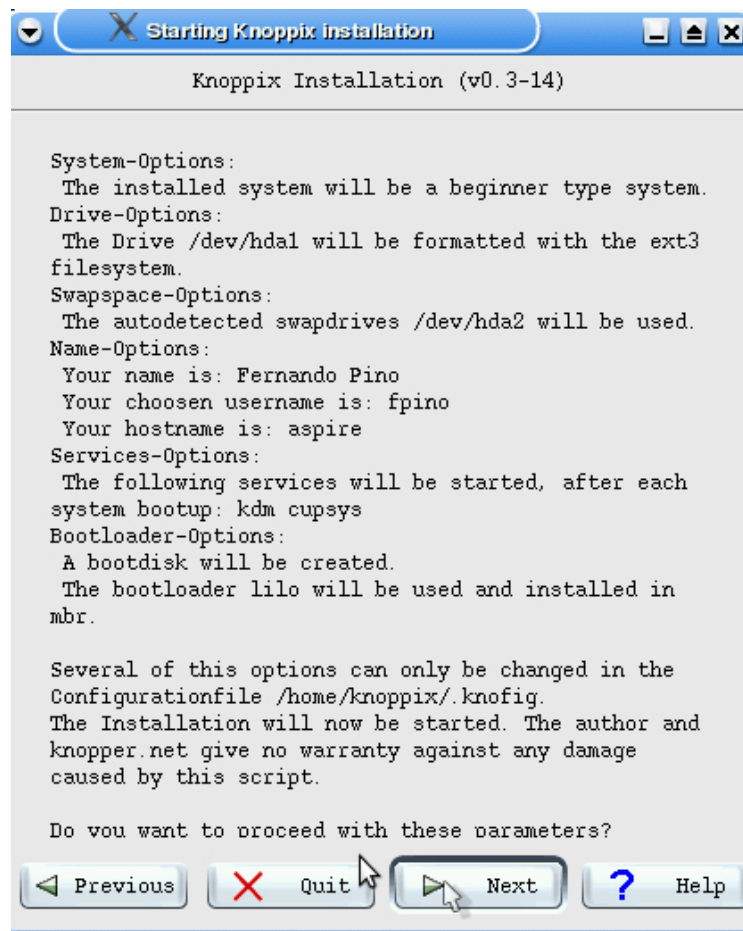


figura 40: resum opcions d'instal·lació

10- Copiant arxius (figura 41).



figura 41: progrés copia d'arxius

11- Pregunta si volem crear un disc d'arrencada, li diem que no.

12- Fi de la instal·lació de Knoppix (figura 42 i 43) i després reiniciem el sistema.

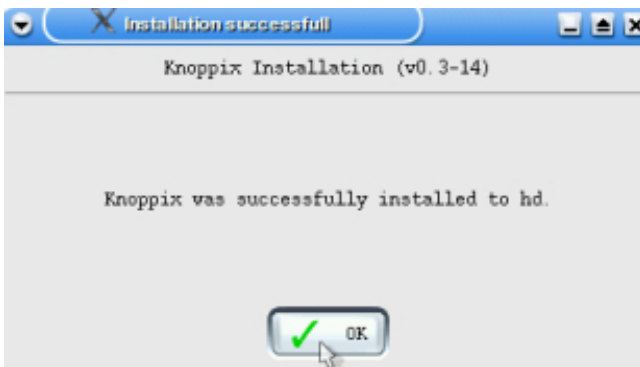


figura 42: finalitzant la instal·lació



figura 43: sortim del programa d'instal·lació

13- La primera vegada que iniciem Knoppix des del disc dur, s'executa un configurador de l'escriptori, on seleccionem el país, i la resta d'opcions les deixem amb la configuració predeterminada.

14- Una vegada a l'escriptori hem de canviar la configuració del teclat i del dispositiu de xarxa, tal com indiquen les figures 44, 45 i 46.

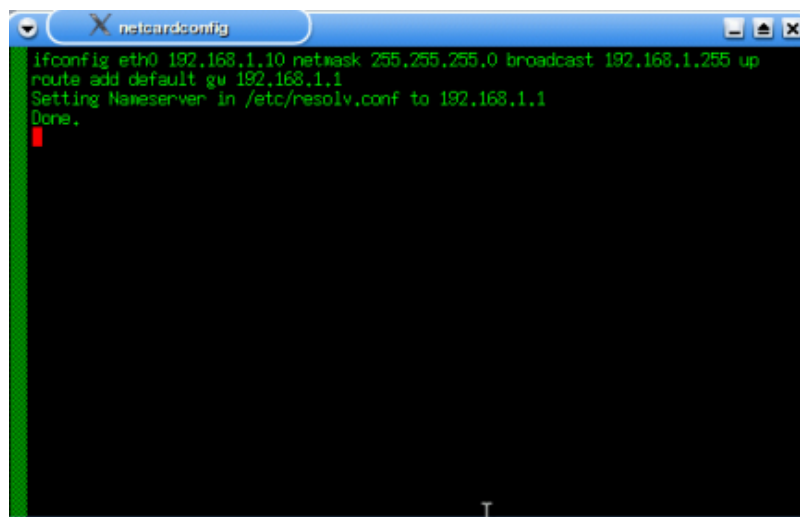


figura 44: configuració xarxa ordinador 1 "quad"

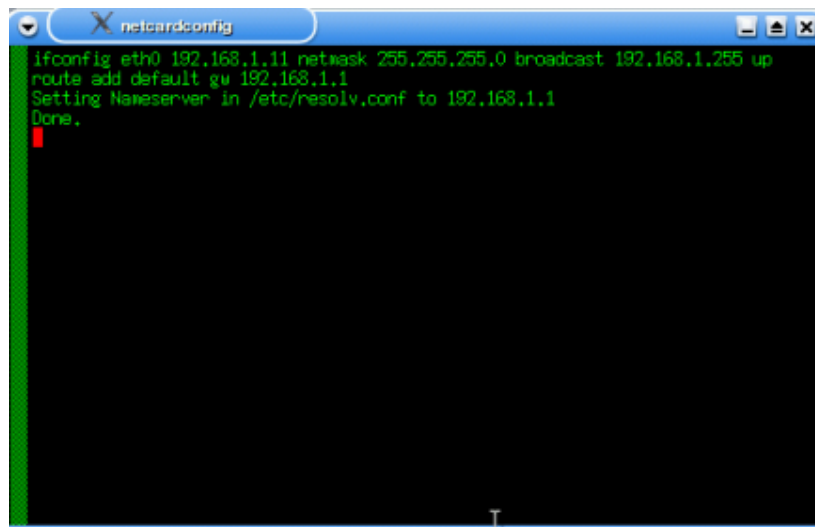


figura 45: configuració xarxa ordinador 2 "aspire"

