

SECCIÓ II

DESCRIPCIÓ DEL PROTOCOL PROPOSTA-PETICIÓ

INTRODUCCIÓ

La descripció d'un protocol de comunicació consisteix a exposar d'una manera entenedora, clara i exhaustiva els procediments que usen les entitats en el transcurs de la seva interacció.

El següent capítol (capítol tercer) descriu amb llenguatge natural els aspectes essencials, el propòsit, les funcions i les accions del protocol proposta-peticció amb la finalitat de donar una visió bàsica del seu funcionament i del fet que serveixi d'ajut per a l'enteniment dels procediments que s'utilitzen a l'hora de compartir el canal de comunicació.

Ara bé, una descripció basada en el llenguatge natural no és la més adequada excepte en casos molt senzills, atesos els nivells de complexitat habitual dels protocols, ja que la descripció realitzada així patirà d'una falta de precisió i d'una inherent ambigüitat que la fa susceptible de donar lloc a falses o diferents interpretacions a les persones que l'han de dur a la pràctica; A causa d'això cal cercar una aproximació sistemàtica de la descripció que permeti d'expressar amb la necessària precisió tots els aspectes del protocol. A més si la definició formal és

executable, podem automàticament validar el disseny [Danthinel1980], validar el protocol i assegurar que és lliure d'anomalies, blocatges i altres errors de disseny . [Reiser1982].

En el capítol quart es presenta la descripció formal del protocol proposta-peticció. Entre els esquemes generals de descripció formal de protocols s'ha triat el Mètode d'Especificació de la Màquina Estesa d'Estats Finites ja que tal com indica Chung, (Chung1984), aquesta tècnica de descripció, a diferència de les altres tècniques, ha arribat a un alt grau de maduresa i a una bona acceptació entre els dissenyadors de protocols, i proporciona els mitjans per a especificar precisament, ordenadament i estructuradament els protocols de comunicació.

Les primeres seccions d'aquest capítol quart presenten els estats, els estímuls, les accions i les variables del protocol, de cara a muntar després l'estructura de la descripció formal.

CAPÍTOL 3

ELEMENTS DE L'OPERACIÓ DEL PROTOCOL PROPOSTA-PETICIÓ

3.1 INTRODUCCIÓ

El protocol proposta-petició és aplicable al control de l'accés de les estacions connectades a un canal de comunicació de topologia bus. Aquesta topologia presenta unes característiques específiques de les quals cal remarcar:

- Totes les estacions estan connectades en paral·lel al canal. Així, quan una estació transmet/ totes les estacions de la xarxa reben el senyal enviat. D'altres estacions poden interferir amb les seves transmissions la de la primera, però no es pot predir com quedarà d'alterat el senyal transmès encara que, en general, perdrà el seu significat original.
- Quan una estació rep una trama vàlida pot inferir que alguna estació l'ha transmès i que tota la resta d'estacions també l'han rebut.
- No és necessari que totes les estacions connectades

al bus estiguin a l'anell lògic, sinó només aquelles que desitgen transmetre. Les estacions s'anomenen actives quan alhora poden transmetre i rebre missatges de dades i passives quan només en poden rebre. Només les estacions actives poden estar dins l'anell lògic.

- No es pot garantir que totes les estacions tinguin una percepció comuna de l'estat de la xarxa en cada instant de temps, ja que les estacions estan separades físicament i es produeix un retard de propagació dels senyals que circulen pel canal.

Per tal de simplificar l'exposició, en el decurs dels següents capítols assumirem que a la xarxa hi ha connectades un total de N estacions i que aquestes tenen un identificador • correlatiu que pren valors des d' 1 fins a N . També considerem que la xarxa és lliure d'errors i que els senyals transmesos sempre arriben correctament a totes les estacions de la xarxa.

3.2 OPERACIÓ BÀSICA

El mètode proposat en aquesta tesi pertany al grup dels mecanismes d'accés per selecció. La seva característica essencial està relacionada amb la manera com assignem el canal als usuaris. Aquesta es basa en el seguiment de l'anell lògic d'una manera virtual (anell virtual sobre anell lògic).

