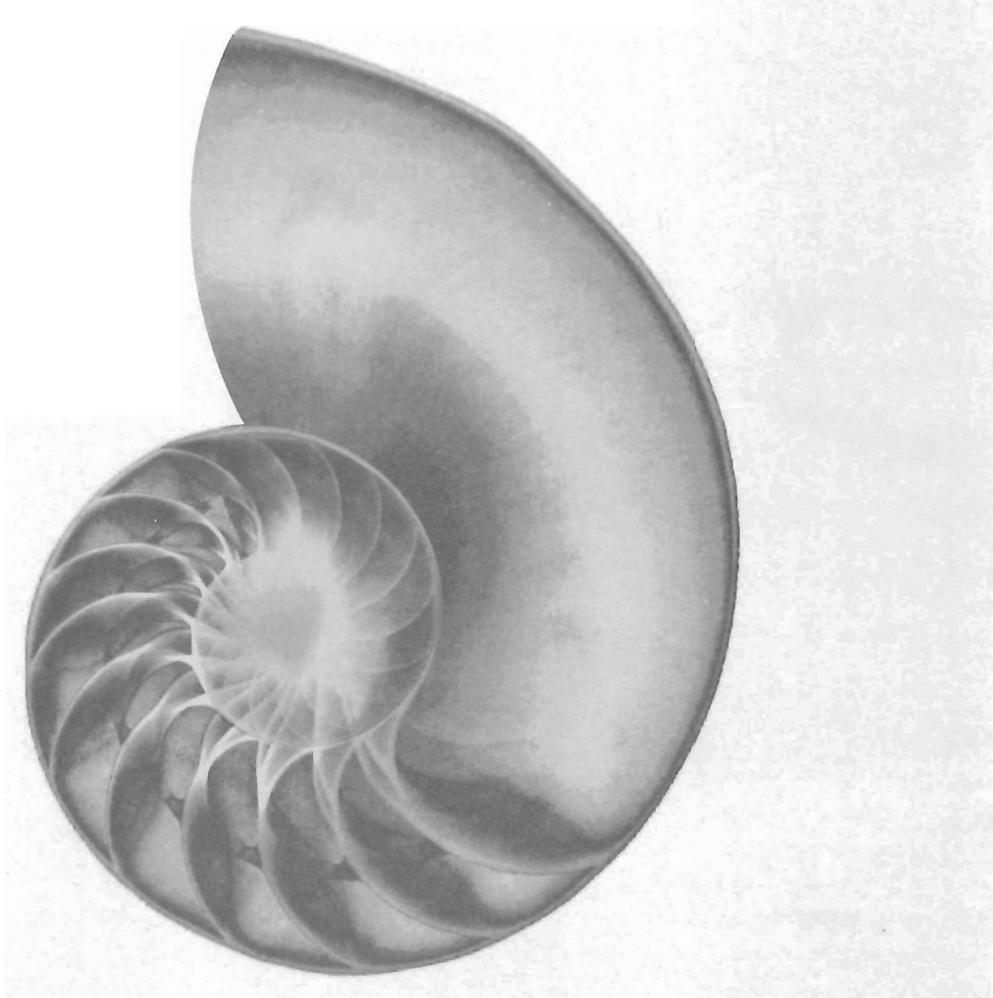


BUTLLETÍ  
de l'ACIA

P.V.P. 400 PTS.

Estiu 2001, número 24



## Taula de continguts

INTEL·LIGÈNCIA A TONES

1

ARTICLES  
GESTIÓ DINÀMICA DE RECURSOS EN XARXES  
DE TELECOMUNICACIONS UTILITZANT SISTEMES  
MULTI-AGENT

7

INTEL·LIGÈNCIA FICCIÓ

4

NOTÍCIES I EL RACÓ DEL SOCI

33

## Director

Enric Plaza [enric@iiia.csic.es](mailto:enric@iiia.csic.es)

## Seccions d'opinió

Ton Sales [sales@lsi.upc.es](mailto:sales@lsi.upc.es)  
 Llorenç Valverde [dmilvg0@ps.uib.es](mailto:dmilvg0@ps.uib.es)  
 Miquel Barceló [blo@lsi.upc.es](mailto:blo@lsi.upc.es)  
 Enric Plaza [enric@iiia.csic.es](mailto:enric@iiia.csic.es)

## Corresponsals

Jaume Tió  
 Universitat de Lleida  
[jtio@dal.udl.es](mailto:jtio@dal.udl.es)  
 Josep Lluís de la Rosa Esteva  
 Universitat de Girona  
[pepluis@ei.udg.es](mailto:pepluis@ei.udg.es)  
 Ramon Sangüesa  
 Universitat Politècnica de Catalunya  
[sanguesa@lsi.upc.es](mailto:sanguesa@lsi.upc.es)  
 Ulises Cortés  
 Universitat Politècnica de Catalunya  
[ia@lsi.upc.es](mailto:ia@lsi.upc.es)  
 Miquel Belmonte  
 Universitat jaume I  
[belmonte@vents.ujc.es](mailto:belmonte@vents.ujc.es)

## Compaginació

Gemma Sales Guàrdia  
 IIIA-CSIC, Campus de la UAB, 08193  
 Bellaterra, [gemma@iiia.csic.es](mailto:gemma@iiia.csic.es)

## Adreça i telèfon de contacte

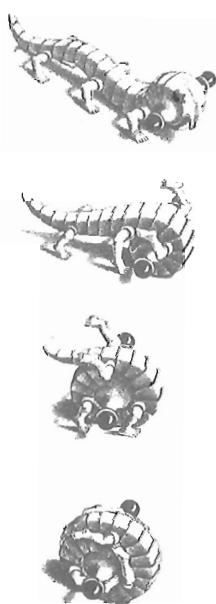
ACIA  
 Institut d'Investigació en Intel·ligència  
 Artificial  
 Campus de la UAB, 08193 Bellaterra  
 tf: 93 5809570  
 Dipòsit Legal GI 1348/94  
 ISSN 1577-1989

Estimats socis,

En aquest número del Butlletí es publiquen per primer cop articles amb contribucions científiques i tècniques revisats segons els criteris de revisió entre iguals. En edicions anteriors us havia comunicat aquesta innovació decidida pel Consell Rector de l'Associació. Us demanem doncs que ens envieu articles de contribucions a la I.A. aquí al Butlletí per la seva revisió i publicació. El format que demanem, en quant al contingut, és que penseu en el lector com el d'una revista no especialitzada i que cal introduir els conceptes més específics que utilitzeu; i en quant al format del fitxer de l'article ha de ser integrable en QuarkXPress, és a dir ASCII, RTF, Word i AppleWorks. Els fitxers LaTeX no són compatibles amb QuarkXPress i no els podem acceptar donada la càrrega de treball que comportaria re-escriure el text i les fórmules. Si voleu enviar un altre format de fitxer sisplau consulteu-nos-el.

A més dels articles tècnics el Butlletí continua oferint-vos les columnes dels nostres inestimables col·laboradors. També mantindrem la secció "A l'Aguait" en números futurs amb articles que aprofundeixin sobre temes concrets; no cal dir que podeu enviar articles per la secció "A l'Aguait" i també esperem (o desesperem!) que ens envieu resums de congressos i workshops als quals heu assistit o fins i tot heu organitzat.

*Enric plaza*



## C O N T R A C T E S

PRESIDENT: Carles Sierra Garcia, [sierra@iiia.csic.es](mailto:sierra@iiia.csic.es)

VICE-PRESIDENT: Teresa Alsinet Tracy, [Teresa.Alsinet.Tracy@eup.udl.es](mailto:Teresa.Alsinet.Tracy@eup.udl.es)

SECRETARI: Vicenç Torra i Reventós, [vtorra@etse.urv.es](mailto:vtorra@etse.urv.es)

TRESORER: Javier Larrosa, [larrosa@lsi.upc.es](mailto:larrosa@lsi.upc.es)

VOCALS: Ulises Cortés, [ia@lsi.upc.es](mailto:ia@lsi.upc.es)

Josep Lluís de la Rosa, [pepluis@silver.udg.es](mailto:pepluis@silver.udg.es)

Ramon López de Mántaras, [mantaras@iiia.csic.es](mailto:mantaras@iiia.csic.es)

DIRECTOR : Enric Plaza i Cervera, [enric@iiia.csic.es](mailto:enric@iiia.csic.es)

B U T L L E T I   d e   l - A C I A

# Intel·ligència a Tones

## La "Intel·ligència Artificial": el nom no fa la cosa; però aquí -potser- el nom és el problema.

Ton Sales

Amb la Intel·ligència Artificial (IA) hi ha un primer problema que, francament, no m'estranyaria gens que fos el pare de tots els altres. Es tracta, per començar, de l'objecte i del *nom* mateix de la cosa. No dubto que ens puguem dedicar a l'estudi d'una matèria sense saber ni remotament de què va el tema en qüestió. ¿No rau a la base de tota la Física el *temps*, que és una cosa que, com deia St. Agustí, tots sabem què és fins que ens ho pregunten? I no treballa pas la Física amb estranyíssims i antiintuïtius conceptes quàntics que amb prou feines entenen alguns, molt pocs, dels que hi treballen? No; encara que pugui sonar estrany, en Ciència, com en la lògica o la Matemàtica, no cal saber de què es parla; i menys fer com els professors de Filosofia de Batxillerat o com els assistents a qualsevol tertúlia, aquells que sempre diuen: "primer, cal precisar de què parlem, cal definir els conceptes, les paraules". Si fos així, la Ciència no hauria aixecat mai el vol ni hauríem anat gens lluny en la tecnologia ni en la comprensió de les coses, i no és pas gaire estrany, em sembla, que ni els professors de Filosofia ni els contertulians d'enllot s'hagin mai distingit com a científics. Quan l'Astronomia i l'Astrologia eren una mateixa disciplina practicada pels mateixos oficiants, o quan la Química es deia Alquímia i pretenia una transmutació tant o més difícil que aquella que ordinàriament se'n atribueix als catalans (és a dir, no pas treure pans de les pedres, que això es veu que ho fem cada dia, sinó or -o peles- d'allà on no en raja -que això també ho fem, però ens costa una mica més-), cap d'aquestes ciències no van avançar gaire. Va haver de ser el meritori cop de cap d'alguns practicants el que va separar l'Astronomia de l'astrologia (aquí hi ha Tycho Brahe, sobretot) i la Química de l'Alquímia (i aquí Boyle, que és el que ho va tenir més clar) i el que va alliberar així les dues matèries i les ha convertides en ciències i tecnologies útils (per saber coses, en primer lloc, i, en acabat, per aplicar-les). Ara, vol dir pas això que els astrònoms o els químics hagin hagut de començar definint el concepte d'"astre" o de "substància"? No, de cap manera! Si haguessin hagut d'iniciar-se

per aquí encara ara no haurien pas encetat el bloc de notes ni començat les observacions sistemàtiques i desprejudiciades de la realitat objectiva. I encara ara és probable que demanar-li a un astrònom o a un químic respectivament "què és un astre?" o "què és una substància?" li produueixi una enorme i sorpresa perplexitat, possiblement abocada al qüestionament vital, indissoluble sense la visita regular a cal psiquiatre. Per concloure la metàfora: ¿què ens fa pensar que anem bé si definim un camp com el de la IA com l'estudi de la "intel·ligència" i tot seguit, com si sabéssim què és o de què parlem, posar-nos a imitar-la? I observeu que no dic pas a "estudiar-la" perquè això fóra pretensiós d'allò més: tothom sap que els 1Aires no "estudiem" la intel·ligència, ni en tenim ni idea ni realment ens interessa; de fet la major part de les vegades no passem de fer o proposar "sistemes intel·ligents" -o que ho semblin-, és a dir, que superin passablement un engany sobre la base de les expectatives i capacitat de sorpresa de l'espectador. Si hem de fer cas de com es van enllaçar les dues ciències que he esmentat (l'Astronomia i la Química) -i n'hi moltes altres, no us creguéssiu, fins i tot potser totes-, el primer que hauríem de fer, en comptes d'estudiar i/o definir una vaporositat inaprehensible com aquesta de la "intel·ligència", és "separarnos" de les corresponents ciències o pseudociències veïnes, les que siguin, i quedar-nos-en alliberats per sempre. I amb les (pseudo)ciències incloc també les tecnologies i pseudotecnologies basades en l'*épatement* del personal. O potser no, potser no hi ha ningú de qui ens hagim de separar -tret dels mags assidus als congressos que sempre miren d'enlluernar-los amb el seu darrer producte sense poder avaluar què tenen de meritori perquè en cap moment ens han revelat què volien fer o superar i en què se n'han sortit, i en què no-. Potser simplement caldria que ens definíssim, simplement, com a *informàtics* especialitzats en camps diguem-ne "avançats", vull dir, disposats a esmolar la nostra eina, l'ordinador, en tot allò que calgui i capaços de no espantar-nos davant de terrenys fins ara reservats al

# Intel·ligència a Tones

“pensament”, a la planificació si fa no fa “racional” i a les activitats que diríem “mentals”. No espantar-nos, simplement. El que no hauríem de fer de cap manera és veure’ns envaïts d’“hubris”, de triomfalisme, pel fet que alguna cosa que ha sortit de les nostres mans pugui deixar admirat i bavejant algun públic, sempre tan predisposat als miracles. No es tracta de fer de petits doctors Frankenstein ni de “crear” res, que tot això és cosa d’artistes, i ja se sap que els artistes són gent especial, impracticable i irreprodúible —tot i que més d’un IAaire hi cau, en aquesta irresistible temptació de fer veure que “crea”, tan gratificant i gratuïta. Es tracta més aviat, em sembla, de posar tot el nostre coneixement i cor a fer possibles tasques, cada cop més complexes, que els ordinadors poden executar *ja avui* (amb un “avui” que es desplaça en el temps, per definició, i és, per tant, sempre relatiu) i que, potser, *fins ara*, només podien fer persones molt “intel·ligents”, vull dir capaces i/o dedicades i/o especialitzades i/o expertes i/o etc. (i en aquest etcètera incloc les “unidimensionals”, “encaparrades”, “obsessives”, “professional(itzade)s” —en sentit no necessàriament afalagador— i fins i tot les “brillants” i les “creatives”, sigui el que sigui el que vulguin dir aquestes paraules). I si convinguéssim, per a descans de tothom i repòs del nostre ego, que som simples *mecànics* d’ordinador que hem provat de fer un màster en coses informàtiques complicades tals com la complexitat —dipenseu-m’hi la redundància— de les coses complicades que tothom es veu obligat a encarar algun dia, o el tractament del llenguatge “natural”, o les manipulacions i planificacions altament enrevessades i dels sistemes complexos de sistemes, d’algorismes o de regles o del que sigui, sempre que “el que sigui” es pugui confondre en primera aproximació amb el que la gent en diu, en *vulgata*, “raonament” o “intel·ligència” o altres enlluernaflores vaguetats del mateix estil. Això, pel que fa a la professió, sobre la qual, en resum, el que us proposo és, *ipso dicto*, que els/alguns informàtics es dediquin esforçadament a encarar eficaçment i útilment temes complexos, “intel·ligents” —vull dir, que la gent percebi com a “que toca o voreja allò que en humans ens fa parlar d’intel·ligència”— i s’osereixin, humilment, per aplicar-los a la *resolució efectiva* i eficient de *problemes* humans ja preexistents o (auto)insinuats, no pas a la *creació personal* de res, ni a l’elaboració de sistemes diguem-ne “intel·ligents”. Si ho són o ho semblen, intel·ligents, ja ens ho dirà algú —i amb això ja omplirem la nostra quota d’ego— però sempre haurem d’anar amb la prevenció de no creure’ns el que ens

diuen i explicar, encara que ens costi, que el que hem fet no és pas més “creatiu” que el que fa un comptable quan organitza un caos impossible, un enginyer quan calcula un bonic i físicament improbable pont de disseny o un físic quan integra unes equacions que no caben ni a la pissarra.

Ara, pel que fa no a la professió de IAaire sinó a la *paraula* i matèixa d'estudi i de treball, la maleïda i insuportablement atractiva “intel·ligència”, ¿no us sembla que fóra força més pràctic prohibir(-nos)-la? El problema de la paraula intel·ligència és que va ser inventada en una altra època, molt i molt reculada (a la Prehistòria pel cap baix, o poc se n’hi deu faltar), en què qualsevol persona que fes alguna cosa (positiva, en principi) no precisament ni estrictament una proesa física sinó simplement una cosa més aviat *mental*, visual i màgica, sobretot *efectiva*, ràpida i inesperada, i fora d’“el normal”, del comú o de la mitjana —i, això sí, que deixés parats, “sorpresos”, els col·legues— se la qualificava tot seguit amb una paraula màgica: es deia que era “intel·ligent”. Igual que haurien pogut dir que tenia “personalitat”, “creativitat” o qualsevol altra cosa (i, per cert, us imagineu que ara haguéssim —o ens haguessim encarregat de fer—, els informàtics, màquines amb “personalitat” —sigui el que sigui això— o potser “creatives” —i, apa, espavil! —?). El problema és que es deia, i sempre s’ha dit des d’aleshores, que una persona intel·ligent ho és perquè ha pensat o reaccionat amb rapidesa, perquè és brillant en l’ús de les paraules, perquè és capaç de fer coses que nosaltres no ens vèiem amb cor de fer o creíem impossibles, perquè tenia una agilitat, flexibilitat, rapidesa o vitalitat envejables, perquè era seductor, perquè feia màgia o tenia al·lucinacions (considerades com un *mitjà de comunicació* privilegiat de les èpoques reculades), perquè tenia un *savoir faire* o una habilitat —o els tenia en un grau— insòlit o perquè feia coses que no podien altre que sorprendre i deixar corprès, esmaperdit o simplement bocabadat. Ah! I a tot això s’ha *afegit*, des que tenim màquines —i ens hi hem acostumat— l’impossible rigorós criteri següent: (intel·ligent =) “que no és esperable d’una màquina”. Si totes aquestes situacions tan i tan diferents, i que mobilitzen tan diverses i contradictòries capacitats humanes (i, a sobre, hi barregem les de les màquines que tenim [en un moment donat]), són designades amb una sola paraula, “intel·ligència”, ja es veu de seguida que hi tenim organitzat un bon sidral, una situació d’escapatòria més que improbable i, com a

# Intel·ligència a Tones

base d'un programa científic, una proposició merament al·lucinatòria. Quins programes [informàtics] farem, que siguin "intel·ligents"? Com sabrem que ho són? Com ho mesurarem? Com sabrem si això ajuda, imita o suplanta la nostra, d'"intel·ligència", si no sols no la sabem definir sinó que cada cop que l'hem volguda merament "mesurar" (via escales insultantment simples com ara l'estàndard de Binet-Stanford) no ens n'hem sortit i, pitjor, hem començat, psicòlegs i altres contertulians amateurs, a discutir –i encara discutim sense parar des dels anys 1920– sobre què mesura una prova d'intel·ligència i, de retruc, sobre què carai deu ser això de la intel·ligència? ¿Com sortirem d'aquest entortolligament autopercpetrat i, per defició i planteig, irremisiblement irresoluble? Com va dir un intel·ligent filòsof del segle XX, quan un problema fa massa temps que s'arrosgava i no fem altra cosa que anar-hi donant voltes sense avançar i de manera cada vegada més "profunda" (és a dir, obsessiva i inútil) és que ha arribat l'hora de reconèixer que el problema és purament "intel·lectual" (vull dir imaginari, sense arrel ni contacte amb la realitat "real") i/o no té solució i/o el més probable és que estigui *mal plantejat*. En qualsevol dels tres casos s'imposa doncs clarament replantejar-lo de cap a peus (o, simplement, oblidar-se'n). ¿No deu ser pas aquest el cas de la IA, en què pretenem basar-ho tot en un concepte i en un mot tan vagues i polivalents (¿què deu tenir a veure la intel·ligència del seductor-que-les-enamora-totes amb la del que-caça-cèrvols-amb-gràcia o amb la del que reacciona amb desimbolтуra davant d'un imprevist o amb la del que, al contrari, preveu i planifica cada pas d'una situació previsible però merament hipotètica per si mai arriba el cas?) que en competes d'ajudar-nos a resoldre de manera senzilla, unificada i potent una sèrie de problemes semblantment apparentats l'única que fa és justament el contrari, desconcertar-nos encara més, complicar-nos la vida amb conceptes de Filosofia de segona mà, batxilleresca, ja llargament oblidats i mai prou ben païts ni metabolitzats sobre els quals, pobres de nosaltres, ens fan definir i actuar, i que –a sobre– ens fan aplicar? (La qual cosa no vol pas dir que, de vegades i de manera corol·lària i tangencial, subproduïm alguns programes informàtics "avançats" que resolen més o menys eficaçment i satisfactòria algun problema concret sense que sapiguem ben bé per què ha funcionat i sense que això ens il·lumini gaire sobre el que estem fent.)