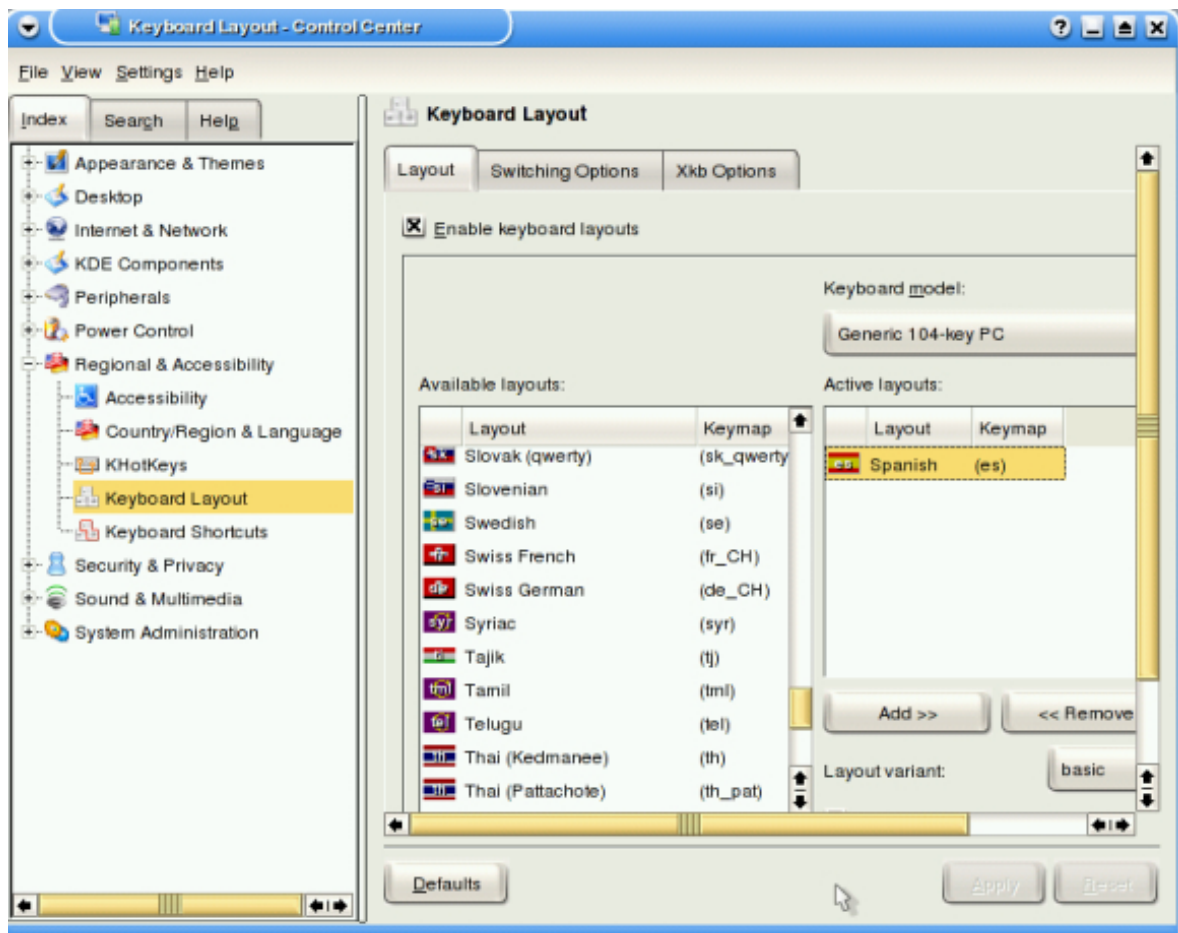


figura 46: selecció teclat espanyol

Després es reinicia la màquina i ja tenim clusterKnoppix v3.6 instal·lat.

Una vegada que s'ha carregat l'escriptori, cliquem en el menú de Virtual Box *Dispositivos—Insertar la imagen de CD de las Guest Additions*. En la ubicació que mostra la figura 47, executem "autorun.sh" i s'instal·laran les *Guest Additions*. Després tindrem que reiniciar la màquina.

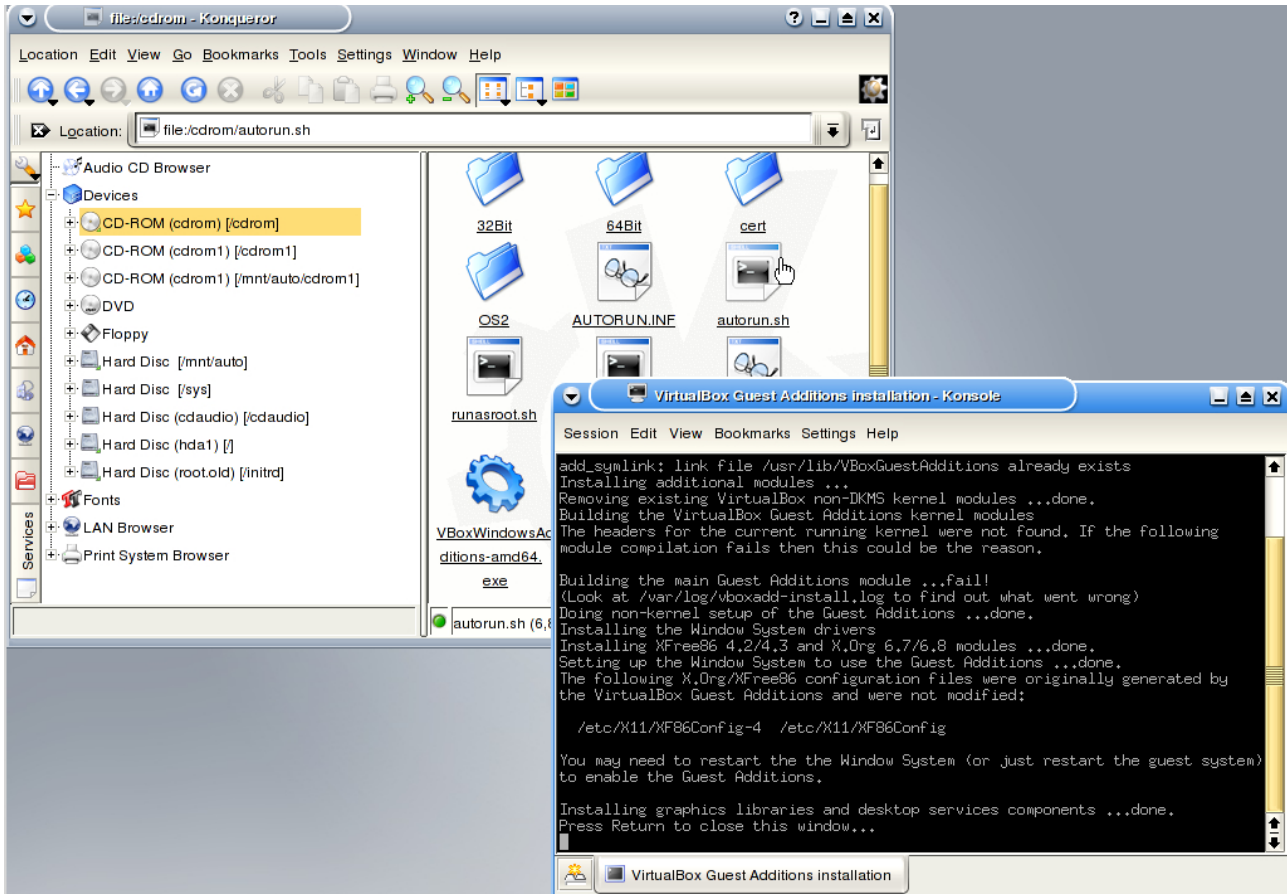


figura 47: instal·lació de les Guest Additions

Annex 3. El procés *numpi*

El programa *numpi* té l'objectiu de calcular els primers 50000 decimals del nombre Pi. Totes les proves de rendiment es basarà en aquest programa. Està escrit utilitzant el llenguatge de programació C++ i el seu codi font és el següent:

```
#include <stdio.h>

const int n=50000;
const int dim=((10*n)/3);
int i,j,k, resto, digant, nueves, aux;
int pi[dim+1];

int main (void)
{
    for (i=1;i<=dim;i++) pi[i]=2;
    nueves=0; digant=0;
    for (i=1;i<=n;i++)
    {
        resto=0;
        for (j=dim;j>=1;j--)
        {
            aux=10*pi[j]+resto*j;
            pi[j]=aux % (2*j-1);
            resto=aux/(2*j-1);
        }
        pi[1]=resto % 10;
        resto=resto/10;
        if (resto==9) nueves++;
        else if (resto==10)
        {
            printf("%i",digant);
            for (k=1;k<=nueves;k++) printf("0");
            digant=0;
            nueves=0;
        }
        else
        {
            printf("%i",digant);
            digant=resto;
            if (nueves!=0)
            {
                for(k=1;k<=nueves;k++) printf("9");
                nueves=0;
            }
        }
        printf("%i",digant);
    }
}
```