La seqüència d'estacions que va recorrent l'algorisme de selecció té una estructura cíclica, per tal que totes les estacions puguin arribar a transmetre en algun moment del cicle. Aquesta estructura cíclica forma un anell lògic (que evoluciona sobre una topologia bus). L'anell lògic està format per la seqüència ordenada de les estacions actives connectades al bus. L'anell virtual es forma, en cada cicle, per la seqüència d'estacions efectivament explorades per l'algorisme de selecció i que han transmès algun missatge de dades.

L'algorisme d'assignació del canal usat pel protocol proposta petició consisteix en la selecció de la següent estació condicionada al fet que totes les estacions amb missatges de dades pendents puguin ésser seleccionades durant el cicle actual.

L'evolució de l'algorisme d'assignació definit en aquest protocol s'inicia amb la selecció condicional d'una estació situada a una distància circular 1 de l'última estació que ha estat efectivament seleccionada; Definim la

distància circular, 1 , a la diferència entre les posicions o adreces en el sentit d'exploració circular de l'algorisme de selecció, de dues estacions que estan incloses en l'anell lògic d'exploració. La selecció està condicionada al fet que les estacions de l'anell lògic recobertes (incloses circularment entre aquestes dues estacions) no tinguin pendent de transmetre cap missatge de dades. Si no es compleix aquella condició, cal iniciar un procés de cerca que permeti l'accés al canal a les estacions que tenen missatges de dades pendents i que estan a una distància circular inferior a 1 . (Figura FCAP3.1).

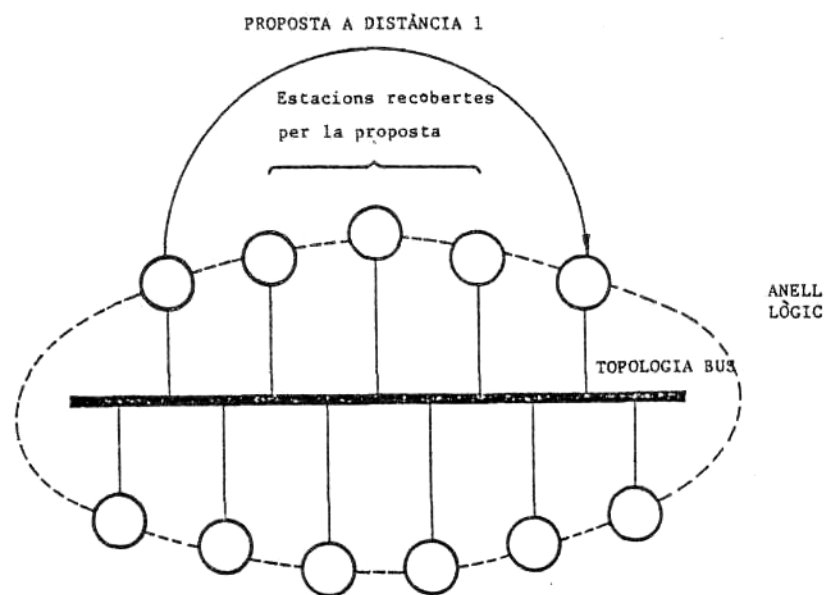


Figura FCAP3.1 Anell lògic sobre topologia bus.

Aquest algorisme de selecció es pot instrumentar emprant dues primitives: Proposta i Petició.

La Proposta consisteix a estimar la següent estació que pot necessitar transmetre i en proposar (seleccionar condicionalment) aquesta estació. La Petició és un missatge especial de demanda de selecció que envien les estacions recobertes per la proposta quan aquestes tenen missatges de dades pendents de transmetre.

L'algorisme es pot executar centralitzadament per una estació que fa les funcions d'àrbitre, o distribuïdament entre totes les estacions de la xarxa.