Voldria il·lustrar-ne els efectes poc útils, i potser nefastos, de centrar-ho tot al voltant d'una paraula màgica,

que, a sobre, és ininterpretable i ambigua, amb una paràbola: imagineu-vos que cap a l'any 3500 aC a algú se li hagués ocorregut que el que nosaltres fem quan caminem es pot descriure amb la paraula "locomoció". Bé, ja tenim la paraula. Ara suposeu que a algú altre se li ocorre que aquest atribut humà és manifestament millorable, imitable i/o reproduïble. Bé, anant per aquest camí probablement ara tindriem una tona de tractats sobre la locomoció, incloent equacions integrals i teoremes i monografies sobre l'articulació, l'abast, la sincronització de cames i juntures, etc. El que és segur és que gràcies a cap d'aquests savis no tindriem *la roda*. La sort que vam tenir és que primer va venir el senyor de la roda i va resoldre el problema –per cert mai no plantejat conscientment com a tal– de manera tan i tan satisfactòria que mai ningú no va gosar, ni tan sols se li va ocórrer, de plantejar la locomoció com a *problema* ni la seva solució general simple (la roda) com a *objecte d'estudi*. Ara: Si mai algú hagués fet aital cosa no dubteu ni un moment que se n'hauria dit "locomoció artificial" i fins i tot n'hi hauria una Associació Catalana –l'ACLA, naturalment– que editaria un Butlletí on un sòsies meu probablement provaria de pensar fins a quin punt és absurda la "LA" i la dèria d'amoñinar-nos per si les màquines locomotores arribaran mai a suplantar-nos. (Per cert, els automòbils *¿ens han suplantat/vençut?* —recordeu que en depenem per a tot i que les nostres ciutats i formes de vida i de treball s'han capgirat durant el segle passat per obra i gràcia d'aquest objecte, que essencialment és una roda –quàdruple– glorificada i en forma de closca materna— . . . I els submarins *¿han derrotat els peixos en això de "nedar"* –que és la seva forma particular de locomoció–, com es demanava, intrigat, Dijkstra?) Doncs bé, en aquest món, paral·lel, de la "LA" –i tan paral·lelament inútil com el de la IA, per què no dir-ho– probablement hi hauria algun provocador compulsiu aproximadament dit Ton Sales que es disculparia perquè al número anterior no va poder assisir a la cita periòdica d'autoflagel·lació professional gràcies –és un dir– a una grip inacabable, intensa i empipadora (de la mena "collonera", vaja, sigui dit amb perdó) paradoxalment agafada a Holanda a partir d'un canadenc que venia de l'Índia. Ja veieu que si no tinguéssim la IA (o la "LA") per entretenir-nos, amb la globalització potser no ens distreuiríem però de grips en tindriem per triar. Com de dèries més o menys inútils.

Ton Sales  
sales@lsi.upc.es

## El futur imaginat: la ciència-ficció com a prospectiva

Miquel Barceló

Per a molts, la ciència-ficció és un univers imaginatiu construït pensant sobre tot en els adolescents que tant semblen gaudir-la. Un discurs expressat, de forma preferent, amb l'ajut dels meravellosos efectes especials que la ficció de Hollywood posa avui a la disposició de creadors tal vegada no massa exigits en l'aspecte intel·lectual.

Tot i que aquesta visió parcial pugui tenir prou raons per existir, no hi ha res més lluny de la veritat. Sense menystir altres manifestacions, la millor ciència-ficció, sovint escrita, és tota una altra cosa. I una cosa prou relacionada amb els esforços de la prospectiva, tot i que amb orientacions i resultats diferents.

La ciència-ficció és avui, passat ja més d'un segle dels intènus pioners del francès Jules Verne i, sobretot, del britànic Herbert G. Wells, un gènere narratiu amb solera i tradició que, a més de diversió per a adolescents i gent poc exigent, ha bastit tot un *corpus* complex d'especulacions de tota mena sobre possibles futurs de la humanitat.

Com ja s'ha dit, la major capacitat especulativa i prospectiva de la ciència-ficció es pot trobar en la ciència-ficció escrita i no pas en la versió àudio-visual cinematogràfica o televisiva. Aquest de la ciència-ficció és un àmbit on la galàxia Gutenberg sembla mantenir encara el seu predomini. Tots recordem la dita de que "una imatge val més que mil paraules", però continua essent veritat que "una paraula és capaç de suggerir molt més de mil imatges"... En el món de la ciència-ficció, l'especulació literària està encara molt per sobre de l'àudio-visual.

### Predictió o divulgació tecnocientífica

Sovint, s'ha volgut destacar el to i la voluntat predictiva de la ciència-ficció, al menys pel que fa al futur que ens deparen la ciència i la tecnologia modernes. Però tampoc aquí s'apunta en la direcció correcta.

La preocupació pel futur que mostra la ciència-ficció ha fet que es pensés que pot ser una bona font de prediccions. Però especular no és predir i, de fet, les molt variades prediccions de la ciència-ficció tenen la mateixa seguretat que,

per exemple, les del tarot o qualsevol altre art endevinatori: si hom fa milers de prediccions sobre el futur, és molt possible que alguna s'acabi acomplint. Res més.

I, a més, per desgràcia, la gran majoria de les suposades prediccions tecnològiques de la ciència-ficció, l'única capacitat prospectiva que alguns li reconeixen, no han estat pas veritables prediccions, i són més aviat uns exemples més o menys coherents de certa mena de divulgació tecnocientífica.

L'exemple paradigmàtic de "predicció tecnològica" a la ciència-ficció en l'imaginari popular és la del submarí *Nautilus* que Jules Verne ens va descriure a *Vint mil llegües de viatge submarí* (1870). Malgrat l'opinió que avui predomina, no es tractava pas d'una predicció tecnològica: la idea de la navegació submarina ja havia estat plantejada i, fins i tot, practicada abans de la novel·la de Verne.

Ja un vell estudi de William Bourne, amb data de 1578, havia previst la possibilitat de la navegació submarina. Fins i tot, el maig del 1801, Robert Fulton, amb el recolzament econòmic de Napoleó, havia provat un proto-submarí per a quatre persones i l'havia batejat igual que, després, Verne la seva andròmina de ficció: *Nautilus*.

També l'*Ictíneu* del català Narcís Monturiol, es va començar a construir l'any 1857 i es va provar per primera vegada al port de Barcelona l'any 1859, ben abans de la novel·la de Verne.

Per si calguessin més exemples, el 17 de febrer de 1864, al port de Charleston, com una acció més de la guerra civil nord-americana, el proto-submarí "*H.L.Hunley*" de la Confederació va atacar amb torpedes al vaixell "*Housatonic*" de la Unió.

De fet, Verne no va imaginar el submarí i, tal vegada coneixedor del cas bèl·lic nord-americà, simplement el va utilitzar a la seva novel·la, aquesta vegada al servei d'un heroi solitari, clarament antisocial i tal vegada exageradament misogin.

# Intel·ligència Ficció

Pobre prospectiva, és ben cert... Però això és el que sovint ha fet i fa la ciència-ficció: utilitzar informacions existents sobre la tecnologia, per especular i imaginar un possible futur on certes possibilitats s'han fet ja realitat.

## Anticipacions tecnològiques

D'altres vegades, la flauta de la predicción tecnològica encerada sona, encara que sigui només per casualitat. Si recordem que el 16 de febrer de 1946, el New York Times feia accessible al gran públic la gegantina imatge de l'ENIAC, el primer ordinador elecùònic de la història, resulta encara més sorprenent el contingut d'una narració breu de ciència-ficció que Murray Leinster va publicar el mes de març del mateix any 1946 a la revista especialitzada *Astounding*.

Es tracta de "*Un lògic anomenat Joe*" escrita, evidentment, abans que el públic nord-americà (i molt possiblement el mateix Leinster) haguessin pogut conèixer l'existència de l'ENIAC.

A "*Un lògic anomenat Joe*", Leinster imagina (l'any 1946!) un sofisticat aparell de televisió, amb tecles i no dials, que està connectat per la xarxa telefònica a monuments tancs de dades (*data tank*), i que permet consultar tota mena d'informacions i, també, sol·licitar qualsevol programa televisiu actual o del passat. Un "lògic" es connecta també als altres "lògics" de la xarxa per a intercanviar missatges, sons i imatges.

Just quan naixia l'ENIAC, la imatge popular d'uns ordinadors gegantins, i s'endegava el camí de la tecnologia informàtica, Leinster anticipava ni més ni menys que la microinformàtica i l'omnipresent Internet d'avui. Un bon exemple de predicción tecnològica que, val a dir-ho, no tenia pas cap base en allò que es coneixia a meitat dels anys quaranta, i no era res més que la gosadia imaginativa d'un escriptor que, per la seva sort, el futur va acabar fent realitat.

## Prospectiva socio-cultural

De fet, llevat de casos excepcionals com el de "*Un lògic anomenat Joe*", els aparells tecnològics en concret (o les seves funcionalitats principals) no poden ésser anticipats amb ni tan sols un mínim de seguretat. I tampoc és aquesta la funció de la ciència-ficció.

Hi ha alguns científics que han escrit ciència-ficció de contingut especulatiu al voltant del futur previsible de les seves pròpies especialitats tecnocientífiques. Així passa a obres com "*Els somniadors experts: 10 històries de ciència-ficció escrites per científics*", una antologia de contes preparada per Frederik

Pohl l'any 1962 a partir de les especulacions d'experts centrades en els seus camps d'especialitat científica.

Però la realitat és que, en el cos majoritari de la ciència-ficció hi trobem, també i sobre tot, un tarannà especulatiu separat de la ciència i la tecnologia, tal vegada molt més relacionat amb les ciències socials. Per això, malgrat l'opinió popular que la vol limitar als aspectes més tecnocientífics, la ciència-ficció resulta molt més efectiva en la prospectiva dels aspectes socials, culturals i econòmics que el futur ens pot aportar.

El que resulta interessant de la ciència-ficció no és pas la predicción o no d'un artefacte tecnològic en particular, si no, i això és el que de veritat importa, allò que Isaac Asimov considerava el caràcter definidor de la bona ciència-ficció: *especular "sobre la resposta humana als canvis en el nivell de la ciència i la tecnologia"*.

Cal recordar aquí que l'especulació prospectiva de la ciència-ficció es fa amb voluntat bàsicament artística i no pas científica. Si la prospectiva empra models racionals per imaginar el futur, la ciència-ficció es centra en la utilització de models dramàtics per imaginar com pot ser viure en aquest futur i, de passada, pensar-ne altres alternatives. Algunes a l'abast i d'altres, evidentment, no.

Aquesta és la vessant que sorgeix amb la ciència-ficció del britànic Herbert G. Wells, veritable pare fundador del gènere en l'aspecte que aquí ens interessa. És un fet a destacar que, el 1906, en un discurs de Wells a la *Sociological Society* britànica, el pare de la ciència-ficció moderna recomanava que la sociologia adoptés como a "*mètode propi i diferenciador*" la creació d'utopies i la seva crítica exhaustiva. Aquest joc d'imaginar futurs (utòpics o no) i, també, d'avertir dels perills implícits en certes tendències del present, és l'aspecte més enriquit d'la l'especulació pròpia de la ciència-ficció.

És evident que es pot veure una obra de Wells com *La màquina del temps* (1895) com una especulació que situa en un futur molt llunyà (l'any 802.701) una caricaturesca especulació al voltant del previsible futur de les classes socials: els burgesos depenents del treball d'altri (els infantilitzats eloi) i els proletaris avesats a treballar amb les màquines (els bèstialitzats morlock). Una visió que recull les preocupacions del socialista fabià que era Wells.

Preocupacions que continuen al llarg de la seva vida creativa i, com era d'esperar, essent coherent amb el seu

# Intel·ligència Ficció

pensament, el portaren a imaginar històries de futurs possibles com a *The Shape of Things to Come* que va ser portada al cinema l'any 1936 amb el ben revelador títol de *"La vida futura"*. El mateix Wells recolzà aquesta interpretació quan va encapçalar aquesta curiosa novel·la de prospecció (publicada el 1933) amb la següent observació: "el que segueix és, o al menys pretén ser, una breu història del món del proper segle i mig. (Puc comprendre que el lector es fregarà els ulls en llegir aquestes paraules i sospitarà alguna mena d'agrafia en l'impressor.) Però això és exactament el que aquest manuscrit és: una breu història del futur".

## L'aprenentatge per viure en el futur

Si la bona ciència-ficció ens descriu diversos futurs possibles, una bona qüestió és preguntar-nos perquè ho fa i de què ens serveix.

Al començament dels anys setanta va tenir un cert ressò fins i tot popular un llibre que ens avisava sobre "l'arribada prematura del futur". Es tracta de *"El shock del futur"* (1970) del nord-americà Alvin Toffler, qui reflexionava sobre la velocitat de canvi en una cultura com la nostra dominada pels efectes de la ciència i la tecnologia i, per tant, sotmesa a la seva excepcional capacitat transformadora.

La idea es pot expressar molt sintèticament: fa dos-cents o tres-cents anys, els nostres avantpassats podien tenir la certesa de que, en l'adolescència, aprenien a viure en un món que, pràcticament, seria el mateix en que viurien tota la seva vida fins a la seva mort. Aquesta és una possibilitat que, per sort o per desgràcia, ja no ens és factible avui. El ritme de canvi s'ha fet tan accelerat que hem d'aprendre a conviure amb el futur que s'apropa a marxes forçades i amb els canvis que ens aporta.

Dons bé, el lector de ciència-ficció, avesat en imaginar futurs diferents per efecte de la ciència i la tecnologia, adquireix en certa forma un aprenentatge especial per viure en aquest futur. És ben cert que el futur no serà pas com la imagina la ciència-ficció, però tan sols el fet de pensar en la relativitat del present i en les possibles alternatives que poden sorgir en el futur és un efectiu aprenentatge per viure-hi.

## L'exemple de la clonació humana

Hi ha molts exemples d'això, però un dels més evidents és l'anàlisi de la reacció social davant la possibilitat de la clonació humana. Per a la majoria de la societat aquest és un fenomen que ha rebut atenció quan, el febrer de 1997, es va aconseguir el clonatge del primer mamífer de la història:

l'ovella Dolly. Alguns s'hi havien avançat i ja van començar a parlar-ne quan, a finals de 1993, es van fer públics els experiments de clonatge d'embrions humans duts a terme per l'equip del doctor Jerry Hall al Centre Mèdic Universitari George Washington.

Lògicament, el 1997 va veure de tot en relació a la clonació humana i l'enginyeria genètica: manifestacions communícaries del Sant Pare de l'església catòlica-romana, declaracions solemnes de la UNESCO sobre l'ètica en l'enginyeria genètica i, fins i tot, la conversió de la innocent ovella Dolly en el personatge de l'any 1997 a algunes revistes nord-americanes.

Però als lectors de ciència-ficció ja no els ve de nou. Des de 1932, amb *El món feliç* d'Aldous Huxley (inspirada en els treballs i especulacions de J.B.S. Haldane de 1924) i, sobre tot, a partir de la dècada del setanta amb una abundant reflexió sobre els efectes socials, psicològics i fins i tot militars de la clonació humana, aquest tema ha estat repetides vegades analitzat a la ciència-ficció. A històries com *"Nou vides"* (1968) d'Ursula K. Le Guin, i novel·les com *On solien cantar els dolços ocells* (1976) de Kate Wilhelm, *I alguns eren clons* (1977) de John Varley, o l'espectacular i quasi definitiva *Cyteen* (1988) de C.J. Cherryh, els lectors de ciència-ficció han après a imaginar quina podria ser "*la resposta humana als canvis en el nivell de la ciència i la tecnologia*" pel que fa referència al clonatge d'humans. No és pas poca cosa.

## A manera de conclusió provisional

Tot i que, evidentment, cal sempre separar el blat de la palla, hi ha prou capacitat prospectiva en la bona ciència-ficció per que sigui factible afrontar una curiosa mena d'estudi seriós del futur o, millor, dels futurs possibles i, tal com volia Wells, criticar en ells les possibles conseqüències del nostre present.

I així s'obre la porta a noves consideracions sobre el que ara anomenem "avaluació de tecnologies" o, segons alguns, la possibilitat de "dissenyar el futur" i, en certa forma, triar entre els diversos futurs que semblen possibles. Entre ells, la tan anomenada societat de la informació o del coneixement.

Tot i que aquesta és, evidentement, una altra història de la que tractarem la propera vegada.

Miquel Barceló  
blo@lsi.upc.es

## Gestió dinàmica de recursos en xarxes de telecomunicacions utilitzant sistemes multi-agent

Pere Vilà

Institut d'informàtica i aplicacions  
Universitat de Girona

### 1. Sinòpsi.

En els darrers temps hi ha hagut un important creixement en el món dels agents intel·ligents i dels sistemes multi-agent. Aquest tipus de sistemes s'han aplicat a multitud de tasques i problemes. Entre aquestes tasques podem trobar un grup important que fa referència al món de les telecomunicacions. Dins d'aquest entorn podem trobar sistemes multi-agent i agents mòbils aplicats al control i gestió de xarxes com Internet, telefonia mòbil, etc. En aquest article es fa un estudi dels sistemes multi-agent aplicats al control i gestió de xarxes, i en particular a la gestió dels recursos en xarxes amb suport a la qualitat de servei (QoS). Dins d'aquest tipus de xarxes, s'hi poden trobar les anomenades xarxes *Asynchronous Transfer Mode* (ATM) o també més recentment les que utilitzen el protocol *Multi-Protocol Label Switching* (MPLS) sobre Internet. Aquests tipus de xarxes es caracteritzen per la facilitat que tenen de poder-se reconfigurar dinàmicament a mesura que va variant el tipus i/o la quantitat de trànsit que circula per ella. Aquesta gestió dinàmica és molt complexa i d'aquí que s'hagin proposat diferents sistemes multi-agent per realitzar-la. Aquest article fa doncs un anàlisi de l'estat de l'art d'aquests tipus de sistemes multi-agent aplicats a aquesta classe de tasques.

### 2. Introducció.

Tot i que les tecnologies de les xarxes actuals posen a disposició dels usuaris cada vegada més i més capacitat de transmissió, el cert és que l'increment del volum total de dades és superior a l'increment de la capacitat de les xarxes. Això és degut al fort creixement del nombre d'usuaris i a l'aparició de nous serveis. Així doncs, cada vegada es fa més evident la necessitat de fer un ús eficient dels recursos de les xarxes i això implica fer-ne una bona gestió.

Fins avui en dia, les grans companyies de telecomunicacions continuen utilitzant potents eines de gestió cen-

tralitzada de les xarxes. La forma d'actuar és gestionant els recursos de la xarxa amb l'ajuda d'aquestes eines des del centre de gestió. Aquestes eines els hi proporcionen tot tipus de dades estadístiques, informació sobre la xarxa i fins i tot són capaces de proposar determinades mesures a prendre, és a dir, disposen d'algorismes de planificació/optimització de la xarxa que s'utilitzen com a suport per a la presa de decisions.

Aquestes eines són acceptables en la mesura que no es faci una monitorització/gestió excessiva, ja que tenen el perill de caure ràpidament en un problema d'escalabilitat com passa sovint amb qualsevol sistema centralitzat (a mesura que la xarxa o els recursos a gestionar de la xarxa creixen, el trànsit de dades de gestió creix exponencialment ocupant massa recursos). A més a més, són eines pensades per fer una gestió manual de la xarxa o com a màxim per programar una sèrie d'actuacions a unes determinades hores del dia.

Darrerament, amb la gran expansió que ha tingut Internet a nivell de quantitat d'usuaris i també de nous serveis, és clar que en determinats casos (transferència de fitxers, correu electrònic, etc.) és una tecnologia vàlida, però que en el cas de serveis més complexes i que comportin una certa interactivitat (videoconferència, transferència d'imatge i so amb de bona qualitat, etc.) les prestacions que dona Internet no són suficients. La idea principal és que per garantir una certa qualitat en la transmissió de dades (garantint unes certes cotes màximes de pèrdues, retards, velocitat mínima i mitjana, etc.) cal poder reservar una part dels recursos de la xarxa. Per aconseguir això, cal que les xarxes tinguin els mecanismes adequats per gestionar aquestes reserves.