Per poder executar aquest codi en una consola Linux hem de compilar-lo prèviament amb la següent ordre:

```
"g++ numpi.c -o numpi"
```

Annex 4. Els 50000 decimals del nombre PI

I per acabar, amb la següent ordre, podem passar a un fitxer els 50000 decimals del nombre PI, en comptes de visualitzar-los directament a la pantalla, on només podrem veure els últims decimals:

```
"/numpi ~ > numpi.txt "
```

```
03141592653589793238462643383279402884197169399375105820974944592307816406286208
99862703482534211706798214808651328230664709384460955058223172535940812848111745
02841026019385211055596446229489549303819644288109756659334461284756482337867831
65271101909145648566923460348610454326648213393607250249141273724586006606315588
17488152092096282925409171536436789258035001133053054882046652138414695194151160
94330572603657595919530921861173819326117931051185480744623799627495673518857527
24891227938182011949129833673362440656643085021394946395224737190602179860943702
77053921717629317675238467481846766940513100056812714526356082778577134275778960
91736371787214684408012249534201465495853710507922796892589235410199561121290219
60863034418159813629774771309960518707211349999998372978049951059731732816096318
59402445945534690820264252230825334468503526193118817000000313783875288658753320
83814206171776691473035982534904287554687311595628638823537875937519577818577805
32171226806612001927876611195909216410198938095257101065485863278865936153381827
96822020195103520185296899577362259941389124972177528347913151557485724245415069
59508295331168617278558890750983817546374649393192550603009276016711380098488230
12858361503563707650104700181942955596198946767837449448255379774726847104047534
64620804668425906949129331367702898915210475216205696502405803814019351125338242
00355876302474964732639141992726042699227967823547816350093417216412199245863140
20286182974555706749838505494588586926995690927210797509302955321165344987102755
95023648066549911988183479775356636980742654252786255181841757467289097777279370
00816470500161452491921732172147723401414419735685481613611573525521334757418494
68438523323907394143334547762416862518983569485562099219222184272540254256887671
79049450165346680498862723279178608578438382796797668145400095388378636095067006
42251252051173929848960841284886269455042419652840222106611863067442786220391949
45047123713786960956364371917287467764657573962413890865832645995813390477027580
09946576407895126946839835259570982582262052248940772671947826848250147699090263
01363944374553050682034962524517493996514314298091906592509372216964615157098583
87410597885959772975498920161753928468138268683868942774155991855925245953959431
04997252468084598727364469584865383673622262609912460805124388439045124413654976
27807977156914359976001296160894416948685558484063534220722258284886481584550285
05016842739452267467678895252138522549954666727823986456596116354886230577456498
03559363456817432411251507606947945109659609302522887971089314566913686722874894
05500014033086179286809208747609178249385880097149096759852613655497818931297848
21682998948722658804857563014270477555132379641451523746234364542858444795265867
82105114135473573952311342716600213596953623144295248493718710014576540358027993
43037410073105785390621983874478084784896833214457138687519435064202184531910484
80005370614680674919278191197939952061419663428754440643745123718192179998390015
91956181467514269123974894090718649423196156794520809514654022523150388192014209
37621378559566389377870820390697920773467221825625996614014214030670384477345491
02605414665925101497442850732518665002132434088190710486331734649651453905796268
56000550810665879699816357473638405257145900289706413011097120627043903975951567
71576004203378699350072305587631763594218731251471205329281918261861258673215791
98414848829164470609575270695722091756711672291098169091527017350671274858322287
```

18352093539657251210835791513698820914442000675003346710031412671113699086585163
98314019601651511685171437657618351556508849099898599823873455283316355076479185
35893226185489632132933089857064204675259070915481416549859461637170270981994309
9244889575712828905923232609729971208443357326548938239119325974636673058350414
28138820310382490375898524374417029132765618093773443030707469211101912020330370
19762100100044929321516084244485963766983895228684783123552658213144957685726243
34418930396864262434107732269780280731891544100104468232527161010526522721116603
96665573092547110557853763466820653109896526918620564769312570586356610185580007
29360659876486117910453348850346113657686753249441667039626579787718556084552965
41266540853061434443185867697514566140670060023787765913430171274947042056223053
89945613140711260004078547332699390814546646458807972708266830634328587856983052
35808933065757406795457163775254102114955761581300240126228594120216471550979259
23099079654737612551765675135751782966645477917440112996148903046399471329621073
40437518957359614588019389713111790429782856474031031986915140287080859904701094
12147221317947647772622414254854540332157185306142288137585043063321751829798662
23717215916077166925474873898665494944011465406284336639378003976926567214638530
67360965712091807638327166416274888700786925502902284721030317211860820418000422
96617119637792133757511495940156604963186294726547364252308177036751590673402350
72835405670303867435136222247715891504953098444893330963408780769325993978054193
41447377441842631298608099888687413260472156951623965864572021631598193195167353
81297416772947867242292465436670098067692823828068996300482435403601416314965897
94092432378969070697794223625082216889573837986220015937764716512289357850158816
17557829735233446042815126271037343146531977774150319906655418763979293344195215
41341899485444734567383162499341913181480927777003863877343177207545654532207770
92110190516609628049092635019759882816133231666365286193266863360627356762035447
76270350450777235547105859548602790814356230145171806246436267945612753181340783
30336254232783944975382437205835311477119926063813346776879695970309833913077109
86040859133746414428227726346594704745878477871019277152807317679077071572134447
30605600733492436931138350493163128304251219256517980694113527013146013047816437
88518529092854510116583934196562134914341595625865865570552690496520985803385072
24264829397285847831630577775606888764462482468579260395352773470304702800587607
58251047470916439613626750449256274204208320856611906254543372131535958450687724
60280161876679524061634252257719542916299193064553779914037340432875262888963995
87947572917464263574552540790914513571113694109119393251910750208251026187985318
87705842972591677813149698008019211697173727847684726860848003377024242916512004
00516832336434038951702989392233451721013812806964011784408745195012122859937162
31201711444846409038906449544300619869075485150263275052983491874078668088183385
00228334508504860825039302133219715518430635454007668282949304137765527939751754
61395398468339363830474611996653858153842056853386218672523340283087112328278921
25077126294632295639898989358211674562600021835646210134967151881909730381197004
97340723961036854066431939509780190699639552452005450580685401956730229219139339
18567034490398205955000226353536192041994745538593810234395544959778377802374216
17271117236434354394782218185286240851300666044332588856986705431547069657474585
40332323342107201545940516553790686627333799585115625784322988273723198987571415
95781119635832005940873068121502876496286744604774649159950549737425626801049037
78198683593814657412680492564879855614537234786733039046883834363465537949864192
70563872931748723320837501122029911367938627089438799361016295154133714248928307
21012680147546684765357616477379467510049075715552781965362132392640615013635815
59074210102031872776052772180055614842555187925303435139844253223415762336106425
06390497400865627109535919465897514130034822769306247435363256916078154781811528
43667957061108615331504452127473924544945423682886061340841486377660096120715124

91404202725386076482363414334623518975766452164137679690314940191085759844239198
62916421939949072362346468441173940326591840443780513338945257423995082965912285
08555821572503107125601266820230292952521011872676756220415420516184163484756516
99981161400000299607838690929150202883002691041407928862150784245167090860006992
82120660418371806535567252532567532861291042487761825829765157959846035622262934
85003415872298053498964022629174878820273420922224533985626476691490556284250391
27577002830279980663658254889264870254566001729660266407655904290994568150652653
05371829412603369313785178609040708667114965583434347693385781711386455873678122
01458768712660348913909561009939361030029161615288138437909804231747336394804575
93149314052976347574811935670910013775172000703155802485309066910376719220332290
94334676851422144773793937517034436619910303375111735471918550464490263655128162
28824462575916333039107225383742182140883508657391771509682887478265699599574490
66175834413752239709683407005355984917541738188399944697486762655165827658483588
45314277568780029095170283529716344562129630435231175006650012411006597558512761
78583829104197484423607007193045761893234922927965019875187212726750798125547095
89045563579212210333466974992356202549477024801141952123828153091140790738602515
22742995818072471625916685451333123948049470791191532673420282441860414263639547
00044700267049624810179289647669758318327131425170296923488962766843032326092752
49503579964692565049368183608003238092934595889706953653494060330216654437558800
45632882250545255640564482465151875471196218443965825337543885690941130315095261
79377002974120766514793942580298969594699556576121865619673378623625612521632086
28692221032748892186543647022967807057656151446320469279068212073883778142335628
23608963208068222467012248261177185896381409183803673672220888321513755500372798
39300415296002878307667094447455013455641725437090697939612257142989467154357846
87886144458123145935719849225284716050492212424601412147805734551040070190869950
33027634787081081754401193071412233908663938339529425786905076430006383519834389
34159613185434754649556978103829309716465143840600707350411237359984345225161050
60270562352650127648483084076118201305279320542746286540350367453286510570658748
82256981579367897669742205750596834408697340101400206723584010072452256326513410
55923018027421624843914035998953539459094407046912091409386001264550016237428702
1092764579310657922955249887275846001264836999892256959688159205500001655256375
67856672279661988578279484885583439751874454551296563443470396642055798293680435
22027709842942325320225763418070394769941597915945200697521482933665556615678736
30053666564165473217043803521329543529169414599041608753101868379370234888689479
15107163785290234529244077365949563050007421087142613497459561513849871375704700
17879573104229690666602144986374645952808243694457897723200487647652413390759204
33019634039114731023380715095221010682563427471645024335430051521266932493419673
97704159568375355516673027380074972973635496453328886984406119649616277344951827
36955882207573551766515898551909866653935494810688732068599075407923423022009258
00601731950362254756478940647548346647760411463233905651343306844953979070902023
46046147096169688688401408346040546074295869913829668246818570031887906528603665
08324319744047718556789348230894310682860272280973624809399627060747264553992539
94428081137369433887294063079261595995462624629707062594845569034711972996409089
41805953439325123623550813494800436427852713831591256898929519642728757394691427
25343669415323600045373048819855170659412173524625895487201675002988659257866285
61249665523533829428785425340483083306016537228563559152534784459818313411280019
99205981352205117336585640782648494276441137639386692470311836445369858917544264
73998822846218448008777697763127957226726555625962825427653182001340709223343657
79150128093179301718598599933849235495630057099558561134980252499066984232017340
35804408116855265311709957089942732870925848789443645005041089226691783525870785
95129834417295351953788553457374260858029081765155780390594640873506123226111009

37310804854852635722825768203416050484662775044003126100700799804925485346941469
77516493270950493463938243222718851597405460214828971117779237612257887347718819
68254629812686858170507402725402633290449762778944236216741191862694396506715157
79586756482399391750425017633870454980176143641204692182370764887834196896861181
55815873606293860380017121585527266820082383404656475870405138070163363887421637
14064354955618689641122821407533026550004241048967835285882902436709048871181909
09494533144218287661810300073547705498159680771009474696134360928614849417840171
80779306810854680009445899527942439813921350558642219648349151263801270383100109
77386806628779239717014613432445726300973742560073592000315415089367920081699805
36510275007277496745830028362405346037263416554258027501834830306811381855105979
70566300750942608788573579503732451414678660368809880609716425849759513806930944
93015154222219432913021739125383559140300033303251117491569691745027149433151558
85403922164097229001129035521815762823283182342548326111912700928252561802052620
1639114772473314857391077758744253876117465786711694147764214411126358355387136
00100232679877564102468230322648346417663698066378576813492045302240819727856471
98396308781543221166912246415911776732253264335686146186545222681268872684459684
42416107853016768142080885027005414361314623082102594173756238994207571362751674
57318918945628352570441335437585753426986994725460316566139919996826282472706413
36222178923803176085428943733935618891651250424303008952719837873864805847268954
62438823437517885101439550057104811949884239060613695734231559079660346149143447
88635041031823507365027785908975782727313050488939880099239134033732508559826558
67089242612429473660193907727130706869170926462548423240748540366070136046689511
83009366860954632400214585293094000090715105823626729326453738210493872499669933
94246855164832611341461106702674466373343753407642940266829738652209356016263846
48528514903629310199199688285171839536691345222444708045923966028171565515656661
11359823112250628905854914509715755380024393153519080210711945720024387017661403
52708626025378817975194780600137140044899172000221013340131050163915415895780371
17792775225978742891917915522417189585361680594741234193398410218745649256443462
39253195313500331147639491199507285843065836193536932969928983791494193940608572
48639688369032655643642166442576079147108699843157337496488352927693282207629472
82381537409961545598798259891093717126218282025848112388011968221429457667580718
65380650648602613389282299497257453033283896381843944770779302284359883400035838
54238973542439564755568409522484455413923940000162076936368467764120178196593799
71557468541946334893748439129742391433659350400035234377706588867781139498616478
74714079326385873862473288964564359877466763847946650407411182565837887845485814
89629612739984134427260860618724554523606431537001127468097787044640947582703487
69758948328241239292960582948619196670918958089833101210318420330128495116203534
27014412761728582024355982003104102451207287253558119583014918096925339507577830
0067465526031446167050827682772235341910026341631571474061238504258459884199076
11287258059113935689501431668283176323567325417073420817332230462987992804908514
09478036887868789493054695570307261800940207643349335910502454508645362893545686
29585313153371838682656178622736371697577418202398500659148161640494496401173213
13895747062088474702365370031150898427992754426853277974311395143574172219759799
35968525228574526379628961269157235798662057340837576687388426640599099350400081
33754324546359675048442352848746014435454195762584735642161981340734685411176688
31186544893776979566517279662326714810338643913751865946720024434400544995399742
37232871249483470604406347160632583064982979550010954183623402030945309733583446
28394763047756440140085075789495489313939448992161255255976014368589435858775263
79625597081677643700125436502371412783467926001995585224717210177723600417808419
42394872540670155503599839054898572354674564239058585021671803139526294455439131
66313453089390620467843877850542393905247313610129476918749751900114723152893267