Al aplicar una política de reserva de recursos a la xarxa, primer cal que aquesta xarxa disposi dels mecanismes

# Articles

de gestió apropiats i segon, aquestes reserves provoquen que la xarxa es pugui trobar en situacions en què els seus recursos estiguin molt desaprofitats. Una eina bàsica per aquesta gestió dels recursos són les xarxes virtuals (detallat més endavant), ja que aquestes es poden adaptar a mesura que passa temps. Tant a nivell ATM com MPLS, el que es planteja és que la xarxa s'adapti automàticament sota diferents circumstàncies de trànsit o càrrega d'una forma més o menys dinàmica. Això és el que en l'entorn MPLS es denomina *Traffic Engineering*, o enginyeria del trànsit, i en ATM gestió dinàmica dels camins虚拟 o de la xarxa lògica.

La gestió de xarxes en general avarca un gran ventall de tasques molt diverses, des de la gestió de falles i del rendiment, passant per la configuració de la xarxa, i acabant amb la seguretat i la comptabilitat (és el que es denomina FCAPS = *Fault, Configuration, Accounting, Performance, Security*). Les tasques que es prenen automatitzar es situen sovint dins dels grups de falles, rendiment i configuració, incloent molt poc respecte a comptabilitat i seguretat, ja que normalment es deixen a part com a problemes que es poden tractar de forma aïllada.

Primer de tot, en aquest article, es defineix l'entorn on s'apliquen aquests sistemes d'agents intel·ligents, les propietats i característiques d'aquest tipus de xarxes, i

els mecanismes de gestió de recursos que han de ser controlats pels agents. En segon lloc es revisen alguns exemples de sistemes multi-agent que s'han aplicat a aquest tipus de xarxes, repassant els avantatges i inconvenients de cadascun. Finalment, com a conclusió, es presenta un resum avaluant les capacitats o propietats generals dels sistemes multi-agent aplicats a aquest tipus d'entorn, i intentant trobar els factors comuns entre els diferents sistemes revisats.

### 3. Definició de l'entorn.

Abans de comentar els diferents entorns cal ubicar o classificar els diferents mecanismes de control i gestió segons l'escala de temps en què actuen, ja que això determina per exemple el temps de que es disposa per a càlculs. Per entendre aquesta classificació cal fixar-se amb la figura 1 que es mostra tot seguit. Aquesta figura està estructurada en tres nivells del control més a curt termini fins al control més a llarg termini. El primer nivell a actuar és sempre el control a més curt termini, una de les principals funcions del qual és el control d'admissió de connexions. Cal acliar que si la xarxa funciona correctament i no hi ha cap problema, no es passa al nivell superior de la figura. Algunes de les propostes exposades a la secció 5 realitzen el control d'admissió amb agents demostrant així que els sistemes d'agents poden ser capaços

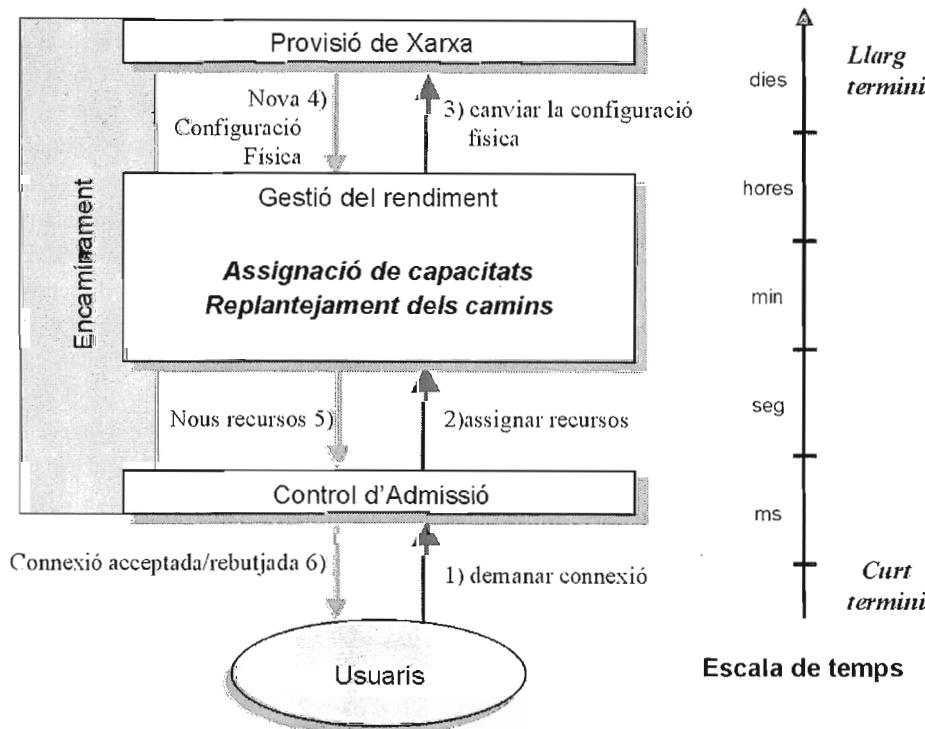


Figura 1: Relació entre els diferents mecanismes de control i gestió de xarxa amb l'escala de temps en que actuen.

de fer un control a temps real. El segon nivell, anomenat gestió del rendiment, realitza funcions a curt termini (però no a temps real) i a mig termini, des de segons fins a hores. Les principals funcions d'aquest bloc són les d'assignació de capacitats i redistribució de la càrrega. Igual que al cas anterior només si hi ha algun problema que persisteix i no es pot solucionar en aquest nivell es puja al darrer nivell. En el darrer nivell s'actua a llarg termini i consisteix a detectar colls d'ampolla a la xarxa física i proposar millors (afegir nous enllaços físics i/o nodes a la xarxa).

El tipus de gestió que es vol realitzar necessita utilitzar una sèrie de mecanismes de control dels que no en disposen tots els tipus de xarxes. Els principals entorns que disposen d'aquests mecanismes són les xarxes ATM i les que utilitzen el protocol MPLS, com ja s'ha comentat anteriorment. Tot seguit es fa una breu introducció als dos tipus de xarxes i a les seves idees bàsiques.

### 3.1 ATM.

Les xarxes que utilitzen el mode de transferència asíncron (ATM) són xarxes pensades per suportar sobre la mateixa infraestructura serveis de naturalesa diferent, des de serveis interactius i d'alta qualitat fins a serveis de distribució de més baixa qualitat [Sykas et al. 1991] [Le Boudec 1992]. Aquesta xarxa doncs està pensada per suportar i garantir la qualitat de servei per cadascuna de les transmissions que es realitzen. ATM és la tecnologia de transport proposada per la Xarxa Digital de Serveis Integrats (XDSI) de banda ampla i que proporciona velocitats superiors a 2Mbps. Els principals avantatges d'ATM és que és una tecnologia escalable, en el sentit de que és una tecnologia vàlida tant per xarxes d'àrea ampla com per xarxes d'àrea local, que pot transportar un ampli ventall de serveis (veu, dades, etc.) i que aprofita al màxim l'ample de banda del que disposa.

La capa ATM de fet està formada per dues subcapes. Per això es sol dir que ATM està estructurat jeràrquicament. S'entén com a xarxa física la formada pels nodes i enllaços físics, o sigui, la infraestructura real de transmissió de les dades. La xarxa física és la capa més baixa pel damunt de la qual hi ha les diferents capes ATM. La capa inferior ATM (la més propera a la capa física) és el nivell dels camins虚拟s (*Virtual Path* o VP) i la capa superior (la més propera als usuaris) és el nivell dels canals虚拟s (*Virtual*

*Channel* o VC). Aquests nivells ATM s'anomenen virtuals perquè no responen a cap element físic de la xarxa, sinó a una forma de treballar. En un enllaç ATM s'hi pot trobar doncs, un únic flux de cel·les (paquets de dades de mida petita i fixa) i cadascuna de les cel·les té un camp per indicar a quin camí virtual pertany i un altre per indicar a quin canal virtual pertany. Això vol dir que els camins i els canals virtuals serveixen per identificar els diferents fluxos de dades que circulen per la xarxa. Aquests identificadors s'utilitzen a l'hora de reservar recursos per cadascun d'aquests fluxos. El fet de que hi hagi dos nivells jeràrquics té l'avantatge d'agrupar diversos fluxos i tractar-los als nodes de commutació tots de la mateixa forma. A la figura 2 es pot visualitzar aquesta jerarquia i també es veu la idea de que els camins virtuals agrupen varius canals virtuals. Això facilita l'establiment de canals virtuals, ja que els camins virtuals també es poden veure com una reserva prèvia de recursos entre diferents nodes perquè sigui més senzill i ràpid establir nous canals virtuals.

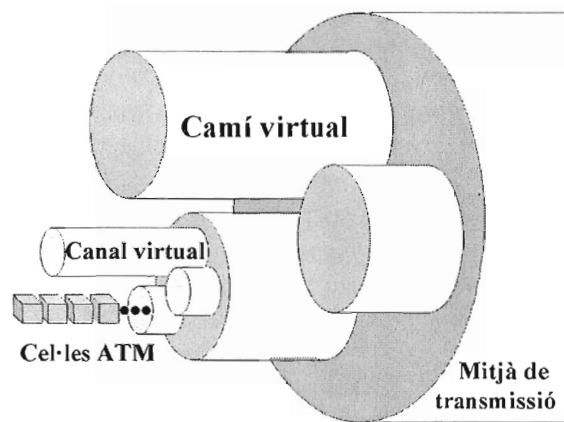


Figura 2: Jerarquia ATM. Relació entre els camins i els canals virtuals.

El fet d'utilitzar aquest sistema jeràrquic permet crear doncs el concepte de xarxa lògica o virtual (veure figura 3). Una xarxa o topologia lògica no és res més que un conjunt de camins virtuals establerts en una determinada xarxa física i que es pot visualitzar com una xarxa o topologia diferent. Sobre aquesta xarxa o topologia lògica de camins virtuals s'hi poden establir llavors els canals virtuals. El principal avantatge de fer-ho així, és que aquesta topologia lògica pot ser modificada dinàmicament (establir-ne les capacitats, eliminar VPs, canviar-los, etc.) i anar-la adaptant a l'ús que es fa de la xarxa per tal d'extreure el màxim rendiment dels recursos disponibles [Sato et al. 1990] [Friesen et al. 1996].

# Articles

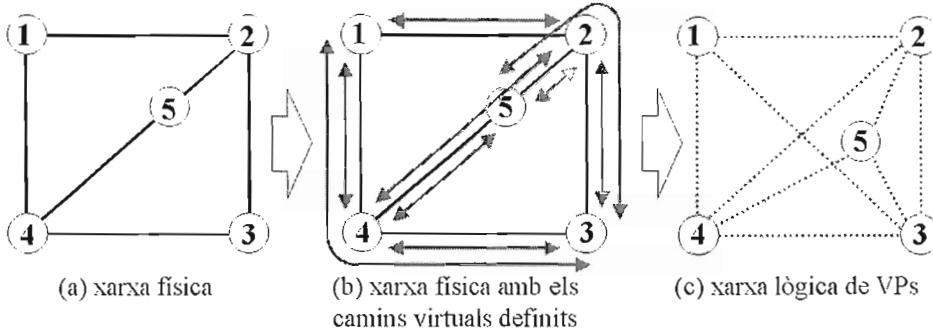


Figura 3: Concepte de xarxa lògica de camins virtuals.

Aquest és doncs, a grans trets, un dels objectius principals en aquests tipus d'entorns: realitzar una correcta gestió dinàmica d'aquesta xarxa lògica de forma que el seu rendiment general millori respecte al cas en que no es fa aquesta gestió.

## 3.2 MPLS.

MPLS és una nova proposta que gaudeix d'una gran acceptació dins del món d'Internet. És una de les possibles solucions per ajudar a Internet a garantir una certa qualitat de servei. No és un protocol que garanteixi la qualitat de servei als usuaris finals sinó que és un protocol que proporciona mecanismes per gestionar la xarxa troncal dels proveïdors agrupant les transmissions en diferents fluxos i assignant una certa capacitat a aquests [Armitage 2000] [Xiao 2000].

El protocol MPLS consisteix en un mecanisme de reenviament dels paquets de dades a través del que s'anomena un domini MPLS i d'un mecanisme de senyalització per la configuració de la xarxa. Els routers que formen el domini MPLS s'anomenen Label Switched Routers (LSR) i actuen en coordinació amb el protocol

MPLS. Quan un paquet de dades entra en un domini MPLS a través d'un LSR d'entrada, el paquet es classifica segons diferents criteris (protocol, node origen, node destí, mida, etc.) en una determinada classe. Aquestes classes s'anomenen Forwarding Equivalent Class (FEC). També pot passar que alguns paquets no es classifiquin en cap classe FEC i segueixin els mecanismes IP convencionals.

Als paquets de dades de cada FEC se'ls assigna una etiqueta única per cada FEC. Mentre circulen pel domini MPLS aquests paquets marcats passen per camins preestaberts en el domini MPLS d'una forma similar a com totes les cel·les ATM que pertanyen a un mateix VP passen pel mateix camí. Cada LSR mira només l'etiqueta de la FEC a la que pertany el paquet i automàticament el paquet és reenviat cap al següent node (cada LSR té una taula que mapeja cada una de les etiquetes i port d'entrada amb una única etiqueta i port de sortida). Els LSR també són capaços de realitzar un encaminament convencional IP pels paquets que no es classifiquen en cap classe podent co-existir els dos mecanismes. A la figura 4 s'il·lustren aquestes nocions.

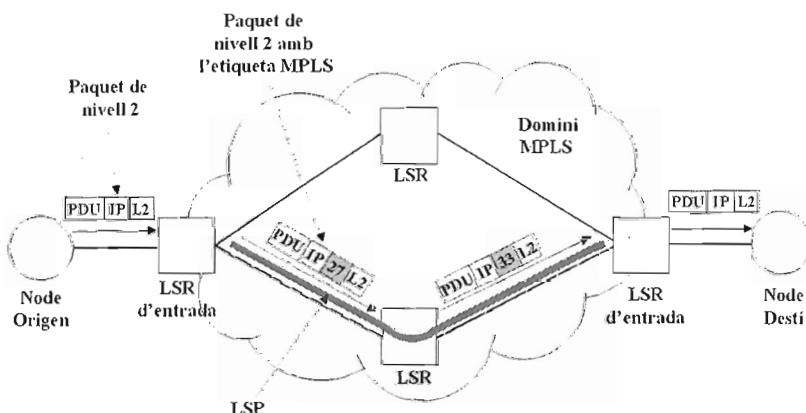


Figura 4: Exemple del funcionament d'un domini MPLS (Nota: PDU significa Protocol Data Unit i fa referència en aquest exemple a un paquet del nivell d'enllaç).

Aquest camins que segueixen els paquets de les diferents FEC, s'anomenen *Label Switched Paths* (LSP) i són establerts per un protocol de senyalització anomenat *Label Distribution Protocol* (LDP) [Andersson 2001]. No és recomanable basar l'establiment dels LSPs en un encaminament basat en els mecanismes convencionals d'IP que típicament intenten sempre trobar el camí amb el mínim nombre de salts, ja que això provocaria que els diferents LSP passessin tots pels mateixos camins, quedant alguns enllaços molt ocupats i d'altres molt poc. S'intenta balançar el trànsit per tota la xarxa i per aquesta raó per establir els diferents LSPs s'utilitza normalment un LDP que fa servir un encaminament amb restriccions o Constraint-based Routing–Label Distribution Protocol (CR-LDP).

#### 4. Definició del problema.

Normalment es troben més treballs en el camp d'ATM ja que és una tecnologia anterior a la recentment proposada MPLS. És per això que la majoria dels treballs aquí comentats es troben en el món ATM. Considerem però que pràcticament tots els sistemes proposats podrien aplicar-se al món MPLS amb molt poques o sense modificacions. Així mateix, la definició del problema que es detalla a continuació tant és vàlida per l'entorn ATM, com per l'entorn MPLS. En els dos casos cal gestionar els recursos de la mateixa manera i els mecanismes són molt similars. Tanmateix per no fer una barreja de les dues nomenclatures en aquest apartat es fa referència únicament a ATM.

Cal també destacar que hi ha moltes propostes que no utilitzen sistemes d'agents. Normalment aquestes propostes es restringeixen a algun mètode concret (per exemple control d'admissió, o algorismes de restauració de falles, etc.) sense tenir en compte les relacions amb els altres mètodes. Una de les característiques dels sistemes d'agents proposats sol ser que s'intenta fer una gestió conjunta, englobant varíes tasques alhora. La llista de tasques que es detalla a continuació no inclou totes les possibles tasques a realitzar per gestionar els recursos de la xarxa, sinó que inclou les principals tasques que es desenvolupen a curt i mig termini (veure figura 1), i que són les que intenten implementar les diferents propostes de sistemes d'agents.

##### 4.1 Control d'admissió.

El control d'admissió de connexions (recordem que en aquests apartats s'utilitza la nomenclatura d'ATM), o abreujat CAC, és el responsable de determinar si una

demanda de connexió pot ser acceptada o ha de ser rebutjada per la xarxa. Es pot definir també com el conjunt d'accions que ha de realitzar la xarxa durant la fase d'establiment de connexió per decidir si es pot establir aquesta nova connexió. En cas afirmatiu els protocols de senyalització de la xarxa procedeixen a l'establiment [Kyas 1995].

El control d'admissió a ATM pot arribar a ser molt complex degut a l'existència de diversos serveis i al fet d'haver de garantir la qualitat de servei que demana l'usuari per tots ells. Cal doncs realitzar una sèrie de càlculs basats en els paràmetres de la nova connexió enviat per l'usuari i l'estat actual (les connexions existents) de la xarxa. Cal considerar que aquest mecanisme ha de ser el màxim ràpid possible per tal de no tenir a l'usuari esperant més temps del necessari

Per últim cal tenir en compte que el CAC està íntimament relacionat amb l'encaminament. Normalment si existeix un camí virtual entre dos nodes i hi ha prou capacitat lliure, els canals virtuals (les connexions) que vagin entre aquests dos nodes s'establiran a través d'aquest camí virtual (VP). Si no hi ha cap VP directe entre aquests dos nodes llavors s'intenta buscar un camí alternatiu utilitzant 2 VPs diferents (no es recomana usar-ne més de 2 [Chu i Tsang 1997] [Dziong 1997]). A mesura que s'utilitza més d'un VP el control d'admissió es complica ja que cal realitzar-lo per cadascun dels VPs implicats amb estreta col·laboració amb els algorismes d'encaminament.

##### 4.1 Adaptació de l'ample de banda.

L'adaptació de l'ample de banda consisteix en canviar dinàmicament les capacitats assignades als diferents VPs de la xarxa lògica. Hi ha dos mecanismes bàsics per fer aquesta adaptació: la reassigualació de capacitats i el reencaminament de VPs.

Algunes parts de la xarxa, degut a canvis en la càrrega no esperats o a previsions no massa acurades, poden quedar sobrecarregades mentre que en aquell mateix moment d'altres parts poden estar poc utilitzades. Quan això passa algunes connexions que es rebutgen potser es podrien acceptar fent una redistribució de capacitats. La probabilitat de què una petició de connexió sigui rebutjada s'anomena probabilitat de bloqueig, i el que s'intenta és minimitzar-la. Si passant pel mateix camí que un determinat camí virtual sobrecarregat n'hi ha d'altres poc carregats, es pot procedir a una reassigualació

de capacitat entre ells. Per exemple a la figura 5, si el camí  $VP_{1-2}$  està sobrecarregat i el camí  $VP_{1-2-3}$  està força buit, es pot reassignar part de la banda del camí  $VP_{1-2-3}$  al camí  $VP_{1-2}$  i així poder acceptar connexions entre el node 1 i el node 2 que s'estaven rebutjant.

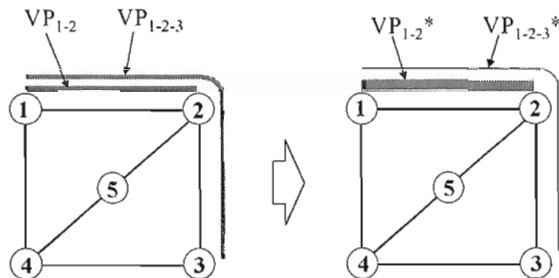


Figura 5: reassigació de capacitat.  $VP_{1-2}^*$  veu incrementada la seva capacitat respecte  $VP_{1-2}$ . La capacitat extra de  $VP_{1-2}^*$  s'aconsegueix de  $VP_{1-2-3}$  que redueix la seva capacitat.

Si, en canvi, el camí  $VP_{1-2-3}$  també està força carregat i no té suficient banda lliure per fer la reassigació de banda, es pot mirar si és possible reencaminar algun dels VPs que passen pels mateixos enllaços intentant fer espai. Si això és possible, un cop fet el reencaminament llavors es pot incrementar la banda del VP sobre-carregat amb la banda que ha quedat lliure en aquell(s) enllaç(os). A la figura 6 es pot veure aquest exemple ( $VP_{1-2-3}$  passa a  $VP_{1-4-3}$ ).