72533918146607200089027768963114810802209724520759167296007850580717186381054967
97300016787085069420709223290807038326345345103802786099055680013413718236837099
19495164895007550493412678764367463849020639630197666855923356546391383631857456
98147196210841080961884605455038038455343729141446513474940784884423772175154334
26030669883176833000113310869042193803107014378433415137092435201367763108491351
61564226984750742032971674696406665315260353254671126675224605511995818319637637
07617991919103579581007595605302346267757943936307463056801070114942714000939136
91381072581378135789300559940018354251184172136055727522103526703735726527922417
37360575112788721819084480061770138897107708229300027976659358387589093956881485
50263224393726562472775037890814458837854019702843779362407825052704875816460324
58129087839523245323789502984166922548964971560698119218658492677030395648127810
21799132174163058105545987012004845629976511212415363745140056350601278159267142
41342103201566165355024733807842028655257222753049998836015348792008062501809623
81516136690334111138653851091936739383522934588832255088706450753947395204396807
90670868064450969865487016828743437861264538158342807530618454858037982179945996
81154419742536344399502902500015888272164744006820704193761584547123183450072629
33955054823955713725683023226821201247679452264482090023564775272308208106351889
91526928891084555711266039650343978962782400161001532351605196559042118449499077
89991007329476905868577878720982801352956613978884860509786085956017731298155314
95168146717695976099420003618355913877781769845875810446628399880500616229848616
93533738657877359833616133841338536842119789388001852956919678045544828584836011
70967212535338758621582300133003877668272115726949518179589754693992642197915523
38576623167627547570354699414892904120186386119439196283887054367774322427680913
23654494853667670000010652624854730558615989991301707698385483188740142938908995
0685453076511670333732265175662207526951791442252808165171667766727930354851542
03023817460892328391703275425750867655117859394002793389592057668278967764453184
03041855301043513483895311013263783692835808271937831265496174599705674507183320
65034556643034490453627550011240184335607361222765949278393706478426456763388188
07565612168960504161138039063950161022153684941092605387688714837989559999112099
16464644119185682760045742434330216722764455893201277815868695250694993646001756
85050167145354315814701054588605645401331037586454858303230298717093480910556211
67154684847780394475697980426318099175642280987399876697323769573601580806822904
59921236616890259627304306793165311493017647376938735140933618332161427021497633
99189835484875625298752423873077559555955465196394301821840998412489826236737714
67226061633643296406335728107078875816304381484018841143188598827694480119321296
82715888413386943468285800666408063140777577257056307293004929402024204984165654
79736705485580445865710227637840466823379852827105784319753541794011347273625774
07021347682604402285157979579764746602284099956150156910890384582450267926594205
54039587922981852647007068376504183656209455543461351341525600659748819163413595
56719649654032187271502648593049039787489589066127250794828276938953521753621850
79629778514618843271922322380015874445052866523702253284389137527384589238442253
54726530981715784478342158223260206902872323200538621634798850946954710047952311
10150432932266282727632177908830087861470221475376578105819602226309717495072127
24847947816957296142365859578209083073323355034846531873029302665964401371837542
88975579714499246540386817992138934692447419850973346267933210726868707680626399
19361965044099542167627840914669856925715074315740793805323925239477557441591845
82156251819215523370960748332923492103451462643744980559610330799414534778457469
99921285999993996122816152193148887693870222810820019850165494165426169685867883
72609587745676182507275992950893180521872924610867639958916145855058397274209809
09781729323920106766386823030111303024600735085782872462713494636853181546969046
69686939254725194139929146524238577625400474852954768147954660070503479995888676

94016124972282030203995463278830695976249361500102436555352230690612949388598015
73466102371223547891129254769617500504797492806072126703922691002777226102544149
2215765045081206771735711027170242968106203776578837166909109418074487814049075
51782038565390991047759414132154328440625020180275716965082096427348414695726397
88425500845312140659358090412711359100419759851362547961606322887361813673732445
06079244117639975974619383584574915988097667447092006546342423460634237474666080
43160125005205592849369594143408146852981505394717880045183575515412522359059068
72648786357525419112888773717663748602766063495035367946026923229718683277173932
36191007774522126247518698334951500198642698878471719396649769070825217423365662
72592844062042021411371992278526998469884770232382383005565551788908766135013047
70984386116870523105531491625172837327286750072481729876375698163354150746088386
63640693470437206688651275688266149730788656015684016918647488541679154596507234
28773069985371390420026653078398776385032381821553559732353068604201067576083890
86270498418885951380900304235957824951439885801131858358406674723702971497850841
45853085781339156270750356390763947311455495832266945702494139831634332378975955
68085683629725386791327505554252449194358912840504522695381217913191451340099384
63117730179715122837854501150359554028644058024964669307077690554810288402080857
00878115773817191741775017330738554757006055014337743298012728677253043182519757
91679296996504146070664571258883469797964293162296551016879720003564630457930883
03274807718115553309098860255052076804620346086581653948769519500440848206596737
94731680864156456505200498816164905788311543454850526500698230931577764003780704
66126470502145750579327096204782561524714591896522360839664562410519551052235723
97395128818164059785914279148165426328910042816091369377737222999833270820829699
55737727375667615527113922588055101898876101141670054687365580633471503734291703
90798639652296131270178267971728982293606028806908776866059325274637840539769184
80820410219447197138692560841624511239806101131845412447820401107987607171556831
54078865439041210873032301010685341947230476666721749869868547076781205124736792
47919315085644477537985379973223445612278584329684664751333657369238710146472367
94278600425032555899268843495928761230075587569464137056251300117971331662071537
15435006876477318675587148783989081074295309410605969443158477539600943988394914
43235366853920994687964506653398573888786614762944341301049888993150051207678103
58861165020296119363968213496074011164983278563531614516845769568710800299976984
12632665023477167286573785790857466460772283415403114415294188047825438761770790
42000156698677679576090996693607559496515273634981189641304331166277471233881740
60373174397054066031096767657486953587896600319258662594105105335843846550233917
96749267844763708474978333655578007384191473198862713525954625181604342253729962
86326749682405806029642114638643686422472488728343417044157348248183320164056695
96688667695634914163284264149745333499994700026699875888159350735781519588980053
95120853500357261373630343675347141048350175464882004078464167452167371904831096
76711344349481926268111073994825060739495073403168019731852119552635632584339099
82249862406603107683184466072912487475403161796994113973877658998685541703188477
88675929026060043212666179192235209382278788809886335991160819235355570464634911
32085918979613279131975649097500013996234445534014346426860464495862476909434704
82932941404111465409239883444351591331010773944111840741076849810663472410482393
58273019449356651610884631256785297769734684203061462418035852933159734583038455
41033601091676776374276200213601354854450926307180114731848574923318167207213727
93556795284439254815609137281284063330393735624100160456645574145881660521666087
38748047243391212955877763906969037078828527753894052460758496231574369171131761
34783882719416860662572103685132156647700147675230039357860689611125995028183930
95487090590738613519145918195002973278755710497280114871718971700469616977600179
13919613791417162706018958469214343696762927459109930050084983568425101915593703

60001104974733949387788598941743303178534870750322198297057975119144051099423588
20345463534923498268836240433272674155402016195056806541809394099810206099941302
16890800708213307230896621197755306659188141191577836272927461561857003721724700
09521423696483086410259288745799932237495519122195180342445230753513380685680735
44649951271031744871954039761073080502699062580750202927314552520780799141842906
38844373499681458273372072663917660101182004648180002413083508846584152148991276
10651374153943565721138032857491876909441370209051703148777346165287984823533829
72501361109845148418238081205409961252745808810994869722161285248974255555160763
71675054896172016809613803811914361143992106370050832140987604599309324850025168
29446726066613815174571255975495357023998314698220361338082849935670557552471290
27453977621404931810146570070215665360677655087838042041343105918046067008345911
36640834887407005741272586704792258319127415739080914383138456424150940849133918
09683025116399193685322555733896695374902662092326131885589158083245557194845387
56287861288580041050060737464013026278230273469625282171749415823317492396835201
36178653673760642166778137739950006589528877427662636841830670190804609849809469
76366733566228291513235278880615776827815958866917023894033307644191230341102231
63685778603572769415417788264352381319050280860185750470463129333537572853866058
88904583111450773942935101994321971171642234005643042979892081594307166019857469
27384865383343614579463417592257389858700169701475742054299570124295810545651083
10462972829375841611625325625165724980784920998979906100359365099347215829651741
35798491047111660791587436986541222348341887722929446335178653856731962559851026
07294767407261676714557364981210567771689348491766077170527718750119990814411305
86455779105256843048114302619383023224709392498029335507318458903553971330884461
74107959162511714864874468611247605428673436709046678468660274091880014249711149
65781772427934706021668829561087779440504843752844337510882826477197853000650970
30320218625561473321177711744133402816088303517814525419643103095750186946490886
81545285621346988355444550249556668436602922195124830910605377101970218300103270
41783866544718126039719068846237085751807003532704718565949947612424811099928867
91589690495639476246084240659309486215076903149860206735338483495508363650178487
71060809804269247132400009463014373503265645184566792456669550001402298330798496
07994988249706172367449361226222961790814311414660941234159359309585407913908720
83227335495720807571651718765994498569379562387555161757543809178052702946410044
72153962807463502113294255915002570735628126387331050058910652457070244749375431
84149301482119996276453106700663118382376163966318093144467129861552759810145141
02755006892974024630301735148919457636078935285550531733141645705049964438909363
08438744847839616840518452732883032345102470568516465716477139323775517294795126
13239822950239454857975458651745878771331813875295980941217422720035229650808917
7705068259248823221549380483714547816472139768209633205083056479204820859204754
99857310388876391501995240918938945576768749730856955957010659526502036266159750
66222508406742889826590751063756356996821151094966974458054728869363002036782324
01823237084597801115484720876182124778132663304120762165873129708112307581598212
48639807212407868878114401655825136178903070860860198975889807456643955157415363
19319198107057533663373803827215279884935039747001589051942087971130805123393322
18034662499171691509485413018710603546037946433780058909577211807044657439628061
86717860017156740967662070295766577051291209907944304632892947306159510430802221
43937184956063405618934251305726829146578329334052463402892917547087256484250034
96296116541382200773133272983040015025672301418515204189060115428857992081219844
93156999059181011819733400126187727036812481995877060207532406361259313438595542
54778196114293516356122349666152261473539967405158499860355295332924575238880013
61023476246690558164389678630976273655047243486430712184943734852006063876445662
72186661601238127715621379746149861328744117714552444708997144522885662942430220

18479120547849857452163469644897389206230194351830008828347024924908540307786387
51659113028739587870980007727182718745280139728366148421428717055317965430765045
34324500536361472618180969976933486264077435199928686323835088756683595097265574
81543193019557685043724700002041374983187225967738715495839971844490727914196584
59200839426360208756353982169620553247032122674989114026785285996734052420310917
97899905718821949391320753431707970023736590985375510238911643467185582906853711
89795262623449248339249634244971465684659124891855662958932990903523923333364743
51037076000108438700329075983421701855422838616172104175020116459187805393674474
72059985023582891833692922337323999470437108419659473162654825748099482509991832
00697656936715968936449334886474421340084060066088359723403953233017958255703501
69369909886711321097988970705172807558551912699306730992506040602455685077867906
94766126298082251633136399521170984528092630375922426742575599892892783704744452
18936310348941552104459726188370020067761793138139916205806260165002445886924764
92468919246121253002757313908304600071435613623169923716948481325541009145304103
71354532966206392105479824392125172530132314902740585892063217589494345489068463
99313757090034633271415316223280552297297953701870162859073572955416278867649827
41861642187898857410716490691918511628152854867941736389066538857642291583424006
73612453849160674137330173572779956341043326883569507814931377007362354170070619
17026732855119194267609122103598746924117283749312616339400123959924050845437569
85079570462226646180001034004801820341535458428337643781119885563187777925371011
66718539541835984438305103762819440761594106820716970202285152250573126093046898
42343315273213136121658280807521263154773060442377475350595228717430266638914881
71730864361113890694202790881431194487994171540421034121908470940702530239329429
45493878630230512927119097513535000921971105412096683111516328705422028460073120
65803262641711616595761327235156666253667271899853419989523688483099930275741991
6463841427077988708874229277053891227172486322028898425125287217826030400994510
82478357290569198855546788607946280537122704246654319214528176074148230382783582
97192000178883456741678113989547504483393146896307633966572267270433932167454218
24557062524797219978668542798977992339579057581890622525473582205236424850783407
10014498047872669198018643882293230538231855973286978092225352959001734140733488
47600055630182423921926950620831838145469839236646136398900121021770959767049083
05081854704194664371312299692358895384920136356576186106062228705599423371630021
2784574464639897381885667462608794810186474876727272206267646533809970196688368
09941590757768526398651462533363124505363026105696055131838131742611844101890888
53196356986962794036738424312011331753305329701016688817481342988681585577810343
23175306478498321062971842518438553442761012823457071698853051832617964117857960
88881403295022907056144762209150947380359466469162353968091013945781758910889319
92112250073928149169481615273842736264298098234063100243024495894456129167049508
23581248739179964864113347032475777521970893277226234948501504665268143987705161
53170266969297049283162855042128981467061953319702695072143782304768752702873541
26166391708245925160010714180854700636923259461018002278087409859771921805158532
14739265325155803540020928466592529991435379182531454529059841581763705892790690
98969111643811878094353715213322614436253144801274547726957393934815469163116249
28873574718824071403994009446731954316193855485207665738825139639163576723150005
55503726339486720820780865373494243011579966750736071115935133195919712094896471
75530245313647709420946356969822266737752099451684506436238242118535348879893956
73187806606107885430005508276570305587448541805778891719207881423351138662929667
17964346875007704799953788338786034871702184243734211227394025571769081950309101
82301884270570460926225641783752652633583242406612533115294234579655694025068000
18310800411245378015332966156970522379210325706937051090830789479998004999395322
15362274847660361367769797856738658467093667958858378879562594646489137665219958