Aquestes tasques normalment es porten a terme periòdicament. Si aquest període és molt curt vol dir que s'està constantment canviant la xarxa lògica i el mètode esdevé qüestionable ja que s'introduceix una gran sobrecàrrega de gestió a la xarxa. Si aquest període és llarg, pot passar que entre una reconfiguració i la següent es manifestin problemes a la xarxa que no es poden solucionar. És difícil doncs trobar un bon període.

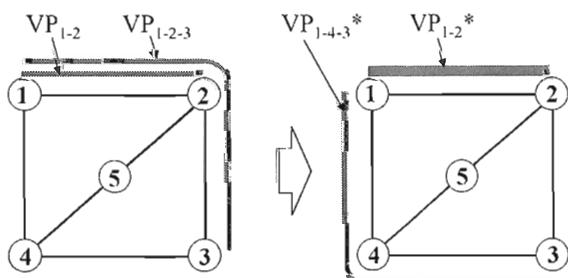


Figura 6: reencaminament de VPs. Si no es pot agafar capacitat del  $VP_{1-2-3}$  per expandir el  $VP_{1-2}$ , una possibilitat és canviar la xarxa lògica i per exemple, suposant que hi ha lloc es pot reencaminar el  $VP_{1-2-3}$  i fer-lo passar pel node 4 en lloc de pel node 2 ( $VP_{1-4-3}^*$ ).

de control, essent l'ideal que s'actués en el moment en que es detecta algun problema, no pas cada cert període fix de temps.

Cal tenir en compte també que sovint moltes de les propostes per fer aquest control es basen en algorismes centralitzats que calculen la xarxa lògica òptima en base a estadístiques de trànsit i previsions. En alguns casos es calcula una nova topologia sencera i es canvién varijs VPs, no només els afectats per algun problema, cosa que ens torna al cas que molts canvis impliquen una gran quantitat de trànsit de gestió que pot arribar a ser contraproduent.

Normalment aquestes accions es realitzen en un sistema centralitzat a nivell de tota la xarxa. Aquest sistema centralitzat recull estadístiques de càrrega dels diferents VPs i dels enllaços de la xarxa sencera, aplica un algorisme a tota aquesta informació i genera les accions de control apropiades. Llavors les noves taules d'encaminament i/o la nova distribució d'ample de banda són actualitzades als diferents nodes de la xarxa.

#### 4.3 Mecanismes de restauració de falles.

L'objectiu dels mecanismes de restauració és proporcionar a la xarxa l'habilitat d'absorir els efectes de les falles, siguin quines siguin les causes, intentant que els usuaris no en pateixin les conseqüències. Això significa bàsicament que els usuaris que estaven connectats a la xarxa en el moment de produir-se una falla no n'han de quedar disconnectats i no han de patir una degradació de la qualitat de servei. Per permetre això ha d'existir una certa capacitat redundant i hi ha d'haver algun mecanisme de re-encaminament del trànsit afectat per una falla [Yahia i Robach 1997].

A les xarxes d'alta velocitat i de gran capacitat, una simple falla d'un enllaç pot provocar importants pèrdues de dades i pot afectar a una gran quantitat d'usuaris. És per això que és important proporcionar en aquest tipus de xarxes algun mecanisme de restauració ràpida de falles. Evidentment no es pot protegir la xarxa contra qualsevol mena de falla, cal arribar a un compromís entre el nivell de protecció que es desitja i el cost d'aquesta protecció, ja que cal reservar capacitat lliure a la xarxa segons el nivell de protecció que es desitja. Per exemple el cas més normal és tenir la xarxa protegida contra la fallada d'un únic enllaç (si en falla més d'un a la vegada ja no s'assegura la restauració) o a vegades també contra la fallada d'un únic node.

# Articles

Els mecanismes de restauració es poden dividir en dos grans grups. Els anomenats mecanismes dinàmics i els anomenats pre-planejats. Els dinàmics són més robustos en el sentit que poden afrontar falles imprevistes (per exemple falla de més d'un enllaç alhora) però són mecanismes més lents. Els pre-planejats són més ràpids però, per contrapartida només poden afrontar les falles previstes [Veitch 1996].

Els mecanismes de restauració dinàmics (figura 7) estan basats el l'ús de missatges de difusió (*broadcast*) que busquen un o varis camins alternatius i escullen el millor. En canvi els mecanismes pre-planejats (figura 8) es basen en establir VPs de reserva (*backup*) per cadascun dels VP actius. Aquests VP de reserva han de passar per enllaços diferents dels que passa el VP actiu associat i tenen assignada una capacitat zero. Quan es produeix una falla s'envia un missatge de captura de la capacitat requerida i es commuta el trànsit del VP afectat cap al VP de reserva. Llavors cal doncs, que en els enllaços per on hi passen VP de reserva hi hagi una certa quantitat de capacitat lliure, reservada per emergències. Els diferents VPs de reserva que passen per un cert enllaç poden, en alguns casos, compartir aquesta capacitat de reserva.

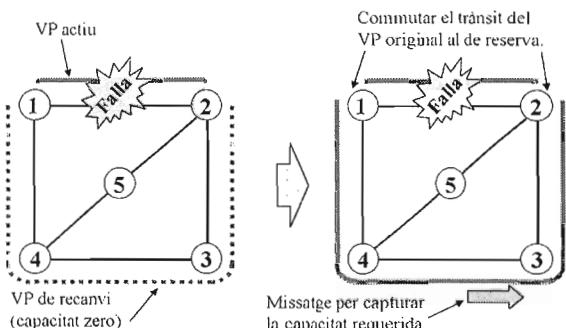


Figura 8: Restauració pre-planejada de falles.

Es possible utilitzar els dos mecanismes alhora en el que s'anomenen mecanismes de restauració híbrids. Pot interessar protegir alguns dels VPs, els de més prioritat o els que demanen una millor qualitat de servei, amb mecanismes pre-planejats i altres VPs de menys prioritat o amb trànsit que demana menys qualitat amb mecanismes dinàmics [Yahara i Kawamura 1997] [Kawamura i Ohta 1999] [Song et al. 1997] [Struyve i Demeester 1996].

#### 4.4 Gestió de les capacitats residuals.

La gestió de les capacitats residuals està estretament

13

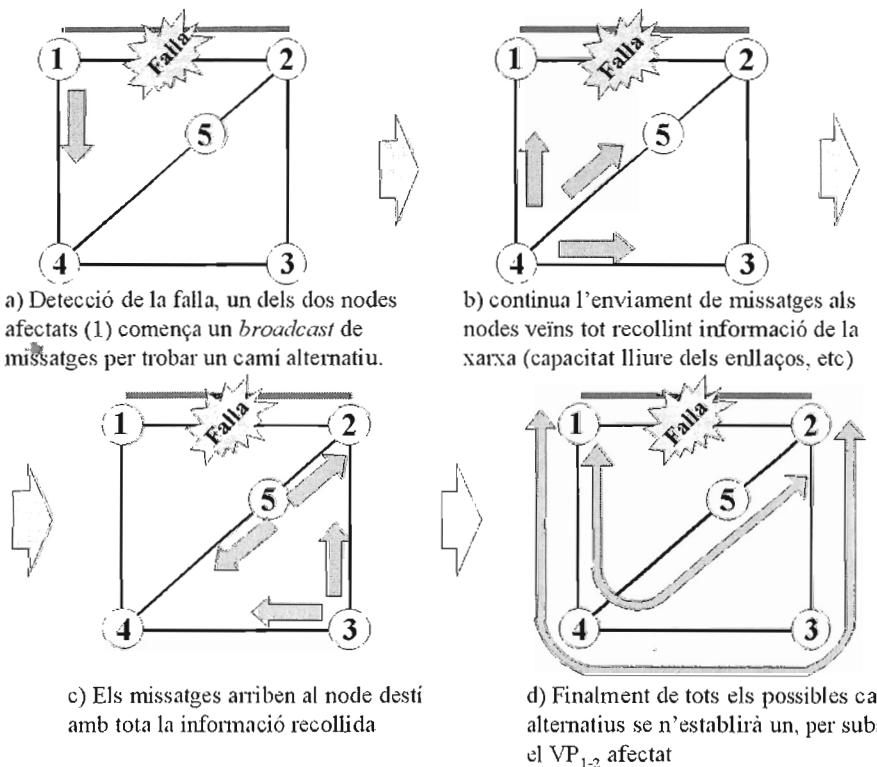


Figura 7: Restauració dinàmica de falles.

# Articles

relacionada amb les tècniques de restauració explicades en l'apartat anterior. La introducció dels mecanismes híbrids de restauració és deguda a la necessitat de reservar menys capacitat pel cas de que hi hagi alguna falla i poder-ne dedicar més a l'ús normal de la xarxa. Protegir tots els VPs amb mecanismes pre-planejats comporta reservar molts recursos que es podrien estar utilitzant pel trànsit normal.

L'objectiu principal doncs de la gestió de les capacitats residuals és el de garantir en tot moment que es podran restaurar els VPs protegits per mecanismes pre-planejats reservant la capacitat necessària, en cooperació amb els mecanismes de restauració. Com a objectiu secundari, però també important, hi ha el de minimitzar aquesta capacitat dedicada a la restauració de falles, ja que l'operador de la xarxa el que desitja és tenir una màxima ocupació [Xiong i Mason 1999].

En general, aquestes capacitats reservades pels mecanismes de restauració es planifiquen juntament amb la resta de la xarxa en la fase inicial de planificació. Si aquesta xarxa és gestionada dinàmicament (o sigui, que hi ha canvis a la topologia lògica de la xarxa), llavors cal també canviar i re-planificar els VP de reserva i per tant també cal gestionar dinàmicament aquesta capacitat de reserva. A més a més cal tenir en compte, en el cas dels mecanismes pre-planejats, en quins casos es pot compartir la mateixa capacitat residual entre diferents VP de reserva i en quins casos no.

Pel cas de tenir un mecanisme de restauració dinàmic (únicament dinàmic o formant part d'un mecanisme híbrid) també cal realitzar una gestió d'aquesta capacitat residual per tal d'assegurar al màxim que es podrà restaurar qualsevol possible fallada. Per això s'utilitza la tècnica de balanceig de la càrrega, que consisteix en intentar tenir tots els enllaços de la xarxa amb un percentatge d'ocupació limitat (repartir per igual el trànsit), o sigui, intentant que a tots els enllaços hi hagi una certa quantitat de capacitat lliure. Aquest mecanisme també assegura que quan hi hagi una falla (quan falli un enllaç, per exemple) hi haurà les mínimes pèrdues possibles, ja que el trànsit estarà repartit per igual per tots els enllaços (no concentrat en uns quants).

## 4.5 Relació entre els diferents mecanismes.

Les funcions que s'han comentat fins al moment estan molt relacionades entre elles, i no es poden tractar inde-

pendentment. Precisament aquesta és una de les principals mancances que s'aprecia entre la gran quantitat de propostes, d'algorismes, etc., que es troben en la literatura. Concretament la majoria d'aquestes propostes s'emmarquen en una programació estructurada convencional, i això fa que no sigui molt costós englobar totes les funcions abans esmentades degut a la gran complexitat que això comporta. És per això que majoritàriament les úniques propostes existents que englobin totes les funcions són precisament les que utilitzen sistemes d'agents.

Cal tenir en compte que la funció del control d'admissió és l'única que no està tan estretament relacionada amb les demés, ja que, tot i que utilitza els VPs per establir-hi nous VC, de fet pot no realitzar cap acció sobre els VPs. Les altres tres funcions, totes realitzen accions sobre els VPs i això fa que l'acció d'una d'elles afecti a les demés.

Pel que fa a la distribució en el temps d'aquestes funcions, en general es poden englobar en les següents categories:

- Operacions en temps real: per exemple quan hi ha una falla cal actuar el més ràpidament possible de manera que s'eviti que es tallin les connexions. També cal actuar el més ràpidament possible a l'hora d'establir una nova connexió durant el control d'admissió.
- Operacions a curt termini: per exemple després de produir-se algun canvi a la xarxa lògica, cal que aquesta s'adapti a la nova situació en un temps breu però no en temps real. Les funcions de gestió de banda també cal que actuin a curt termini però no a temps real, ja que massa canvis poden provocar una degradació del sistema.
- Operacions a mig i llarg termini: per exemple a l'hora de planificar la xarxa lògica sencera tenint en compte estadístiques de trànsit reals. També és el cas de la generació de previsions per avançar-se a possibles problemes abans que aquests apareguin a la xarxa.

Per les primera i segona categories és sabut que els mecanismes distribuïts són més ràpids que els centralitzats. Per la tercera categoria, degut a la complexitat d'aquests tipus d'algorismes i a que es disposa de més temps, les solucions més adequades són les centralitzades. En aquest article ens centrarem una mica més en el

primer i segon casos, ja que es presten més a l'ús de sistemes d'agents distribuïts.

Altres decisions que cal tenir en compte a l'hora de pensar en aquestes funcions és en quines circumstàncies cal prendre la decisió d'actuar i en quina mesura. En alguns casos això està força clar, per exemple, en el moment que hi hagi una falla caldrà activar el mecanisme de restauració corresponent. En d'altres casos no és tan clar, per exemple, en quin moment cal prendre la decisió de modificar les capacitats assignades als VPs, i un cop presa aquesta decisió, després cal saber quina quantitat de capacitat cal transferir d'un VP a un altre. Aquesta darrera és una decisió que es podria basar en alguna planificació òptima prèvia, però caldria veure si aquesta planificació contínua essent vàlida. En alguns exemples s'aposta per incrementar la capacitat d'un VP la mida justa com per poder acceptar una trucada més. Cal avaluar quina és la millor opció en cada cas.

Degut a totes aquestes dependències entre els diferents mètodes, als diferents terminis en què cal aplicar-los, i als diferents mètodes que hi ha a l'hora de prendre la decisió d'aplicar-los, sembla doncs que aquest és un problema de gran complexitat. A més cal afegir la complexitat que comporta de per si el fet d'utilitzar sistemes distribuïts. És per això que els mètodes que utilitzen sistemes d'agents es proposen com uns dels més adequats per realitzar aquestes tasques conjuntament [Magedanz et al. 1996] [Nwana i Ndumu 1999].

## 5. Anàlisi de diferents propostes.

Hi ha una gran quantitat de propostes que utilitzen sistemes d'agents en el món de les telecomunicacions i cada dia n'apareixen de noves. No es pretén fer una anàlisi exhaustiva de totes les propostes que hi pugui haver, sinó realitzar una anàlisi una mica més detallada d'una selecció d'unes quantes d'aquestes propostes, així com donar referències d'altres treballs en el cas de que es vulgui ampliar l'estudi.

Tot i que es poden trobar exemples de gestió de xarxes [Biesczad et al. 1998] [Magedanz i Eckardt 1996] utilitzant agents mòbils, s'ha descartat incloure en aquest estudi sistemes d'aquest tipus, ja que en l'entorn descrit en els apartats anteriors, hi ha una bona comunicació entre els diferents nodes i les capacitats de processament són similars en tots ells. No hi ha doncs la necessitat de que els agents siguin mòbils, ja que aquests són més adients en entorns de comunicació on hi pugui

haver desconnexions temporals (per exemple en entorns sense fils) i/o en entorns on les capacitats de processament dels diferents nodes són molt dispersos (telefons mòbils, per exemple).

Els diferents punts que s'intenten avaluar de les propostes estudiades són els que es comenten a la llista que es presenta tot seguit. Cal tenir en compte que sovint en els articles no es presenten tots els detalls dels sistemes proposats i els queda alguna part oculta on no s'hi pot aprofundir. Soveint aquesta part oculta esdevé la implementació interna dels agents. En aquest punt ens limitarem a identificar els diferents tipus d'agents dels sistemes proposats i les seves principals propietats. En l'estudi realitzat ens centrarem doncs en l'arquitectura del sistema multi-agent avaluant els següents punts.

- a) Objectius principals de la proposta.
- b) Tasques a realitzar pel sistema d'agents.
- c) Tipus d'agents. Relació dels diferents tipus d'agents de què consta el sistema i classificació dels mateixos (bàsicament en deliberatius o reactius).
- d) Distribució lògica dels agents: en referència a si els agents estan agrupats en una o més capes, o si formen una jerarquia, etc.
- e) Quines tècniques de negociació i/o coordinació s'utilitzen, així com quins mecanismes de comunicació empreren.
- f) Distribució física dels agents. En referència al lloc físic on s'ubiquen els diferents agents dins de la xarxa.
- g) Escalabilitat del sistema. S'intentarà veure si el sistema és escalable des del punt de vista del nombre d'agents i des del punt de vista de la quantitat de missatges. Cal tenir en compte que és molt difícil demostrar l'escalabilitat o no d'un sistema a partir de la seva arquitectura, caldria realitzar experiments en aquest sentit. Es donaran doncs indicacions orientatives.
- h) Plataforma utilitzada. En el cas que la implementació es basi en alguna plataforma d'agents concreta, així com el mecanisme de comunicació.
- i) Possibles problemes o inconvenients detectats.

Cal tenir en compte que en alguns casos s'ha publicat més articles que en d'altres i es disposa de més informació. No s'han comentat els punts que no són tractats en varíes propostes per tal de no afectar a la comparativa.

# Articles

## 5.1 Davison, Hardwicke, Cox 1998; Hardwicke, Davison 1998.

Aquesta és una proposta que neix arran de la recerca portada a terme en els laboratoris de l'empresa de telecomunicacions British Telecom (BT), la qual té un grup força actiu en el camp dels agents intel·ligents i sistemes multi-agent. [Davison et al. 1998] [Hardwicke i Davison 1998] [[www.labs.bt.com/projects/agents.htm](http://www.labs.bt.com/projects/agents.htm)].

- a) L'objectiu principal és l'automatització de diverses operacions diàries, repetitives i monòtones, que ha de fer l'administrador de la xarxa. A més a més altres objectius són l'escalabilitat i flexibilitat del sistema i la manera d'aconseguir això és fer que el sistema sigui el màxim senzill possible, posant més èmfasi en l'autonomia que no pas en la intel·ligència del sistema.
- b) Aquesta proposta es concentra única i exclusivament en les dues tasques de la gestió de l'ample de banda en un entorn ATM. En aquest article aquestes tasques s'anomenen "afinament de l'ample de banda" pel que fa a la reassignació de capacitats, i "afinament de la topologia" pel que fa al re-encaminament de VPs. Aquest és un cas doncs en què no es té en compte com poden afectar aquestes accions sobre altres possibles mecanismes (de restauració de falles per exemple) que hi poguessin haver a la mateixa xarxa.
- c) El sistema consta de dues classes diferents d'agents agrupats en dos subsistemes independents. En tots dos casos es tracta d'agents relativament senzills on el que es prima és l'autonomia més que no pas la intel·ligència. Es dedueix doncs que aquests agents tenen un comportament reactiu tot i que són capaços de cooperar i negociar els uns amb els altres dins de cadascun dels dos subsistemes. Això significa que no són purament reactius, sinó que han de disposar d'algún mecanisme per saber amb quins altres agents cal negociar i de mecanismes de comunicació.
- d) L'arquitectura proposada en aquest treball, com s'ha comentat, presenta dos sistemes d'agents completament independents i sense cap mena de comunicació entre ells. Cadascun d'aquests dos sistemes s'encarrega d'una de les tasques a realitzar (afinament de capacitats i afinament de la topologia). Es tracta doncs d'una arquitectura força senzilla on els dos subsistemes independents d'agents estan situats en un mateix nivell o capa. No hi ha cap mena de coordinació central ni cap mena de visió global de la xarxa, fet que comporta que els

agents actuïn localment, coordinant-se en petits grups que no són estàtics ni permanents. Això significa que en principi els agents actuen individualment mentre poden, i quan no ho poden fer, es veuen obligats a negociacions puntuals amb altres agents.

A la figura 9 es pot veure la idea dels dos tipus d'agents monitoritzant tots dos els diferents recursos de la xarxa. Cadascun dels agents que fan l'afinament de les capacitats monitoriza un enllaç físic i tots els VP que el travessen (els agents rectangulars de la figura). Quan detecten un VP congestionat, miren a veure si aquest VP utilitza únicament aquell enllaç en concret i si hi ha cap altre VP que també només utilitzi aquell enllaç que li pugui cedir capacitat. En aquest cas un únic agent realitza tots els canvis, sinó és així i el problema afecta a més d'un enllaç, han de negociar i compartir informació amb els altres agents per veure quin VP cedeix capacitat. En el segon grup d'agents (els agents el·líptics de la figura) cadascun monitoritza un VP o un enllaç físic. El paper dels agents d'aquesta classe que monitoritzen l'enllaç físic és detectar en quin moment es considera que l'enllaç està congestionat i informar a tots els altres agents implicats per negociar quin és el millor VP a re-encaminar. Cal notar que aquesta acció només produeix capacitat lliure a l'enllaç, llavors l'altre grup d'agents ho detectarà i procedirà a la reassignació de capacitats.