82869337018350119323685785585581955550421562508836402033220245137621582046181067
05195330653060606401054887167245377942831338871631395596905832083416898476065607
11834713621812324622725884198028614208728495687963932546428534307520110528571382
96437099803569488852851903029560473461311382638788975517885604249987483163827040
46848618938189590542039889872650697610101995548412640005394428203920127481638158
53039643992546010167275932857436666164411096256633730540921951967514832873480895
7477752783442210910731113518270460363471981856555729571447476825528578633493428
58423118749430003229690697758315803858039353521358850079500342097547392296733310
64939550181223781285458431760556173386112673478074585067606304822940965304111830
6671081893031108871728167519579675347188537229309616143103006381322465841111577
58358581134018569047815368938137718472814751998350504781297718599084707621974605
88742325699582889253504193795826061621184236876851141831606831586799450165205774
05294230535017803133572632670547803383012573059123395018701378254219270947673371
91987287385248057421248921183470876629667207272325650565129333126059505777727542
47124164831283298207236175057467386012820957554430596839555568686118839713552208
44528526300812510276655576774959696266126045652456840861392382657685833846984997
78726706555191854468698469478495734622606294219624557085371272776523098955450193
03773216664918257815467729100521266714346320963789185232321401897612603437368406
71941930377468809992968775824410478781232662531818459504538535438391144967753128
64260925211537673258866722603042523491086026958099647595805794663973419063000036
36180304203311357933654242620356145600801124470088002070147805660370015412232889
14657223931450760716706435568274377439657890679726874384730763464516775621030986
04092717090951280863090297385044527182892749689212106660081648583395537735919136
94015316101890888748421079870689911480466927065094076204650277252865072890532854
85614331608126920056937854178610969691025388650345771831766868859236814884752764
98468821949739729707737187188300414323127636504814531122850980020742409255859252
92610202106736815434601525234878635164397623586041919412969769040526483234600991
11542425012734370220893310966863678986949779930012501642276092608234930411806438
29138347354679725399262338791582998486459271734059225620749105308531537182911681
63721939518860095778818158685046450769934394098743351443162633031724774748689791
82092394808331439708406730840795893581089665647758599055637695252326536144247702
30826811831037735887089240613031336477370011628214614661679404090518615260350092
52194721889091810733587196414214447865489952858234394704007983038853886083003571
93050027711945570219119428999227223534587075662469261776631788551443402182860266
85610664003531050216318205017609217984684936863161293727951873078972637353717140
25637873357977180818487845886650433582437600414770041493492743845758710715973155
94394264125702709651251081155482479394035976811881172824721582401094960966253933
95380922195591918188552678062149923172763163218339896938075616855911752998440132
06712939230414459386239880938123045219148483164620014738918250010909677386906630
41589736104764364000680771056567184862814963711188321924456639458144914861654004
95676982690308911185687986929470513524816091743242015383684707292898982845022237
20145265567989862776796809146979837826876431159883210904371561129976652153963546
44208691975673600057387649784376862876817924974694384274652563163220055513041742
27341646455127812784577772457510386543754282825671412885834544435132562054464240
01003795546419058116862305964476958705407214198521210673433241075676757581845699
06930460475227601660056845439692340417110898889934163505851578873534308155208117
72071870379104046983069578685473937656433631979786703671873079693924236321448450
35477631566025538006542311791015346497792906624150832885839529054263768766896880
50333172277001858850697362323038946004718976193473443084374437599250341788079722
35859134245813144049847601732361694719765715353197754997162785663119046912609182
59124989036765417697980362375528652637573376352696934435430047306719886880196814

74287677908669796885224016369498567302175231325292653758964151714795595387842784
99866456202878831962099830494519874396369070682762657485810439112232618794059941
55406326013198989570376110532360629867470377915376751158304320849872091028092975
26498125691634240005229088726469252846661046653921714820701305022980526378364269
59733707053922789153510568883938113249757071330029504420346715989448786847116438
32805069250776627440012100352620370946502341464899838025258882014867816219677519
45831677187627571005054397944124598007711520515461993050983869825428464072555409
27403132571632640792934183342147090412542533523247021932277075355546795871638358
74018159338717423606155117001312352563348582036514614186004920570437101826173319
47156008675785393360786227395581857975872587441025420771054753612940474500000940
95444959662881486915803899071865980563617137692227290764197755177710104276496949
61105622059250241021770426962215495872645398922769766031052498085575947163107586
01332088614632664125911486338812202844406941694882615295776253240198603598706743
80469821942056381255833436421949232275937221289056420943082352544084110864545369
40496927149300331978286131818618881111840825786592875742638444005994422956858646
04810320153889114994869354350202218109434667630000223625505736312946262960961987
60564259963946138692330837196265954739234624134597795748524647837980795693198650
81597767535055391899115133525229873611277918274854100868953965835942196333140286
95611910122988898860060799927954111882690230789131075036176347794894310321027733
59416908640071932703017163840644987871753756781185321328408216571107549528294974
93621460821558320568723218557406516109627487437509809222021160998263303391546949
46444900045152809250897450748967503240907689836529406579101983152654106581368237
91984090645712468948460209357761193139970246813405100394781949866102623008902140
16616381353838151403773402296607462795290038406868556906015751662419298724448271
94293300048548244545807188976320032325258215812703274679610028147624318286221710
54352898348208273451670186131719593324711074662228508710666117703465352839577625
99774467218571581612641114327179434788599089280848669491413909771673680027775850
26866465405659403948678411107801161030085727445629384254941675946054871172359464
29105850909940214958793112196135908315882620682332156153086833730838173279328196
98387508708348387046388478441883003184712697454370937329836230287519792070232187
87448828728437273770178260080587824107493575148899789117397461293103510814326032
51409030487462262942344327571250086642508333187688650756429271605525289544921537
65175149219636718104943531785838345386525565664065725136357506435323650893679043
17025978781771803148679638408288102094614800797151377170990619549696300708676670
02320048672631475510537231757114322317411411680622864206388906200192355223546711
66213749969326932173704310598722503945657492461697826097025335947402091383667377
28944386963000281003430260847128980007468077648440887113413525033678773167977093
72778682166117865344231732264637847697875144332095330001650692130546476890985050
20201504488083426184520873053097318949291642532293361243151430657826406028389840
98415029403092418971209715016492656134134334222988279099217860426798124572853457
01338260995877178113002167330256562743007296834066198480676615804021691833723670
39802793160642043681207980031626444914618021945822969099212278855394878353830564
68648816555622943156731282743908264506116289427034016613366978240517601552196265
22725455850738640585299820379180350432876603809252167907571104061237596327685674
84507915114731343000183257034492090971243580944780046249431345402880068064870429
35340374350326258205357801183956490893543450013429696175452495739606214902887289
32792520696535386396443225388327522499605986974759882329916263545973324445163755
33437749292899058117578635555562693742691094711600216541171821975051983178713710
6051063795558588905568852887989084750915764639074693619881507814685262133252473
83765119298015610918977792100870579339646382749068069876916819749236562422608715
41760004306089043779766785196618914041449252704808819714987015420577860065215930