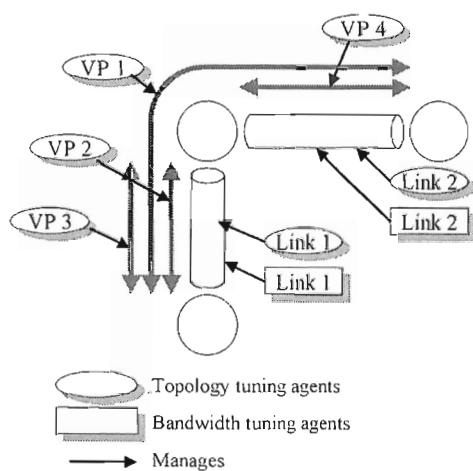


Figura 9: Distribució dels dos subsistemes d'agents i les tasques que realitzen (figura adaptada de [Davison et al. 1998] [Hardwicke i Davison 1998]).

# Articles

- e) La comunicació entre els agents d'un mateix subsistema es realitza a través de la plataforma en la qual estan implementats, utilitzant un llenguatge de comunicació d'agents (un *Agent Communication Language* o ACL) específic per aquesta arquitectura però molt semblant al àmpliament usat KQML (*Knowledge Query and Manipulation Language*) [Finin et al. 1997]. De fet utilitzen el llenguatge ACL de la plataforma en el que està desenvolupat el sistema d'agents.

Pel que respecta a la comunicació entre els dos sub-sistemes, ja s'ha comentat que no hi ha cap mena de comunicació directa però si que hi ha una comunicació indirecta a través de les accions que els agents fan sobre la xarxa.

Pel que fa a mecanismes de negociació o cooperació, s'especifica clarament que s'utilitza un sistema del tipus econòmic en el que els agents involucrats en una negociació fan una oferta i l'oferta guanyadora és la que proposa una reconfiguració millor. Per determinar quina és la reconfiguració millor es fa un balanç entre la quantitat de capacitat que es reconfigura i el potencial increment de congestió de la nova ruta. No es tracta d'una negociació contínua sinó que aquestes ofertes es realitzen un sol cop per cada negociació.

- f) Aquest treball en qüestió no detalla la situació física dels agents a la xarxa. Es pot entendre però que els agents estarien situats en els diferents nodes de forma que estiguessin el més propers possible al recurs que estan monitoritzant.
- g) Pel que fa a l'escalabilitat, aquest sistema proposa minimitzar al màxim les comunicacions entre els agents, augmentant al màxim l'autonomia dels agents. De fet l'escalabilitat del sistema és un dels objectius principals que es marquen els autors. A mesura que la xarxa es fa més grossa i hi ha més VPs per gestionar, s'argumenta a l'article que això provocarà un increment del nombre d'agents però no un increment de les comunicacions, que continuaran essent locals.
- h) La plataforma utilitzada ha estat desenvolupada també per la companyia BT i respon al nom de ZEUS. De fet en aquests treballs es comenta que s'utilitza una versió primitiva i reduïda d'aquesta eina. Segons les seves característiques està orientada a facilitar el desenvolupament de sistemes d'agents en el sentit de que és una eina per l'enginyer

ria de sistemes col·laboratius. [[www.labs.bt.com/projects/agents/zeus/body.htm](http://www.labs.bt.com/projects/agents/zeus/body.htm)] [Collins et al. 1998].

- i) Pel que fa als possibles inconvenients d'aquesta arquitectura, a part del ja comentat que no té en compte altres funcions de la gestió de recursos, aquests poden ser els següents: primer de tot, sembla que al augmentar la mida de la xarxa i dels recursos a gestionar i per tant el nombre d'agents, això farà augmentar la comunicació entre ells. Això seria degut a que cada vegada els VP serien més llargs i travessarien més nodes, en conseqüència per realitzar un canvi de configuració cada vegada caldria fer més negociacions i cada negociació implicaria més agents, incrementant-se doncs les comunicacions d'una manera important. Finalment la manca de planificació de la xarxa pot portar a situacions no desitjades, a topologies amb un baix rendiment global, o a situacions on es provoquessin massa canvis no necessaris.

## 5.2 Somers 1996; Somers, Evans, Kerr, O'Sullivan 1997, Broadcom 1998.

Aquesta proposta [Somers 1996] [Somers et al. 1997] ha estat desenvolupada en una altra institució de recerca, Broadcom Éireann Research Ltd. d'Irlanda, que depèn de dues companyies de telecomunicacions: Ericsson i Eircom [[www.broadcom.ie/](http://www.broadcom.ie/)]. Aquesta institució també disposa d'un grup de sistemes intel·ligents i també han desenvolupat la seva pròpia plataforma d'agents anomenada *Agent Services Layer* (ASL) [[www.broadcom.ie/products/asl/index.php](http://www.broadcom.ie/products/asl/index.php)]. Aquesta plataforma compleix amb l'estàndard de FIPA [O'Brian i Nicol 1998] [[www.fipa.org](http://www.fipa.org)].

- a) El principal objectiu d'aquesta arquitectura és integrar els avantatges de les solucions centralitzades i els de les solucions distribuïdes. Es defensa el punt de vista de que totes dues solucions tenen avantatges que no es poden deixar perdre apostant només per una de les dues. El sistema proposat s'anomena HYBRID ja que es planteja com un sistema distribuït format per diversos sub-sistemes centralitzats. Un altre dels objectius proposats és el de l'escalabilitat.
- b) En aquest cas el sistema proposat excepcionalment intenta substituir completament qualsevol altre mecanisme de gestió de xarxa que hi pugui haver en el sistema i la seva intenció és implementar totes les funcions. Per totes les funcions s'en-

# Articles

18

tén les de gestió de falles, configuració, comptabilitat, rendiment i seguretat (FCAPS). La idea bàsica és substituir un gran i complex sistema centralitzat per múltiples sistemes centralitzats autònoms més petits.

- c) Els agents d'aquest sistema són tots del tipus deliberatiu, ja que es tracta d'un sistema molt complex que implementa una gran quantitat de funcions. Més concretament estan basats en sistemes experts i tenen una estructura interna amb les següents parts principals. Un mòdul de comunicació i negociació amb altres agents, i un mòdul de comunicació amb els recursos que gestiona l'agent amb l'habilitat de proporcionar respostes automàtiques a alarmes o excepcions. Aquests dos mòduls de comunicació deixen events en una llista d'entrada anomenada agenda. Juntament amb aquests dos mòduls de comunicació hi ha una base de coneixement dividida en tres parts (la base de dades amb els objectius acceptats per l'agent, un model de l'entorn amb els objectes sobre els que l'agent té coneixement així com les seves restriccions i relacions, i un model d'agent amb coneixement sobre altres agents del sistema com ara quins serveis ofereixen). També hi ha una part que coordina totes les funcions de l'agent i conté el meta-control per tal de determinar en quina activitat cal que l'agent centri la seva atenció (continuar una tasca de la llista de tasques, respondre a un event extern de l'agenda o formular un nou pla per assolir un altre objectiu). En darrer terme cal destacar que a més de la base de coneixement abans esmentada també hi ha una base "d'habilitats" en la qual s'hi emmagatzemen procediments i funcions per realitzar tasques a baix nivell i negociacions que es poden invocar per tal d'aconseguir els objectius.
- d) L'arquitectura del sistema és força complexa. Es tracta d'una jerarquia del que s'anomena controladors intel·ligents. Cadascun d'aquests controladors intel·ligents s'encarrega d'una sèrie de recursos i es coordina amb controladors de més baix nivell per tal de oferir serveis a controladors o usuaris de més alt nivell. Aquests controladors s'anomenen "autoritats" i realitzen les típiques tasques d'un sistema de gestió centralitzat (FCAPS). L'estructura interna d'una autoritat es pot veure a la figura 10. Cada autoritat és de fet un sistema multi-agent format per 8 tipus

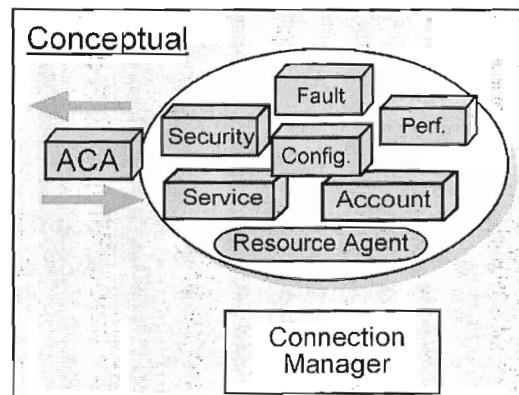


Figura 10: Estructura interna d'una autoritat. (Figura original descargada de <http://www.broadcom.ie//knowledgebase/communicate/vol3/iss2/intelligents/images/fig2.gif>).

diferents d'agents cadascun amb una funció concreta. Per exemple el *Service Agent* s'encarrega de la interacció amb altres autoritats del mateix nivell o superior així com oferir o delegar tasques a les autoritats de nivells inferiors. El *Resource Agent* actua d'intermediari entre els recursos del sistema i els agents que els gestionen, actuant com una mena d'embolcall per "agentitzar" els recursos. Un altre agent important és l'anomenat ACA a la figura o *Authority Controlling Agent*, el qual coordina les interaccions amb altres autoritats.

Totes aquestes autoritats independents estan estructurades en tres capes jeràrquiques estàtiques segons les diferents regions o parts de la xarxa (figura 11). Les autoritats s'agrupen doncs en locals, regionals i globals. L'autoritat arrel (la global) és la que gestiona en darrera instància tots els recursos de la xarxa, però delega algunes de les seves funcions cap a nivells inferiors. Així doncs les autoritats locals gestionen independentment els recursos que tenen assignats i, quan hi ha alguna tasca que afecti dues o més autoritats, llavors autoritats de nivell superior arbitren la negociació i coordinació.

Es contempla la possibilitat de que hi hagi uns agents *proxy* a cadascuna de les autoritats i que aquests continguin informació d'altres autoritats. Això serviria per accelerar el procés de negociació entre diferents autoritats ja que de fet no caldría sortir de la pròpia autoritat.

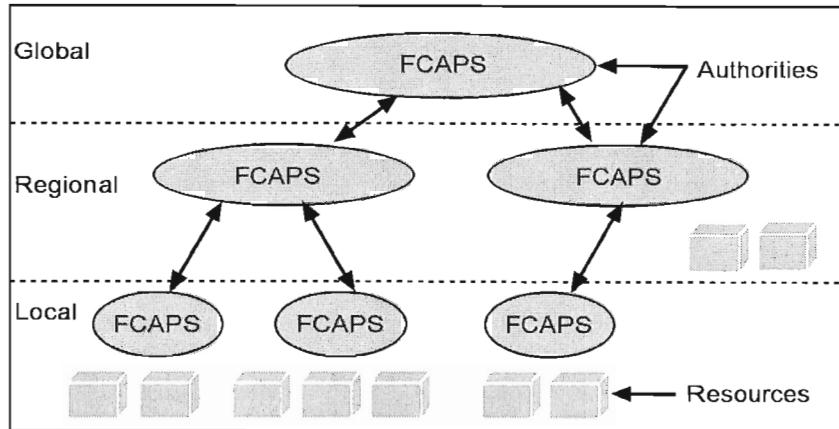


Figura 11: Estructura jeràrquica de les autoritats. (Figura original descarregada de [http://www.broadcom.ie/knowledgebase/communicate/vol3/iss2/intelligents/images/PS380\\_1.GIF](http://www.broadcom.ie/knowledgebase/communicate/vol3/iss2/intelligents/images/PS380_1.GIF)).

- e) Pel que fa a les comunicacions, aquestes es realitzen utilitzant un llenguatge de comunicació d'agents basat en el KQML modificat. Per una banda hi ha uns mecanismes de coordinació quan les autoritats superiors proposen una tasca a vàries autoritats inferiors. Aquesta coordinació està basada en el fet de mantenir la càrrega de tasques balancejada entre els autoritats inferiors i també es pot utilitzar un mecanisme d'ofertes per part de les autoritats inferiors. Per altra banda hi ha uns mecanismes de negociació en el cas que hi hagi algun conflicte entre autoritats del mateix nivell. Cada autoritat, quan es detecta algun problema a la xarxa, intenta solucionar-lo internament. Si això no és possible s'intenta arribar a un acord amb les autoritats veïnes afectades i si això tampoc és possible, llavors es passa el control a una autoritat superior juntament amb possibles suggeriments per a la solució. El *Performance Agent* és l'encarregat de detectar els problemes i començar la negociació, la qual no pot durar molt de temps ja que està limitada per períodes de temps predefinitos.
- f) Aquesta proposta no especifica quina quantitat d'autoritats hi ha d'haver respecte a, per exemple, la quantitat de nodes de la xarxa. El que si sembla evident és que tots els agents d'una autoritat es troben en el mateix node. La forma de distribuir les autoritats és la següent: Cada autoritat és la responsable d'un subgrup determinat de nodes de la xarxa i actua exactament igual que ho faria un sistema de gestió centralitzat. Aquests nodes disposen de mecanismes de monitorització i envien les dades a un node central d'aquest subgrup de nodes, on es suposa hi ha l'autoritat.
- g) El problema de l'escalabilitat és un dels principals objectius d'aquesta arquitectura. El fet de distribuir diferents sistemes centralitzats de forma jeràrquica alleuja considerablement aquest problema. Sembla clar que dins dels dominis de cadascuna de les autoritats de més baix nivell, no hi ha el problema de l'escalabilitat, ja que aquesta part de la xarxa es manté d'una mida constant. A mesura que la xarxa creix simplement cal afegir més autoritats que gestionin els nous recursos i alguna autoritat més de nivell superior cada cert nombre d'autoritats de nivell inferior. Això fa que el sistema tingui una bona escalabilitat a nivell de nombre d'agents. Pel que fa a les comunicacions entre els agents, entre autoritats en aquest cas, es proposa que hi hagi uns agents *proxy* enllaçats els uns amb els altres, els quals mantenen dades d'altres autoritats veïnes dins de cada autoritat. El fet de fer això d'aquesta manera és per reduir les comunicacions entre autoritats fent que les negociacions inter-autoritats esdevinguin intra-autoritat. El fet però, és que a mesura que la xarxa creix, si el nombre de nodes per autoritat es manté igual, i per tant augmenta el nombre d'autoritats, això significa que dels problemes que puguin sorgir a la xarxa cada vegada més sovint afectaran a més d'una autoritat, ja que els VPs cada vegada seran més llargs. Això pot provocar un augment del nombre de negociacions entre autoritats així com també un augment d'autoritats implicades en cadascuna d'aquestes negociacions. És difícil saber però, a quin límit es pot arribar sense que es produueixi una degeneració del sistema de gestió. En qualsevol cas l'escalabilitat d'aquest sistema és molt millor que la d'un sistema centralitzat.

- h) Com ja s'ha comentat al començament d'aquest apartat, la plataforma usada pel sistema d'agents ha estat desenvolupada per ells mateixos, com una plataforma genèrica no específica per aquest projecte concret. Aquesta plataforma, anomenada ASL, s'ha desenvolupat com una capa per sobre de l'estàndard CORBA. Els agents han estat desenvolupats utilitzant C++ i CLIPS, i responen a una estructura de sistema expert, amb una base de coneixement i unes regles de producció.
- i) Tot i que s'especifica que es gestiona dinàmicament els recursos d'una xarxa ATM no es detalla exactament quina mena de mecanismes es fan servir en cap dels casos exposats a l'apartat 4, se suposa que els agents tenen les habilitats necessàries per dur a terme aquestes funcions. Sembla però, a partir de l'estructura i el funcionament de les autoritats, que no hi ha un mètode de planificació global de la xarxa.

Cal destacar en darrer terme que al ser tots els agents del tipus deliberatiu, agents complexes per tant, no sembla que puguin tenir una resposta suficientment ràpida en situacions en que es requereix temps real: en el control d'admissió i en la restauració de falles. Sobretot en els casos en què cal establir una negociació amb autoritats veïnes, aquest procés de negociació pot ser que tardi massa. Per últim, la utilització d'agents *proxy* per accelerar les negociacions entre autoritats podria provocar molta redundància de les dades i podria arribar a passar que algunes decisions es basessin en informació que ja està desfasada.

### 5.3. Bigham, Cuthbert, Hayzelden, Luo 1999; Hayzelden, Bigham 1998; Hayzelden 1998; Hayzelden 1999, ACTS IMPACT European Project.

Aquesta proposta arriba arran d'un projecte europeu anomenat IMPACT [www.acts-impact.org] [Bigham et al. 1999a] [Bigham et al. 1999b] [Luo et al. 1999]. De fet aquest projecte arrenca a partir d'una primera arquitectura per la gestió d'una xarxa ATM mitjançant un sistema d'agents desenvolupada al Queen Mary (University of London), i anomenada Tele-MACS (*Telecommunications Multi-Agent Control System*) [Hayzelden i Bigham 1997] [Hayzelden 1998] [Hayzelden i Bigham 1998] [Hayzelden et al. 1999]. Aquestes dues propostes estan íntimament relacionades i no es poden separar una de l'altra. L'arquitectura final del sistema d'agents del projecte IMPACT és lleu-

gerament diferent de la proposada a Tele-MACS, però de fet està basada en aquesta.

- a) L'objectiu principal i més important d'aquest projecte és demostrar que es pot gestionar una xarxa ATM utilitzant un sistema d'agents, substituint altres eines de gestió de xarxa i prenent el control per sobre del sistema de control propietari dels nodes ATM. Dit d'una altra forma, es tracta de demostrar que els sistemes d'agents són capaços de realitzar un control distribuït a temps real eficaç i gestionar una xarxa ATM. Per demostrar això es va desenvolupar el sistema per funcionar sobre una xarxa ATM real i es van realitzar tests satisfactoris. Un altre objectiu és que aquesta arquitectura sigui apta per utilitzar-se en xarxes amb més d'un proveïdor de serveis, competint entre ells per les trucades dels usuaris.
- b) La principal tasca a la que està encomanada aquesta arquitectura és el control d'admissió (CAC). Per aconseguir dur a terme aquest CAC satisfactoriàm ent es proposen una sèrie de restriccions a l'hora d'establir els camins virtuals (VP). Aquestes restriccions són bàsicament que s'estableix sempre un o més VPs per a tot parell de nodes Origen-Destí de la xarxa i només es contempla el camí directe a l'hora d'establir les connexions (VC). De fet en aquestes restriccions està la clau de l'arquitectura. Com a tasques secundàries hi ha el fet de realitzar una gestió dinàmica de l'ample de banda en el que s'intenta fer un balanceig de la càrrega per tal de minimitzar les pèrdues en cas de fallada i per facilitar-ne la restauració.
- c) En aquest sistema es poden trobar diferents tipus d'agents, alguns deliberatius i altres reactius. L'existència d'agents reactius és degut a que cal una resposta ràpida en el moment en què es demana establir una nova connexió (un exemple d'agent reactiu és el CAC-Agent). Els agents més deliberatius s'encarreguen de planificar la xarxa lògica cada cert període de temps i determinar quins han de ser els objectius (en el següent període de temps) pels agents reactius que realitzen un control direpte de la xarxa. Es tracta doncs d'una jerarquia d'agents, on els agents deliberatius estan per sobre i controlen el comportament i les accions dels agents reactius. El principal mecanisme en què es basa aquest control, és una adaptació de la *Subsumption architecture* de Brooks i es basa en què els agents deliberatius són capaços de modificar el coneixement

de l'entorn que tenen els agents reactius perquè aquests actuïn d'una forma o d'una altra. És el que l'autor anomena *Supressed views of the world*.

Els agents deliberatius que planifiquen la xarxa lògica es basen en un algorisme d'optimització que intenta maximitzar la mínima capacitat residual en els enllaços de la xarxa tenint també en compte que els VPs tinguin el mínim possible de salts entre nodes. Aquest algorisme té l'avantatge que porta associat un balanceig de la càrrega entre els diferents enllaços de la xarxa.

- d) L'arquitectura presentada en els treballs relacionats amb Tele-MACS és una arquitectura jeràrquica amb tres nivells de competència. Un primer nivell de control amb els agents reactius, un segon nivell de planificació amb els agents deliberatius i un tercer nivell de planificació estratègica amb un agent anomenat Facility Agent que s'encarrega de detectar problemes a llarg termini i proposar modificacions de la xarxa física (seria doncs un cas d'implementació del nivell de subministrament de xarxa exposat a l'apartat 3). En la figura 12 es presenta aquesta arquitectura.

En particular l'agent de comptabilitat recull estadístiques de trànsit que són utilitzades després per l'agent que planifica la xarxa lògica i pel Facility Agent. El Flow Control Agent simplement monitoritza els buffers del commutador per detectar possibles problemes (congestions) i avisar al Tactical Survival Agent.

Precisament aquest és un dels agents més importants. El Tactical Survival Agent és l'encarregat de fer la planificació de la xarxa lògica i té una visió global de tots els recursos de la xarxa. Un altre tipus important d'agents són els Resource Agents, els quals s'encarreguen de gestionar els recursos de la xarxa. Hi ha un Resource Agent per cada parell de node Orígen-Destí i cada RA controla directament tots els VP que hi hagi entre aquests dos nodes. Segons la visió que tingui aquest agent de l'entorn (proporcionada pel Tactical Survival Agent) aquest agent és capaç de decidir si re-encaixar o canviar l'ample de banda dels VPs que depenen d'ell. També és l'encarregat d'establir i alliberar connexions (VCs) en els seus VPs. Totes aquestes accions les realitza comunicant-se amb els

21

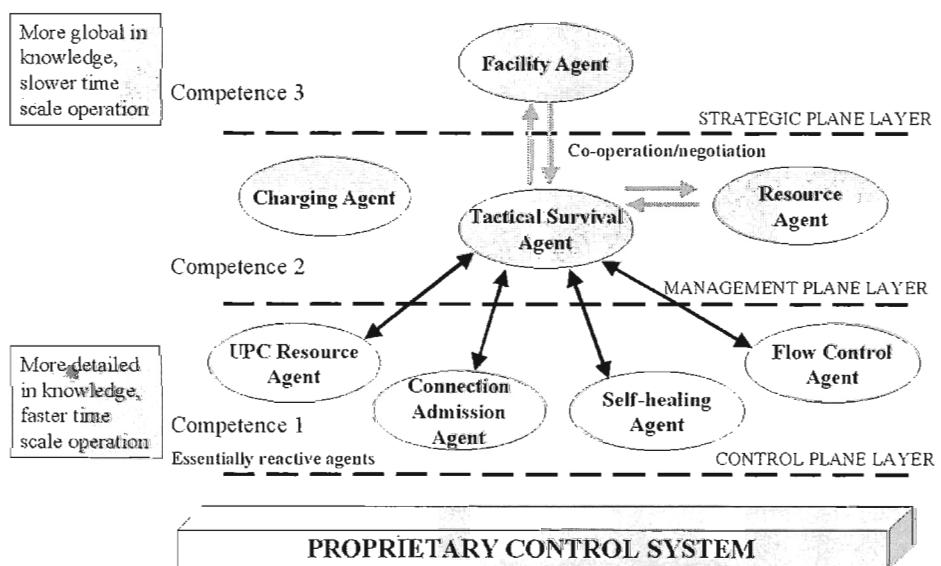


Figura 12: Arquitectura Tele-MACS (figura adaptada de [Hayzelden 1998] [Hayzelden i Bigham 1998] [Hayzelden et al. 1999]).

Els agents Charging Agent i UPC Resource Agent (agents de comptabilitat i agents de control de les connexions establertes) simplement realitzen aquestes tasques, necessàries pel bon funcionament d'una xarxa ATM i no intervenen amb negociacions o altres tasques diferents de les seves específiques.

Switch Wrapper Agents (veure figura 12), els quals són un embolcall per donar propietats i un comportament d'agent als commutadors ATM.

El CAC-Agent que és el responsable de rebre les demandes dels usuaris i negociar l'establiment de les conne-

- xions amb els corresponents Resource Agents. Per últim hi ha el Self-healing Agent que és l'encarregat de detectar falles a la xarxa i avisar al Tactical Survival Agent i als Resource Agents implicats, demanant l'establiment de nous VPs per substituir els VPs afectats.
- c) Les negociacions principals es porten a terme entre el CAC agent i els *Resource agents* (RA) implicats en un establiment de connexió. Quan el primer rep per part de l'usuari una demanda d'establiment de connexió aquest proposa a tots els diferents RA, que poden pertànyer a diferents proveïdors de serveis, i que gestionen VP entre els nodes origen-destí requerits que facin una oferta. El RA que fa la millor oferta és el que guanya la connexió i procedeix al seu establiment. Per tant, el mecanisme de negociació es basa altre cop amb un mètode de subhasta on els participants fan una única oferta. Si un RA que es troba amb condicions de competir per la connexió no ho pot fer de resultes de no tenir prou capacitat en el(s) seu(s) VP(s) intenta transferir capacitat d'un altre VP del mateix proveïdor de servei o si això tampoc és possible intenta transferir connexions existents a altres VPs. Aquestes decisions es prenen de forma local i ràpida utilitzant taules precalculades basades en les dades que provenen del *Tactical Survival Agent* (la visió alterada de l'entorn). Ja s'ha comentat anteriorment que aquest precisament és el mecanisme que fan servir els agents més deliberatius del sistema per controlar els agents més reactius. En aquest cas s'observa que

de fet el *Tactical Survival Agent* (deliberatiu) està per sobre i controla als *Resource agents* (més reactiu) fent servir aquest mecanisme.

- f) Tot el que s'explica en els apartats anteriors es va continuar millorant dins del projecte IMPACT tot afegint noves característiques que l'arquitectura Tele-MACS no tenia. Concretament la capacitat que ja s'ha comentat de que hi hagi varis proveïdors de serveis (*Service Providers* o SP) dins d'una mateixa xarxa competint pels recursos i de l'altre la possibilitat de que hi hagi varis sistemes d'agents diferents gestionant xarxes diferents i que interactuen entre ells. Aquesta arquitectura es mostra a la figura 13.

La primera nova característica s'aconsegueix a partir del fet que el *Tactical Survival Agent* d'abans, que era únic per tota la xarxa, passa a ser ara l'agent del proveïdor de servei (SPA) i n'hi ha un per cada SP. La xarxa és gestionada en última instància per un agent del proveïdor de xarxa (*Network Provider Agent*) que no es mostra a la figura. Aquest agent delega la gestió a un o més SPs que es divideixen els recursos de la xarxa i competeixen entre ells (a la figura 13 es mostra només un SPA per raons de claredat). Cada SPA controla varis RAs, els que gestionen els recursos d'aquell SP.

La segona característica, que hi hagi xarxes diferents gestionades per sistemes d'agents diferents, s'aconsegueix replicant tot els sistemes d'agents per

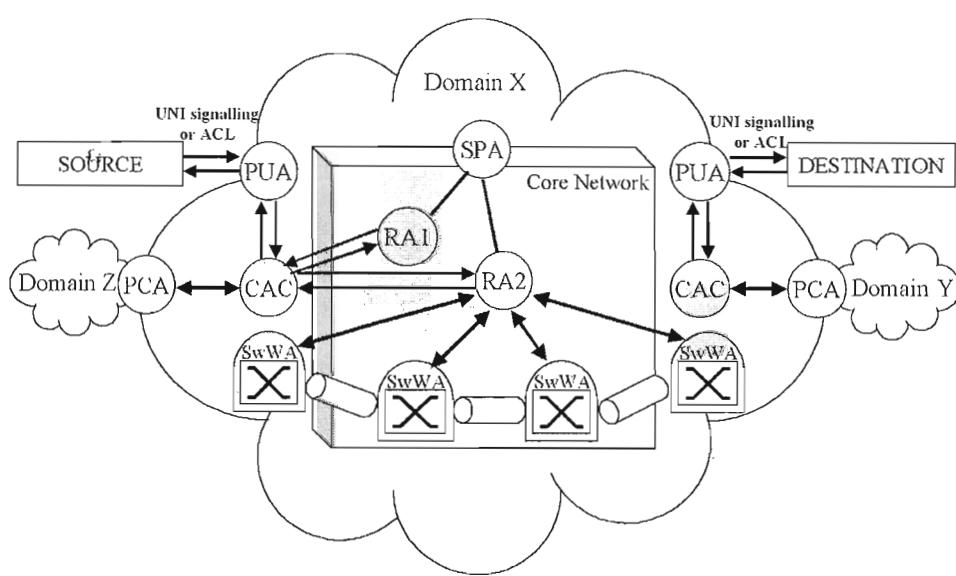


Figura 13: Arquitectura IMPACT i la relació entre els diferents agents (figura adaptada de [Bigham et al. 1999a] [Bigham et al. 1999b] [Luo et al. 1999]).

cada proveïdor de xarxa i enllaçant les connexions que van d'una xarxa a una altra amb uns nous agents anomenats *Proxy Connection Agents* (PCA). Aquest agent intermediari entre dues xarxes actua en el fons com si fos un usuari demanant una connexió a l'agent CAC de l'altra xarxa. També apareix un nou agent *Proxy User Agent* (PUA) que fa d'enllaç entre les demandes de l'usuari real (a través del mecanisme de selecció corresponent) i el CAC agent. El PUA i el PCA són molt semblants, l'únic que el segon no respon a les peticions d'un usuari real sinó a les provinents d'una altra xarxa.

També es pot veure a la figura el *Switch Wrapper Agent* (SwWA) el qual proporciona una interefície entre el sistema multi-agent i les comandes per controlar els commutadors ATM.

Cal destacar, segons els autors, que tots els agents del sistema es troben situats físicament en el node origen, excepte els SwWA que es troben a cadascun dels commutadors. És de suposar però que un proveïdor de servei pugui gestionar més d'un node origen i això implica un cert repartiment dels agents. En aquest cas es pot veure que per cada node origen caldrà situar-hi un agent CAC, un PCA i un PUA del sistema i els agents RA corresponents a cada SP que controlen recursos des d'aquell node. En canvi l'agent SPA seria únic tot i que els autors diuen que es podria replicar per raons de robustesa. El mateix es pot aplicar a l'agent del proveïdor de xarxa.

- g) Dels apartats anterior es dedueix que hi ha un problema d'escalabilitat degut a la gestió centralitzada del *Tactical Survival Agent* o *Service Provider Agent*, segons com se'l vulgui anomenar. Tot i que aquest agent no treballa a temps real i es tracta d'un agent deliberatiu a mesura que els recursos que depenen d'ell creixen, i hi ha més RAs es fa evident que hi ha un problema de comunicació entre ells. Des del punt de vista del nombre d'agents hi ha el problema de que, com s'ha dit al començament d'aquest apartat, hi ha un RA per cada possible parell de nodes Origen-Destí de la xarxa. Si considerem xarxes on tots els nodes son potencialment origen i destí, això significa que si el total de nodes de la xarxa és N, a cadascun dels nodes hi hauria  $N-1$  agents RA. Això fa un total de  $N(N-1)$  agents RA a tota la xarxa. Una quantitat considerable que es veu agreujada pel fet que cal posar diferents RA per

diferents proveïdors de servei (suposant que hi hagués dos proveïdors de servei a nivell de tota la xarxa repartint-se les capacitats, caldríen el doble de RA, o sigui  $2N(N-1)$ ). A més a més caldrà avaluar amb més precisió la quantitat de missatges que aquests agents s'envien entre ells, però sembla evident que l'escalabilitat del sistema no és molt bona.

- h) La plataforma utilitzada per implementar aquesta arquitectura ha estat el Java. Concretament s'han utilitzat els mecanismes de què disposa el llenguatge Java per les comunicacions entre els diferents agents. S'ha implementat amb Java una versió reduïda del protocol KQML i en el cas concret de la implementació realitzada per fer les proves en una xarxa ATM real es va desenvolupar per part de Swisscom un sistema d'agents "plantilla" anomenat BAT (*Basic Agent Template*) amb els mecanismes de comunicació entre agents desenvolupat.
- i) A part del fet que s'intenta tenir sempre la càrrega de la xarxa balancejada, no es dóna cap indicació de quins mecanismes concrets de restauració de falles s'utilitzen, cosa que seria important en el cas que s'utilitzés una restauració pre-planejada. Concretament en xarxes grans no sembla gaire beneficiós el fet d'haver d'establir obligatòriament un o més VPs entre tots els possibles nodes Origen-Destí. Això facilita la tasca de l'encaminament dels VCs, ja que passa a ser trivial, però limita la flexibilitat de la xarxa ja que sempre hi haurà una quantitat molt important de VPs a la xarxa.

Per altra banda, el fet de que s'introdueixi la possibilitat d'utilitzar aquest sistema en un entorn amb múltiples proveïdors de xarxa i múltiples proveïdors de servei el fa apte per a un entorn real de telecomunicacions. També és un fet remarcable que el sistema es provés en una xarxa ATM real, ja que demostra que els sistemes multi-agent poden fer front a tasques de control i gestió d'aquest tipus.

## 5.4 Osinaike, Bourne, Phillips 2001.

Aquesta proposta es centra en un entorn MPLS en lloc d'un entorn ATM. Es troba encara en una fase de desenvolupament. Aquest sistema [Osinaike et al. 2001] ha estat proposat per part d'un grup d'investigadors del Queen Mary (University of London). De fet, aquest grup de recerca, molt prolífic pel que fa a sistemes d'agents aplicats al control de xarxes, pertany al mateix departament que la proposta presentada a l'apartat 5.3.

# Articles

24

- a) El principal objectiu en aquest cas és proporcionar al controlador de xarxa mecanismes automàtics que l'ajudin a realitzar una reconfiguració dinàmica de la topologia lògica de la xarxa. Més concretament aquest projecte, al estar centrat en un entorn MPLS, es centra en possibilitar als operadors de xarxa d'una millor capacitat d'ofrir garanties de qualitat de servei pel trànsit d'Internet. Una de les idees principals d'aquesta proposta és que el sistema d'agents s'integra d'una manera forta amb els diferents mecanismes MPLS.
- b) Les principals tasques que es planteja aquest sistema són la gestió dinàmica de la topologia lògica de la xarxa, centrant-se però en el reencaminament dels LSP més que no pas en la reassignació de capacitats entre ells, i la classificació del trànsit IP en diferents FEC per l'establiment de nous LSP. Bàsicament doncs, aquest sistema s'integra i implementa alguns dels mecanismes del propi MPLS rellitzant així el que s'entén com *Traffic Engineering*. No implementa però cap tipus de mecanisme de restauració de falles ni, per tant, tampoc n'implementa cap de gestió de capacitats residuals. En un entorn IP convencional no es realitza cap tipus de control d'admissió de les connexions dels usuaris, així doncs no es contempla tampoc cap mecanisme d'aquest tipus en aquesta proposta.
- c) Només hi ha una única classe d'agents en aquest sistema. Tots els agents del sistema són del tipus deliberatiu, i presenten un alt grau d'autonomia. Els agents prenen decisions basant-se només amb el seu coneixement local i les seves creences sobre quan i com actuar en comptes de l'encaminament IP fix. De totes formes el coneixement dels agents s'actualitza periòdicament ja que els agents estan en comunicació entre ells i cada agent monitoriza l'estat del node on es troba. Les diferents funcions que realitzen aquests agents es poden veure a la figura 14.
- d) L'objectiu principal de cada agent és proporcionar camins per cada FEC, basant-se en el seu coneixement de l'estat de la xarxa (que és mantingut en el *Link Status Monitor*). Més concretament, intenta segregar el trànsit basant-se en les diferents prioritats de les diferents FEC per camins diferents, assignant el camí més favorable al trànsit (o FEC) més prioritari. El sistema d'agents interactua amb l'operador de xarxa el qual indica els objectius principals al sistema, bàsicament els criteris a tenir en compte per classificar el trànsit en diferents FEC. Quan hi ha canvis significatius a l'estat de la xarxa o l'operador modifica les polítiques o nombre de FEC llavors s'activa el mòdul *Segregated Route Finder* que és el que s'encarrega de planificar els diferents camins (LSP) que s'originen en aquell node. Aquest mòdul està basat en un algorisme de routing conegut que troba totes els possibles camins diferents entre 2 nodes des del més òptim al que ho és menys. Es té en compte les diferents prioritats entre les FEC. Així doncs, si per fer passar una FEC per un camí més òptim el sistema preveu re-encaminar altres FEC de menys prioritat per camins alternatius.

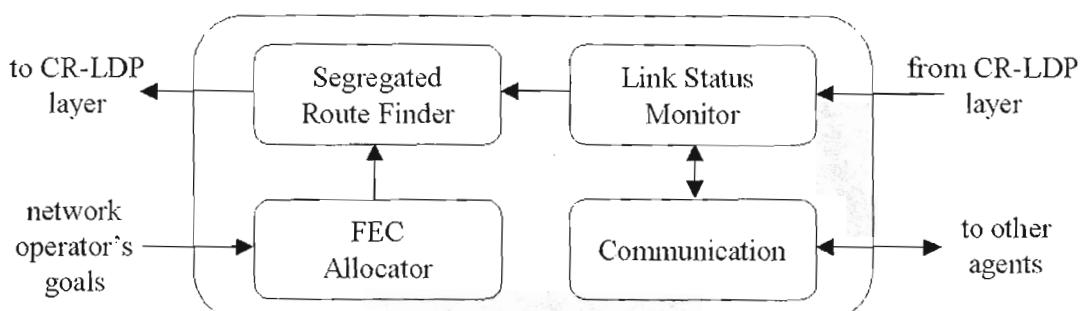


Figura 14: Funcions dels agents (figura adaptada de [Osinaike et al. 2001]).

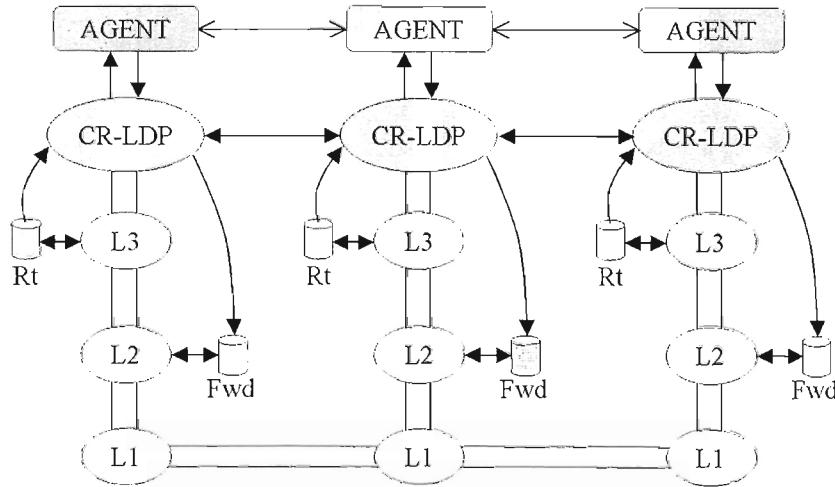


Figura 15: Xarxa MPLS que utilitza un CR-LDP associat a un sistema multi-agent. (figura adaptada de [Osinaike et al. 2001]).

- e) Els agents d'aquest sistema prenen les decisions d'una forma autònoma, similar a l'arquitectura de l'exemple anterior. Les comunicacions que es produeixen entre els diferents agents es limiten a l'intercanvi de coneixement de l'estat de la xarxa. Sembla doncs, que cadascun dels agents manté l'estat de tota la xarxa.
- f) Hi ha un agent per node o LSR. Com ja s'ha comentat aquest agent és deliberatiu i està fortament integrat amb els mecanismes MPLS.
- g) Respecte de l'escalabilitat, pel que fa al nombre d'agents, aquest no representa cap problema, ja que augmenta de la mateixa manera a mesura que augmenta la mida de la xarxa. El problema pot venir per part de la quantitat de missatges que s'intercanvien els agents. Això depèn en gran mesura de si es comuniquen tots els agents els uns amb els altres o no, i del període d'aquestes comunicacions. Aquestes dades no estan encara prou definides en aquest treball. Tot indica però que en xarxes molt grans és inviable que els agents es comuniquin directament tots amb tots, per intercanviar informació.
- h) Altre cop ens trobem en aquest cap amb un altre sistema implementat amb el llenguatge Java. Es fa us dels mecanismes de comunicació d'aquest llenguatge de programació per a les comunicacions entre els diferents agents. Les comunicacions (monitorització / control) amb la implementació del CR-LDP es realitza a través de la definició de nous TLVs (*Type Length Values*).
- i) En aquest cas aquest sistema és sensiblement diferent que els anteriors. A part que l'entorn és diferent, MPLS, els mecanismes que aplica també difereixen sensiblement dels explicats a l'apartat 4.