09289777501330756847966992955433656139847738060394368895887646054983871478968482
80538460173087111776115966350503997934386933911978988710915654170913308260764740
63057114110988393880954814378284745288383680794188843426662220704387228874139477
00017721392281911992365405516395893474263953824829609036800288359327745855060701
31798840716244656399794827578364019551422155133928197822698427863839167971509126
24105487256009240600454884856929504481107380879965474815689139353809434745569721
28919827177020766613502489581468119133614121258783895577357194986317210844398801
42394849665925173138817150266326193106536653504147307070441493916936326237376777
70958503132559800957627319573086470424676012123260205337426670531424482081681303
06397378736642483672539837487690980502182785786216512738563513280148903509883270
61725893257536399397905572917515009761545904477169226580631511002703843501737474
21524760851520980161585823125715907334217365762671423904782795872815050956330927
02668458937649649770232973641319060982740633531089792464242134583740801169391964
25045912881340349881063530088759681005440836438651661788055760895689672753153808
19420773325979172784376256611843198900240074918290864751497930031606038455494653
85946027452447466812314687943441610993338908992638411847425257044572517459325738
98956518571657596148126502031079762825416559050604247911301695780033835657486925
27007420256234194982864679144763227730055294609039301775363356554719300001754200
47504719144899841030015867946179241600016454716551337074073940260442769538553834
39755054887109978520530117516974758134492607943368954378322117245068734423198987
88441285420647428097356258070669831069799352606933921356858813912148073547284632
27784908086002467776203605551232386656295178853719673034634601222939581606792509
15321748903084088651606111801149844341234012464692702880599613428351188471544977
12784733617662850621697787177438243625657117794400644777183702219991066940216567
57643044997940765037999954844002710665987813503702314126836905783190460792765297
27769404361202305178708054651154246939526512700105292706030667302444712597393995
05146284047674313637399782591845411764133279064606365841529260180202750173394748
66950348694976541752429306040726005058039403148522921392575594845078867977925253
93176515641619716844352436979444735596426063339105512682606159572621703669850647
32812667245219890605498702807828814297963366967441248059821921463395657457221022
98677599746738126069367069134081559411016115950180237753525556200606247983261249
88128819293734347686268921923977783391073310658825681377717232831532908252509273
30478507249771394483338925520811756084529665905539409655685417050011798572938139
98258319293679000391844099286575605993598900002969864460974714718460001531283762
63114677420914557404181590870006494323785583930853082830547607679952435739163122
18860575496738322431956506554608528811018023636447127037486344217272578794034284
86312944916318475347531434041392096108796057730987101352484075057637199253650470
90858251393686346386336704289176710750211115982887553993011007501394603366179371
53963061398636554922137415979051190835882800976566472007338793146789131814651093
16761575821351424860442292445304113160652600974320088498034675405518640677342603
5834096086055337473627609356588531097609942383473822208729246449768456057956251
67655740884103217313456277358560523582363895310385330248422733716391239732159954
40828421666635023296545694603577184873442034227706653837387506169212767015766181
09541009770836350436111059240911788954033702142652394892968643980892611463541457
15351943428507213534520183158756282757338982688985235577992957276452293915674775
66676051087887648453493636068278050564622813598885879259940946446041705104460046
31513797543173718775503981596264740141090665886616217003826698996196558058720863
97211769952194667898560117983324405018115756580742841829106151939176200591943144
34605154047710560054338000182453117733718955857503607182860506356479978004139761
80895536366950316219311325022385179167205518065926351803625121457592623836934822
26658955769946604919381124866090997981285718234930066155521961122071030922776461

00999315244273589488710576623894693889446495093950330454340842102462301048723328
74008174917987554387938738143989423701176260083719605309438393006375611645856094
31295175977139353960743227924892212670458081833137641658182695621058728924477300
35946009268662659651422050620078591002488291860839743732353849083964326146000532
42354064704208949921025040472678105908364300746637002086012666420945718170294675
22785300745085523777208905816839184465928294160182882320149715542352359117748186
28592967605048203864343108779562892925405638946621948268711042828163893975711757
78691542016505860296521745958198887867040810032843273986719862130620555985526603
64050462821523061545944744899088390819997387474529698107761014871330001225355222
46695409315213115337915798026979555710508507473874750758068765376445782524432638
04614304288923593485296105826938210349700040524840708430356116781717051281337880
57056434506161193304244407982603779511985486945591520519500930412700072778492015
54038895350338261929343797081874320949914159593396368110627557295277004254863050
05452383915106899891357881001941178653568214911852820785212012551851849371140342
21595422445118002073935396273002081104655302079328672547405436527175958934007163
36076321614725815407642052010045330183572338292661915308354095110226329165054426
12361919705161383935732669375015691442994494374485680977569620312958871916112929
46818849363386473927475012269641588488009657170861605981471044674286642087653347
99858222090619702173211614230419477754990738738567941189824660913091691772274207
23336763403267834058620193019324299639710444517928812285447821195353089890012534
29755247276357202262813820918074397486714535907786335201608215599113141442050914
47293534022230817193663509346865858656314855575862447818610108711889760652969899
26932817870557643514338205014107732926106343152533718224338526351021773544071528
18981376987551575745469397271504884697936194004777209705617939138289898453274262
27288647108883260173723258818244658436249580592550338105215606206155713299156084
89206434020339526226345145428367869828807425142256745180618414956468611163540497
18976821542277224794740335715274368194098920401136533001238467142965518673441537
41615042563256713420247655125219218035770169230326699541746087592409206004669340
39650017813485783569444075046023254075555776472845075182689041829396611330015013
11190773986324627782180236506603740416067249624801374332172464540974129955705291
42438208076098364823465973886691349919783013107015581343979194852830436738012482
08244481412809544377389831005986490915950532285791457688496257866588599917986752
05545580980045564611787552493601245532171601942828846173027366499784755082942270
10232801221620002309772151569446427909702190826689868834263071609207914085197695
23555348865774342527753119724743087304361951139611907002025587838764420608504473
06312992778889427291897271698905759252446796501897074829609491906487646937027507
73866432391919042254290235318923377293166736086996227032557185308919284303805070
02006477684786324319000022392978525537237556621364473009676053943983823576460699
2465250089090624105804215453927904411529580345334400256244000063595200395988644
66169595626351878060688513723462707997327233134693971456285542615467650632465676
62027924520858134771760852169134094651030767339184114740413016892412131982688156
86645614853802875393311502322925556189410429953356300957864953409351152664530244
18775949316930560448686420862757101172319526405023099774567647838488973464317215
98062678767183700524769688408498918508614800343230347674268624595239589035858213
40064509981782446360873177543788596776729195261112138591947254513002011805034378
75277664302762618940017576872670428176623860670477885242887420259145247073950546
52513533945959878961977891104189029294381856720507096460626354173294464957661265
19534956018500154126239622864138977967333290705673769621564981845068422636903678
49555960026079867996260018039331263768556968766029295371162527005543000786408728
93922571451248113577862766490242516198027747109033593330930494838059785662884478
74414698414990671237647895822632949046798120899848571635710878311918486202544016

20929805829208334813638405421710056121989353669371336733392464416125223196943471
20641737549121635600857369439730597970971972666664226743111776217630306868130035
18991122713397230368860009968629225464640063852886203937005047782769128355033725
48255793912985251506829969107754257647488325341412132700626717093009098223529657
95799780201828242849022147074811112301860761341514038756983091865278065889668236
25239378452726345304204187025084423631903833183845505223679923577529291069250432
61446940109861088899914658551881873582528164202520939285258077969737620845637482
11443398816270003170315133430230952635192958868069082135585367016000021374085115
44849126858412686958991741491338205784927006982551957301018181056412972508360603
56851055331787840828000041552511865779453963317538532092149720526607831260281961
16485809868458752512999740409279768317663991465538610893758795221497173172813151
79329044311218158700235187407572220001237687219447472093493123241070650806185623
72526732540733324875754482967573440019321802199119960797989373383673242576103938
98534927877747398050807001554476406105352210232540944356771879456543040673589649
00176107759483645408234861302547184764851895758366743997915085128570206078205544
62991723102028222914886959399729974297471155371858924238493855858595407438104882
62464878805330427146201194158989632879267832732245610385219601113046658700040008
32851773117764897352309266612345888730028835156264450236719966445547276083001187
88389151149340939344740073025855814756190881398752357812331342279866503522725367
17123075686104400454897035007956982762639234410714658489577024140815840522953693
7499710665594894459246286619963556350652623405339439142111271810691052280024657
423504