Concretament es basa en re-encaminar els LSP cada vegada que hi ha algun canvi a la xarxa que afecti a la qualitat de servei de les diferents FEC intentant sempre que les FEC més prioritàries tinguin els camins més òptims. No estan definits encara quins són els mecanismes que fan actuar als agents i reconfigurar la xarxa lògica, i per tant tampoc la periodicitat d'aquests canvis. Degut a tot això no és possible avaluar en aquest treball quina és la quantitat de missatges que es passen els agents. Aquests punts i d'altres són bàsics per avaluar correctament el sistema. Cal remarcar que aquest sistema es troba en una fase inicial i que encara queda molt treball per realitzar. Per últim, recordar que no s'implementa cap mecanisme de restauració de falles i des del moment en que es vol garantir una certa qualitat de servei cal assegurar també una restauració ràpida, almenys en alguns dels trànsits més prioritaris.

## 5.5 La nostra proposta: Marzo, Vilà, Fabregat 2000, Vilà, Marzo, Fabregat, Harle 1999.

Aquesta proposta [Vilà et al. 1999] [Marzo et al. 2000] arriba per part d'un grup de recerca de la Universitat de Girona del que forma part l'autor d'aquest article. Es tracta d'un sistema que encara es troba en una fase de desenvolupament igual que en el cas anterior. L'arquitectura dels agents però, està ben definida i s'han publicat diferents resultats en aquest sentit.

- a) El principal objectiu d'aquesta arquitectura és integrar-se al màxim amb els protocols de control con-

vencional de les xarxes ATM i proporcionar una millor gestió de la xarxa lògica integrant tots els mecanismes que afecten els camins virtuals i fent una gestió dinàmica dels mateixos. En darrer terme el que es pretén és millorar el rendiment de la xarxa traient el màxim profit dels recursos disponibles. Com a objectius secundaris hi ha el d'aconseguir una bona escalabilitat i robustesa del sistema. La idea és que si el sistema de gestió dels VP mitjançant agents falla la xarxa no quedí fora de servei. Per últim, una altre objectiu és que no sigui necessari aplicar el sistema d'agents a tota la xarxa, sinó que es pugui aplicar només en alguna part.

- b) Les tasques principals que pretén realitzar aquest sistema són les que afecten als camins virtuals, és a dir, l'adaptació dinàmica de l'ample de banda dels VP, la seva restauració automàtica en cas de falles (usant mecanismes híbrids de restauració) i la gestió de les capacitats residuals dels enllaços. En cap moment es pretén realitzar un control del mecanisme de CAC per l'establiment de VCs ni tampoc es pretén gestionar l'encaminament dels VCs dins dels VPs. Aquestes dues tasques les realitzarien els mecanismes convencionals ATM independentment de la gestió dinàmica dels VP. Aquest sistema no intenta substituir els mecanismes de control ATM actualment utilitzats, sinó que el que s'intenta és automatitzar la gestió dels VPs que avui en dia es fa de forma manual per part dels administradors de xarxa.
- c) En aquest sistema multi-agent s'hi poden trobar dos tipus diferents d'agents. En primer terme hi ha un grup d'agents del tipus reactiu que tenen com a principal tasca la de monitoritzar els diferents camins virtuals i enllaços físics per tal de detectar qualsevol problema, reaccionar d'una forma ràpida, i implementar el mecanisme de restauració pre-planejada. Aquests agents s'anomenen agents de monitorització (agents M) i són molt senzills, no tenen una representació del món que els envolta, només les dades indispensables per realitzar les seves tasques. Es tracta d'agents basats en regles. El nombre d'aquests agents varia segons es creïn o destrueixin camins virtuals.

El segon grup d'agents, els agents de planificació (agents P), és del tipus deliberatiu i aquest grup es manté estàtic. Hi ha un agent d'aquest tipus responsable de cada node. La seves tasques són les de planificar la xarxa lògica així com els VP de reserva per

la restauració pre-planejada, gestionar dinàmicament els VP i les capacitats residuals i implementar el mecanisme de restauració dinàmica. Aquests agents estan basats amb una estructura interna força complexa, utilitzant una base de coneixement per mantenir un model parcial de la xarxa, algorismes de planificació (optimització) que utilitzen regles heurístiques, i un conjunt d'algorismes o mecanismes per realitzar tasques concretes com ara la restauració dinàmica. Una de les tasques d'aquests agents és la de crear o destruir agents del tipus M segons es creïn o destrueixin camins virtuals.

- d) Dels paràgrafs anteriors es pot deduir que l'arquitectura d'aquest sistema d'agents és del tipus jeràrquica amb uns agents molt simples i reactius (M) situats a un nivell més baix i que realitzen tasques de monitorització, i uns agents deliberatius (P) que estan situats a un nivell superior i controlen els agents M. Una de les principals avantatges de realitzar això d'aquesta forma és que els agents P no han d'estar pendents de monitoritzar la xarxa i pendents de les possibles alarmes o problemes i poden dedicar-se a planificar. Els agents M només avisen als agents P en el cas que es detecti algun problema a la xarxa. Cadascun dels agents P és l'en-carregat de controlar un grup d'agents M, concretament tots els agents M que es troben en el mateix node que l'agent P.
- e) Pel que fa als mecanismes de negociació i/o coordinació entre els agents, aquests són molt bàsics. Entre els agents M i P no hi ha cap tipus de negociació, ja que es tracta d'agents subordinats que realitzen unes tasques molt concretes, simplement els agents M monitoritzen unes certes variables de l'entorn i avisen a l'agent P, del que depenen, quan es detecta un problema. L'agent P també pot comunicar als seus respectius agents M nous valors de les variables a monitoritzar i/o les dades necessàries per procedir automàticament a realitzar una restauració pre-planejada. Entre els agents P, hi ha diferents mecanismes de cooperació. Els agents P sempre coneixen la topologia i característiques de la xarxa física, però cal aclarir que degut a l'objectiu d'aconseguir una bona escalabilitat un determinat agent P no està autoritzat a comunicar-se amb tots els demés agents P, només amb els seus veïns de xarxa lògica i física. Aquesta restricció en les comunicacions influeix també en el fet de que, en principi, no hi ha una

visió global de la xarxa per part de cap agent P sinó que mantenen visions parcials (si no és que la xarxa sigui molt petita o tots els nodes estiguin connectats entre ells). Básicamente, pel procés de planificació dels VP, els diferents nodes P demanen quina és la visió de la xarxa que tenen els seus veïns (els quals fan el mateix successivament) i a partir d'aquesta informació parcial realitzen la planificació individualment pels seus VPs. Aquesta planificació normalment no serà la més òptima per tota la xarxa sencera, però per mantenir una bona escalabilitat es sacrifica el fet de no poder fer una planificació global òptima. Quan degut a algun problema es realitza un canvi a la xarxa l'agent P que realitza el canvi avisa a tots els seus veïns perquè actualitzin la seva visió parcial de la xarxa i si és necessari, realitzin algun canvi més. Així doncs hi ha una cooperació entre els diferents agents P però no hi ha cap mecanisme de negociació específic.

En darrer terme cal afegir que s'intenta minimitzar els canvis a la xarxa lògica, ja que massa canvis a la mateixa poden provocar una degradació del rendiment. Així doncs només es produiran canvis a la xarxa quan un agent P detecti algun problema. No es tracta en cap cas de mantenir constantment la

xarxa en òptimes condicions realitzant canvis periòdicament. L'objectiu final és sempre el d'intentar minimitzar el nombre de trucades rebutjades (minimitzar la probabilitat de bloqueig), o el que és el mateix intentar acceptar el màxim nombre de trucades adaptant les capacitats dels diferents VP, tenint sempre en compte les relacions entre aquesta gestió dinàmica de capacitats i els mecanismes de restauració i gestió de capacitats residuals.

- f) La distribució física dels agents és la que es pot veure a la figura 14. A cadascun dels nodes de la xarxa hi ha un únic agent P. A més a més hi ha un nombre variable d'agents N segons la quantitat de camins虚拟s que hi hagi establerts. Per exemple, al node 2 hi ha un agent de planificació P2, dos agents M que monitoritzen enllaços físics amb els nodes veïns físics (M2.2 i M2.3) i dos agents M més que monitoritzen dos VPs cap a nodes veïns lògics. Per il·lustrar la restricció comentada anteriorment en les comunicacions dels agents P entre ells, per exemple dir que aquest mateix agent P2 pot comunicar-se directament amb els agents P1 i P3 ja que són els seus veïns lògics (també són els seus veïns físics) en canvi no es pot comunicar directament amb l'agent P4 ja que no és veí lògic ni físic. En canvi per exemple l'agent P1 es pot comunicar amb tots els altres (P2, P3 i P4) ja que és veí lògic i/o físic de tots ells.

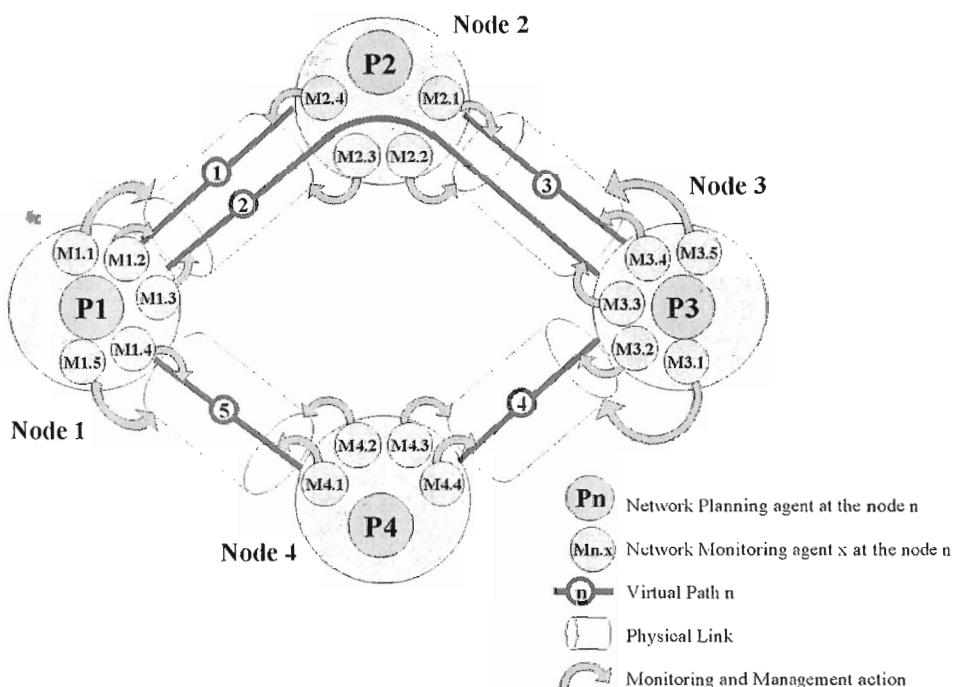


Figura 16: Distribució dels dos diferents tipus d'agents en els nodes de la xarxa física (figura original).

# Articles

- g) És molt difícil aconseguir una bona escalabilitat en els sistemes de control distribuïts. En aquest cas, pel que fa al nombre d'agents, sobretot al nombre d'agents complexes (tipus P), no creix d'una forma desmesurada a mesura que creix la xarxa (un nou agent P per cada nou node). Els agents N són extremadament simples i no representen un problema greu. Pel que fa a les comunicacions entre els agents, els agents N es comuniquen amb l'agent P del que depenen d'una forma interna dins del propi node. Alguns agents N entre nodes veïns poden utilitzar algunes cel·les ATM especials del tipus OAM (*Operations and Maintenance*) per realitzar alguna tasca concreta de monitorització entre dos nodes, però la càrrega que representa això a la xarxa és molt petita, ja que es tracta de missatges d'una sola cel·la i a més aquests cel·les OAM no passen per les cues del trànsit normal en els commutadors ATM. Pel que fa als missatges entre els agents P, aquests només es produueixen quan hi ha algun canvi a la xarxa (ja s'ha dit que s'intenta minimitzar el nombre de canvis) i degut a la restricció de que només es poden comunicar amb els agents veïns s'aconsegueix que no hi hagi una quantitat exagerada de missatges de gestió a la xarxa. Es poden trobar més detalls sobre l'escalabilitat del sistema en un estudi realitzat a [Vilà i Marzo 2000].
- h) La plataforma sobre la qual es desenvolupa aquest sistema multi-agent és l'entorn Java. Aquest llenguatge de programació disposa de moltes eines diverses per la comunicació entre processos, a més a més de tractar-se d'un entorn multi-plataforma. No s'ha desenvolupat cap mecanisme específic de comunicació o cap plantilla bàsica d'agent com en el cas anterior. Donat que un sistema d'aquest tipus té sentit quan es tracta de gestionar xarxes d'una mida considerable, els experiments es porten a terme utilitzant un simulador per la xarxa ATM.
- i) Un dels problemes més importants podria ser el fet de que no es faci una optimització global de la xarxa, ja que s'ha considerat prioritari el fet de tenir una bona escalabilitat. De fet aquest sistema de gestió encara està en una fase de desenvolupament i proves i una de les qüestions importants a avaluar és si els canvis a la xarxa lògica per part d'un agent provoquen o no altres canvis en cadena segons sigui la mida i l'ocupació de la xarxa. També cal encara definir un mecanisme de sincronització entre els diferents agents P, ja que poden actuar al mateix temps sobre els mateixos recursos i això podria provocar possibles inconsistències o mal

funcionaments de la xarxa. El principal avantatge d'aquest plantejament és la integració entre els diferents mecanismes que afecten directa o indirectament a canvis en els camins virtuals, tenint en compte les relacions entre ells.

## Altres treballs en aquest entorn.

Com és lògic pensar, hi ha molt altres treballs relacionats amb sistemes multi-agent aplicats en el món de les telecomunicacions. Els presentats aquí són un exemple il·lustratiu de la recerca específica en sistemes multi-agent estàtics (no sistemes d'agents mòbils) en un camp concret de la gestió de xarxes com és el de la gestió dinàmica dels recursos.

Un exemple semblant als exposats pot ser el *Lucent Technologies White Paper* [Lucent 1997] on presenta un sistema multi-agent amb uns agents deliberatius que realitzen una gestió més a llarg termini (no un control a curt termini) de xarxes heterogènies. En aquest treball s'intenta demostrar que els sistemes multi-agent són capaços de gestionar xarxes molt grans i heterogènies d'una manera més eficaç que altres mecanismes convencionals.

Un altre projecte interessant i de gran envergadura és el que es va dur a terme en el si d'EURESCOM [[www.eurescom.de/public/projects/P700-series/P712/P712.htm](http://www.eurescom.de/public/projects/P700-series/P712/P712.htm)] amb la intenció d'estudiar l'aplicabilitat dels agents intel·ligents, estàtics i mòbils, en les tasques de gestió de xarxes i de serveis.

Cal mencionar també la gran quantitat de propostes que hi ha per realitzar diferents tasques de gestió de xarxes en el camp dels agents mòbils [Biesczad et al. 1998] [Magedanz i Eckardt 1996]. Moltes de les propostes basades amb agents mòbils tracten el tema de l'encaminament i/o el mapeig de xarxes. Un cas particular són els agents mòbils que actuen seguint un esquema de la natura, concretament imitant el comportament de les formigues. Un exemple d'aquest darrer cas és [Schoonderwoerd et al. 1997]. Un altre cas semblant és el de [Bonabeau et al. 1999].

Un entorn diferent on s'estan aplicant sistemes multi-agent per realitzar una gestió dinàmica dels recursos és les xarxes de telefonia mòbil. Dos exemples en aquest sentit, tots dos usant una arquitectura d'agents jeràrquica amb una capa inferior d'agents reactius i una o més capes d'agents deliberatius, són el treball [Bodenese i Cuthbert, 1999] i el projecte SHUFFLE [[www.ist-shuffle.org](http://www.ist-shuffle.org)]. El pri-

# Articles

Proposta	Davison, Hardwicke, Cox (BT).	Somers, Evans, Kerr, O'Sullivan (Broadcom).	Bigham, Cuthbert, Hayzelden, Luo (QMUL).	Marzo, Vilà, Fabregat, Harle (UdG).	Osinaike, Bourne, Phillips (QMUL).
Objectiu principal	Automatitzar la gestió. Maximitzar l'ús dels recursos. Escalabilitat.	Integrar gestió centralitzada i distribuïda. Escalabilitat.	Demostrar l'aplicabilitat en una xarxa real.	Integració dels diferents mecanismes de gestió de VPs.	Mecanismes per poder garantir millor la qualitat de servei.
Tasques i entorn	ATM. Gestió dinàmica de VPs.	ATM. Gestió completa de xarxa (FCAPS).	ATM. CAC, gestió dinàmica de VP i balanceig de càrrega.	ATM. Gestió dinàmica de VP, restauració i capacitat residual.	MPLS. Reencaminament de LSP i gestió de les FEC.
Tipus d'agents	Reactius, molt autònoms.	Deliberatius, força complexes.	Reactius i deliberatius.	Reactius i deliberatius.	Deliberatius.
Arquitectura	Dos subsistemes independents d'un sol nivell.	Jerarquia de 3 nivells de sistemes multi-agent.	Jerarquia de 2 nivells amb agents dedicats a funcions diferents.	Jerarquia de 2 nivells amb els 2 tipus diferents d'agents.	Sistema amb una sola capa d'agents.
Negociació, coordinació	Econòmic: oferta guanyadora.	Delegació/resolució de conflictes des de nivells superiors.	Visió manipulada del món. Econòmic: oferta guanyadora.	Compartició de dades entre els agents planificadors.	Compartició de dades entre els agents planificadors.
ACL	KQML modificat.	KQML ampliat.	Subconjunt KQML.	PropriJava.	PropriJava.
Distribució física	Diversos agents dels 2 subsistemes per node.	Un sistema multi-agent per varis nodes i eines de monitorització.	Els agents estan concentrats en els nodes origen.	Un agent deliberatiu i varis de reactius per node.	Un agent deliberatiu per node.
Escalabilitat	Bona.	Bona.	Problema degut a una gestió centralitzada.	Bona degut a una limitació de les comunicacions.	Bona pel que fa al nombre d'agents.
Plataforma	ZEUS (BT).	C++/CLIPS i CORBA.	Java i BAT agent.	Java.	Java.

Figura 17: Taula resum de les propostes comentades.

mer presenta un sistema d'agents estàtics per a l'assignació de canals en una xarxa de telefonia mòbil cel·lular. El segon és un projecte que encara es troba en desenvolupament i utilitzant també un sistema multi-agent estàtic realitza una gestió dinàmica dels recursos d'una xarxa de telefonia mòbil de tercera generació (UMTS).

Altres treballs interessants en aquest entorn, alguns dels quals difereixen força dels presentats en aquest estudi, es poden trobar en varis llibres i articles dedicats a sistemes d'agents aplicats al món de les telecomunicacions. Per exemple [Albayrak 1998] [Albayrak i Garijo 1998] [Albayrak 1999] [Hayzelden i Bigham 1999a] [Hayzelden i Bigham 1999b] [Hayzelden 1999] [Hayzelden i Bourne 2001] en són una bona mostra.

## 6. Anàlisi conjunt de les diferents propostes.

### Conclusions i treball pendent.

La principal conclusió que es pot treure d'aquest estudi és que l'ús de sistemes d'agents intel·ligents en el món de la gestió de xarxes ha demostrat en diferents projectes de recerca que és capaç de millorar el rendiment en

general de la xarxa, millorant la gestió dels recursos i automatitzant tasques que fins ara eren manuals o preprogramades pels operadors de xarxa. Donat que les xarxes cada vegada són més complexes, que el trànsit no para d'augmentar, i sobretot a l'aparició de nous serveis que requereixen una certa qualitat de servei, es fa quasi imprescindible que en el futur proper les grans companyies de telecomunicacions, que gestionen grans xarxes troncals, apliquin sistemes d'aquest tipus. Això també ve indicat per la gran quantitat d'esforços que dediquen moltes d'aquestes companyies a fer recerca i a desenvolupar sistemes d'agents, no només aplicats a la gestió de xarxa sinó a un ampli espectre del món de les telecomunicacions.

De les característiques comunes de les propostes exposades a l'apartat 5 es poden deduir el que es podrien anomenar les propietats que han de tenir els sistemes d'agents aplicats a la gestió de xarxes, i més concretament a la gestió dinàmica de recursos. La figura 17 mostra una taula resum de les principals característiques de les propostes estudiades.

# Articles

Les característiques de les diferents propostes es poden treure unes quantes conclusions respecte a aquest tipus de sistemes:

## 1) Arquitectura del sistema multi-agent (Deliberatiu / Reactiu / Híbrid)

El sistema multi-agent cal que tingui una bona resposta a curt termini (proper al temps real) sobretot pels casos de la restauració de falles i de control d'admissió. Però també cal que es disposi d'algún mecanisme de planificació per determinar quins són els objectius dels agents i les accions a realitzar a l'hora de modificar la xarxa lògica. Això provoca que la majoria de sistemes presentin alguna part reactiva i alguna part deliberativa, ja sigui en agents diferents o en diverses funcionalitats dins d'un mateix agent.

## 2) Mètodes de planificació de la xarxa

Hi ha la necessitat d'una planificació global de la xarxa però alhora això sovint implica problemes d'escalabilitat degut a que aquesta planificació global típicament és centralitzada. En alguns casos no es realitza aquesta planificació, en d'altres casos el realitza en varis llocs a la vegada de forma coordinada. En qualsevol cas, fins a un cert punt pot ser que sigui un mal menor tenir una planificació centralitzada, ja que normalment el nivell de planificació no actua a curt termini, sinó a mig termini. Els mecanismes de planificació, en els casos en que s'expliquen, normalment estan basats en funcions o algorismes d'optimització d'un o varis paràmetres de la xarxa, i són els que s'han usat normalment en els mecanismes de gestió centralitzada convencional. Potser d'ona caldrà estudiar millor algun mecanisme de planificació distribuït no basat en funcions d'optimització globals de la xarxa.

## 3) Coordinació / negociació

Pel que fa als mecanismes de coordinació/negociació entre els diferents agents sembla que els més populars en aquest tipus d'entorn és el de tipus econòmic en el que davant d'una acció concreta que pot realitzar més d'un agent, aquests tots fan una oferta per realitzar l'acció en concret i llavors s'escull la millor segons uns determinats paràmetres. Pel que fa a la coordinació entre agents, abunden els mecanismes de delegar o repartir tasques entre agents d'un nivell inferior, marcant els seus objectius i la seva forma d'actuar.

## 4) Comunicacions, tipus d'ACL

Respecte a les comunicacions entre agents, hi ha

dos casos diferents: els sistemes d'agents que utilitzen algun tipus de llenguatge de comunicació d'agents estàndard, com ara el KQML, més o menys modificat o adaptat. L'altre cas és el que no utilitza cap tipus de llenguatge estàndard sinó els propis mecanismes desenvolupats pel cas específic. En principi el fet de necessitar un llenguatge de comunicació estàndard possibilita l'interacció del sistema amb altres sistemes desenvolupats per altres companyies o d'altres proveïdors de xarxa. Si això no és necessari sembla més lògic usar un llenguatge de comunicació dissenyat específicament pel problema a tractar.

## 5) Robustesa del sistema

Sembla desitjable també la propietat de que la xarxa continuï funcionant en el cas de que el sistema d'agents falli. En aquest cas la majoria de sistemes fallen, ja que sovint substitueixen completament als mecanismes de gestió convencionals. Només en els dos darrers casos sembla que si el sistema d'agents deixa de funcionar la xarxa encara pot continuar funcionant encara que d'una manera estàtica o "manual". Això és degut a que el sistema d'agents no substitueix els mecanismes de control convencionals sinó que d'alguna forma col·labora amb ells.

Encara hi ha molt camí per continuar avançant en aquest tipus de sistemes. Sembla que les bases ja estan col·locades, amb estudis de tota mena i una gran quantitat de propostes. Manca però que es presentin més resultats, no només basats en simulacions sinó que també més resultats basats en proves sobre xarxes reals. Les grans companyies de telecomunicacions encara no confien prou en els sistemes multi agent basats en tècniques d'intel·ligència artificial com per confiar-los-hi la gestió de les seves xarxes. Això és bàsicament perquè encara no consideren aquestes tècniques prou madures com per passar del camp de la recerca a l'aplicació real, afegint a més, que no s'està aplicant cap mecanisme de gestió dinàmica automatitzada de xarxes virtuals a cap xarxa real sinó que aquesta gestió es fa manualment per part dels operadors de xarxa. Val a dir que totes les grans companyies de telecomunicacions estan realitzant recerca en aquest camp. Sembla però que aquesta situació no trigarà massa temps a donar-se, sobretot potser des del mon MPLS que encara s'està definint, que ell mateix és una proposta i que s'està portant a terme molta recerca al seu voltant (en l'anomenat *Traffic Engineering*).

# Articles

## Referències.

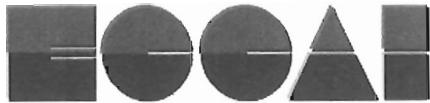
- [ALBAYRAK 1998] S. Albayrak (Ed.), *Intelligent Agents for Telecommunications Applications*, IOS Press © 1998, ISBN 90 5199 295 5.
- [Albayrak 1999] S. Albayrak (Ed.) *Intelligent Agents for Telecommunication Applications*, Proceedings of Third International Workshop, IATA'99, Stockholm, Sweden, August 9-10, 1999, Springer-Verlag, ISBN 3-540-66539-0, Lecture Notes of Artificial Intelligence vol. 1699.
- [ALBAYRAK I GARIO 1998] S. ALBAYRAK, F.J. GARIO (Eds.), 1998, *Intelligent Agents for Telecommunication Applications*, Proceedings of Second International Workshop, IATA'98, Paris, France, July 4-7, 1998, Springer-Verlag, ISBN: 3-540-64720-1, Lecture Notes of Artificial Intelligence vol. 1437.
- [ANDERSSON ET AL. 2001] L. ANDERSSON, P. DOOLAN, N. FELDMAN, A. FREDETTE, B. THOMAS, *LDP Specification*, RFC 3036, www.ietf.org.
- [ARMITAGE 2000] G. ARMITAGE, *MPLS: The Magic Behind the Myths*, IEEE Communications Magazine, January 2000.
- [BIESZCZAD ET AL. 1998] A. BIESZCZAD, B. PAGUREK, T. WHITE, *Mobile Agents for Network Management*, IEEE Communications surveys, 4th Quarter 1998, October 1998.
- [BIGHAM ET AL. 1999A] J. BIGHAM, L.G. CUTHBERT, A.L.G. HAYZELDEN, Z. LUO, *Multi-Agent System for Network Resource Management*, International Conference on Intelligence in Services and Networks, IS&N'99, Barcelona (Spain), April 1999.
- [BIGHAM ET AL. 1999B] J. BIGHAM, L.G. CUTHBERT, A.L.G. HAYZELDEN, Z. LUO, *Flexible Decentralised Control of Connection Admission*, Proceedings of IMPACT'99, Seattle (USA), December 1999.
- [BODANESE I CUTHBERT 1999] E.L. BODANESE, L.G. CUTHBERT, *Distributed channel allocation scheme for cellular networks using intelligent agents*, 7th International Conference in Telecommunications Systems, 18-21 March 1999, Nashville, Tennessee (USA).
- [BONABEAU ET AL. 1999] E. BONABEAU, M. DORIGO, G. THERAULAZ, *Swarm Intelligence. From Natural to Artificial Systems*, Oxford University Press 1999, ISBN 0-19-513159-2.
- [CHU I TSANG 1997] H.-W. CHU, H.K TSANG, *Modified Least Loaded Routing in Virtual Path based ATM Networks*, Telecommunications Systems Vol. 7, pp.45-57, 1997
- [COLLINS ET AL. 1998] J.C. COLLINS, D.T. NDUMU, H.S. NWANA, L.C. LEE, *The ZEUS agent building tool-kit*, BT. Technology Journal Vol 16 No3, July 1998.
- [DAVISON ET AL. 1998] R.G. DAVISON, J.J. HARDWICKE, M.D.J. COX, *Applying the agent paradigm to network management*, BT Technology Journal, vol 16 no 3, July 1998.
- [DZIONG ET AL. 1997] Z. DZIONG, *ATM network resource management* McGraw-Hill, 1997.
- [Finin 1997] Tim Finin, Yannis Labrou, James Mayfield, *KQML as an Agent Communication Language*, chapter 14 in book *Software Agents*, Edited by Jeffrey M. Bradshaw, AAAI Press / The MIT Press 1997, ISBN 0-262-52234-9.
- [FRIESEN ET AL. 1996] V.J. FRIESEN, J.J. HARMS, J.W. WONG, *Resource Management with Virtual Paths in ATM networks*, IEEE Network, vol 10 no 5, September/October 1996.
- [HARDWICKE I DAVISON 1998] JIM HARDWICKE, ROB DAVISON, *Software Agents for ATM Performance Management*, IEEE NOMS'98 Network Operations and Management Symposium, New Orleans (USA), February 1998.
- [HAYZELDEN 1998] ALEX L.G. HAYZELDEN, *Telecommunications Multi-Agent Control System (Tele-MACS)*, European Conference on Artificial Intelligence (ECAI 98), August 1998.
- [HAYZELDEN 1999] A. HAYZELDEN (Ed.), *Communications Networks and the IMPACT of Software Agents*, Proceedings of IMPACT'99, Seattle (USA), December 1999, ISBN 0904188647.
- [HAYZELDEN ET AL. 1999] A. HAYZELDEN, J. BIGHAM, Z. LUO, *A Multi-Agent Approach for Distributed Broadband Network Management*, 4th International Conference and Exhibition on Practical Application of Intelligent Agents and Multi-Agents, PAAM'99, London (UK), April 1999.
- [HAYZELDEN I BIGHAM 1997] ALEX HAYZELDEN, JOHN BIGHAM, *Management of ATM Resource Configuration, Automated by Distributed Agent Control*, IEE 4th Network Communications Symposium, Manchester (UK), July 1997.
- [HAYZELDEN I BIGHAM 1998] A.L.G. HAYZELDEN, J. BIGHAM, *Heterogeneous Multi-Agent Architecture for ATM Virtual Path Network Resource Configuration*, Intelligent Agents for Telecommunications Applications (IATA 98), June 1998.
- [HAYZELDEN I BIGHAM 1999A] ALEX L.G. HAYZELDEN, J. BIGHAM, *Agent Technology in Communications Systems: An Overview*, Knowledge Engineering Review, vol. 14.4, 1999.
- [HAYZELDEN I BIGHAM 1999B] A. HAYZELDEN, J. BIGHAM (Eds.), *Software Agents for Future Communications Systems*, Springer-Verlag © 1999, ISBN 3-540-65578-6.
- [HAYZELDEN I BOURNE 2001] ALEX L.G. HAYZELDEN AND RACHEL A. BOURNE (Eds.), *2001 Agent Technology for Communications Infrastructure*, 2001, John Wiley & Sons Ltd, ISBN 0-471-49815-7.
- [KAWAMURA I OHTA 1999] RYUTARO KAWAMURA, HIROSHI OHTA, *Architectures for ATM Network Survivability and Their Field Deployment*, IEEE Communications

# Articles

- Magazine, August 1999.
- [KYAS 1995] OTHMAR KYAS, *ATM networks*, International Thomson Computer Press, 1995, ISBN 1-85032-128-0
- [LE BOUDEC 1992] JEAN-YVES LE BOUDEC, *The Asynchronous Transfer Mode: a tutorial*, Computer Networks and ISDN Systems, vol 24, no 4, May 1992.
- [LUCENT 1997] LUCENT TECHNOLOGIES WHITE PAPER, *Proactive Problem Avoidance and QoS Guarantees for Large Heterogeneous Networks*, Copyright 1997 by Lucent Technologies, Rensselaer Polytechnic Institute, and Pennsylvania State University. URL: <http://www.cs.rpi.edu/~kaplown/finalproposal.html>.
- [LUO ET AL. 1999] Z. LUO, J. BIGHAM, L.G. CUTHBERT, A.L.G. HAYZELDEN, *Traffic Control and Resource Management using a Multi-Agent System*, 5th International Conference on Broadband Communications, Hong Kong (China), November 1999.
- [MAGEDANZ ET AL. 1996] T. MAGEDANZ, K. ROTHERMEL, S. KRAUSE, *Intelligent Agents: An Emerging Technology for Next Generation Telecommunications?*, INFOCOM'96, San Francisco, USA, March 1996.
- [MAGEDANZ I ECKARDT 1996] T. MAGEDANZ, T. ECKARDT, *Mobile Software Agents: A new Paradigm for Telecommunications Management*, IEEE/IFIP NOMS'96 Network Operations and Management Symposium, Japan, April 1996.
- [MARZO ET AL. 2000] J.L. MARZO, P.VILÀ, R. FABREGAT, *ATM network management based on a distributed artificial intelligence architecture*, Accepted in 4th International Conference on Autonomous Agents, AGENTS'2000, Barcelona (Spain), June 2000.
- [NWANA I NDUMU 1999] HYACINTH S. NWANA, DIVINE T. NDUMU, *Agents of Change in Future Communication Systems*, A.L.G. Hayzelden & J. Bigham (Eds.), *Software agents for future communications systems*, Springer Verlag, 1999, ISBN 3-540-65578-6.
- [O'BRIAN I NICOL 1998] P.D. O'BRIAN, R.C. NICOL, *FIPA - towards a standard for software agents*, BT Technology Journal Vol #6 No3 July 1998.
- [OSINAIKE ET AL. 2001] GREG OSINAIKE, RACHEL BOURNE, CHRIS PHILLIPS, *Agent-Based Dynamic Configuration of Differentiated Traffic using MPLS with CR-LDP Signalling*, 17th UK Teletraffic Symposium UKTS 2001, May 16-18, Dublin, Ireland.
- [SATO ET AL. 1990] KEN-ICHI SATO, SATORU OHTA, IKUO TOKIZAWA, *Broad-Band ATM Network Architecture Based on Virtual Paths*, IEEE Transactions on Communications, vol 38 no 8, August 1990.
- [SCHOONDERWORLD ET AL. 1997] R. SCHOONDERWORLD, O. HOLLAND, J. BRUTEN, *Ant-like agents for load balancing in telecommunications networks*, Proceedings of 1st International Conference on Autonomous Agents. Marina del Rey, California (USA), February 5-8, 1997.
- [SOMERS 1996] FERGAL SOMERS, *HYBRID: Unifying Centralised and Distributed Network Management using Intelligent Agents*, IEEE/IFIP NOMS'96, Network Operations and Management Symposium, April 1996.
- [SOMERS ET AL. 1997] FERGAL SOMERS, RICHARD EVANS, DAVID KERR, DONIE O'SULLIVAN, *Scalable low-latency network management using intelligent agents*, ISS'97, XVI World Telecom Congress, September 1997
- [SONG ET AL. 1997] H-G. SONG, H. LEE, B. MOON, S-J. CHUNG, *Dynamic Re-routing for ATM Virtual Path Restoration*, IEEE GOBECOM'97 Global Telecommunications Conference – Phoenix (USA), November 1997.
- [STRUYVE I DEMEESTER 1996] K. STRUYVE, P. DEMEESTER, *Escalation Between Recovery Schemes: Beyond ATM Backup Recovery*, IEEE GLOBECOM'96 Global Telecommunications Conference – London (UK), November 1996.
- [SYKAS ET AL. 1991] E.D. SYKAS, K.M. VLAKOS, M.J. HILLYARD, *Overview of ATM networks: functions and procedures*, Computer Communications, vol 14, no 10, December 1991.
- [VEITCH 1996] PAUL A. VEITCH, PhD THESIS, *Virtual Path Restoration Techniques for Asynchronous Transfer Mode Networks*, University of Strathclyde, 1996.
- [VILÀ ET AL. 1999] P. VILÀ, J.L. MARZO, R. FABREGAT, D. HARLE, *A Multi-Agent Approach to Dynamic Virtual Path Management in ATM Networks*, IMPACT'99, Seattle (USA), December 1999.
- [VILÀ I MARZO 2000] PERE VILÀ, JOSEP L. MARZO, *Scalability Study and Distributed Simulations of an ATM Network Management System based on Intelligent Agents*, In proceedings of SCS Symposium on Performance Evaluation of Computer and Telecommunication Systems, SPECTS'2000, Vancouver (Canada), 16-20 July 2000.
- [XIAO 2000] X. XIAO, A. HANNAN, B. BAILEY, L.M. NI, *Traffic Engineering with MPLS in the Internet*, IEEE Network Magazine, March 2000.
- [XIONG I MASON 1999] YIJUN XIONG, LORNE G. MASON, *Restoration Strategies and Spare Capacity Requirements in Self-Healing ATM Networks*, IEEE/ACM Transactions on networking vol.7 no.1, February 1999.
- [YAHARA I KAWAMURA 1997] TAISHI YAHARA, RYUTARO KAWAMURA, *Virtual Path self-healing scheme based on multi-reliability ATM network concept*, IEEE GLOBECOM'97, November 1997.
- [YAHIA I ROBACH 1997] S. BEN YAHIA, C. ROBACH, *Self-Healing Mechanisms in ATM Networks: The Role of Virtual Path Management Functions*, IEEE ICC'97 International Conference in Communications, June 1997.

Pere Vilà  
perev@silver.udg.es

# Notícies i el Racó del Soci



## Report-resum de la reunió de la Assemblea General de ECCAI el dia 6 de Juliol de 2001 a Praga.

Ramon López de Mántaras i Badia

El tresorer va informar que ECCAI disposa d'un saldo positiu de 75302 EUR. Entre els suggeriments que es van fer cal destacar el de fer servir una part important d'aquesta suma per donar beques a estudiants de doctorat per que puguin assistir als congressos ECAI amb preferència pels que hi tinguin treballs acceptats.

Els organitzadors de l'ACAI 2001 (Advanced Course on Artificial Intelligence) que va tenir lloc a Praga les dues primeres setmanes de juliol, varen informar que hi va haver 122 participants, 19 dels quals espanyols (tercer país en nombre de participants darrera UK amb 39 i França amb 25) i d'aquests 19, gairebé la meitat de Catalunya. Es varen concedir 10 beques a estudiants per participar a l'ACAI a estudiants dels següents països: Itàlia, Noruega, França, Eslovènia, Espanya i Grècia. Dues d'aquestes beques varen ser per estudiants membres d'ACIA.

Per fi s'han solucionat els problemes de l'accés electrònic a la revista AICOM. Heu rebut a primers de setembre un email amb el nou URL. El username i password són els mateixos que abans.

Es obert el termini per proposar candidatures pel ACAI'03. Sembla ser que Uppsala estan interessats a organitzar-lo.

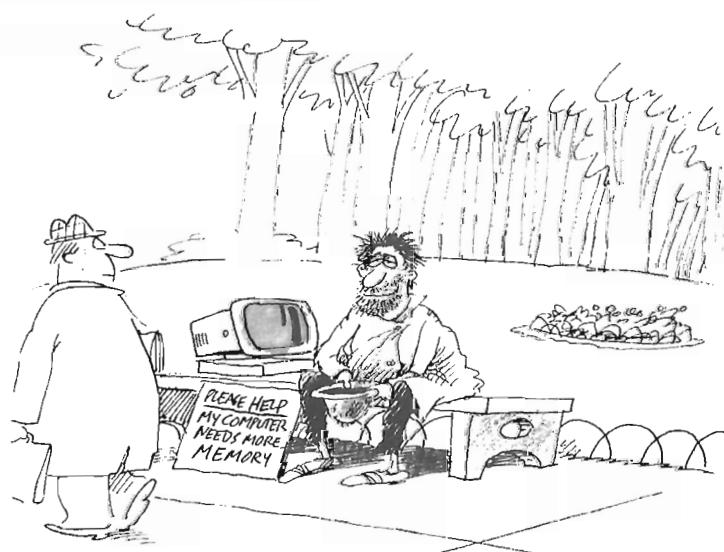
Hi va haver 8 tesis doctorals candidates pel "ECCAI dissertation award". La tesi premiada va ser la d'en Christian Frei, realitzada al "AI Lab" del "Swiss Federal Institute of Technology" de Lausanne. La data límit per presentar tesis al premi corresponent a l'any 2001 és el 31 de gener del 2002. Poden ser candidates les tesis d'excepcional qualitat llegides entre l'1 de desembre del 2000 i el 30 de novembre del 2001.

Aquest any s'han elegit 8 nous Fellows d'ECCAI: Bernhard Nebel (Alemanya), Hans-Hellmut Nagel (Alemanya), Marie-Odile Cordier (França), Jean-Paul Haton (França), Vadim Stefanuk (Rússia), Bob Wielinga (Holanda), Luis-Moniz Pereira (Portugal), Ivan Bratko (Eslovènia). Amb aquests 8 nou Fellows, el nombre total és de 40. La data límit per presentar noves candidatures és el final de Març del 2002.

Es va decidir instaurar la figura de "Conference Chair" pels congressos ECAI. El Conference Chair serà la màxima autoritat del congrés. El primer congrés que tindrà Conference Chair serà el del 2004 que com tots sabeu se celebrarà a València.

Finalment, us recordo que podeu trobar tota la informació sobre ECCAI a la web: <http://www.eccai.org>.

Ramon López de Mántaras i Badia  
mantaras@iiia.csic.es



Publicat a MARRIED TO A COMPUTER il·lustració d'en