En el desenvolupament posterior, assumirem que la xarxa està controlada distribuïdament i que la selecció es realitza emprant un "testimoni" equivalent a l'emprat en els mètodes coneguts de pas de testimoni. En el cas centralitzat/ la selecció es realitzaria emprant un missatge de consulta similar als usats en els mètodes de Polling centralitzats, mentre que l'algorisme evolucionaria d'una manera paral·lela al cas distribuït.

3.3 DESENVOLUPAMENT DE L'ALGORISME

El desenvolupament de l'algorisme proposat és el següent:

- Proposta de traspàs del testimoni: L'estació que controla el testimoni estima quina és la següent estació que el necessita. A continuació transmet una Proposta a l'estació estimada. La proposta es pot interpretar com una transferència condicional del testimoni que es pot expressar mitjançant la pregunta: Hi ha alguna estació entre la meua i l'estimada que tingui missatges de dades pendents? Després d'enviar la proposta/ s'espera un interval de temps (temps de petició) per a permetre que les estacions recobertes puguin fer una petició del testimoni. (Excepte en el cas d'enviar la proposta a una estació, a una distància física de +1, ja que en aquest cas no pot quedar recoberta cap estació).

- Petició del dret: Atès que es coneix l'adreça de l'estació anterior (la que envia el dret), les estacions amb les seves adreces compreses circularment entre l'anterior i l'estimada, i que tenen si més no, un missatge de dades pendent en la seva cua, transmeten una petició. La petició és un missatge especial que pot ser sumat lògicament en el canal (com per exemple soroll sobre la banda de senyal).

- Si no s'ha transmès cap petició, (o l'estació estimada és la d'adreça següent) l'estació que havia enviat la proposta deixa de controlar el testimoni mentre que l'estació amb

l'adreça destinació de la proposta pren el control del testimoni.

- Si alguna estació ha transmès petició, l'estació estimada no pren el control del testimoni sinó que el continua mantenint l'estació que ha fet la proposta; Aquesta última inicia un procés de cerca de l'estació que serà el nou controlador del canal. El criteri de la cerca és orientat a la localització de l'estació més propera (circularment) a l'estació anterior i que ha transmès una petició. (Més d'una estació pot haver enviat la petició durant l'interval de petició, però l'objectiu de la cerca és la localització de la més propera entre totes elles). El procediment de cerca segueix l'esquema anterior però fa l'estimació de la següent estació amb un criteri binari, fins que es localitza la primera estació, en el sentit d'exploració del testimoni, que ha fet la petició. Un cop localitzada, aquesta estació transmet el seu missatge de dades i a continuació, se segueix el procediment general.

3.4 EL PROCÉS DE CERCA

La Cerca és un procés que s'inicia tant aviat com es detecta una petició en resposta a una proposta, i finalitza quan una estació envia un bloc de dades.

La Cerca està orientada a la localització de l'estació més propera a l'estació que ha enviat la proposta, (en el sentit de l'exploració), que té algun bloc de dades pendent a la seva cua.

El procés de cerca és un procés dicotòmic (binari) que té una certa semblança amb el conegut mètode d'aproximacions successives emprat per alguns conversors Analògic/Digitals. El procediment consisteix essencialment en el càlcul de la distància de la nova proposta com la meitat de la distància de la proposta anterior. El control del canal el manté l'estació que envia la proposta sempre que a continuació es rep una petició, mentre que el seu control es transfereix a l'estació proposada, en el cas contrari.

L'estació que controla el testimoni, quan després d'enviar una proposta rep una petició, envia una nova proposta a una estació que és a una distància que és la meitat de la distància emprada anteriorment. Si després d'haver esperat un període de petició, una o més de les estacions ara recobertes han enviat petició, el procés de cerca prossegueix tal com ja s'ha indicat; Però si cap estació no ha enviat petició, l'estació proposada pren el control del testimoni i envia o bé un missatge de dades, si és que en

té a la seva cua, o continua la cerca enviant una nova proposta a una estació que estigui a una distància mitjana entre aquesta i la següent més propera que, just després de rebre una proposta, havia detectat una petició. Quan una estació que ha enviat una petició queda efectivament seleccionada, pren el control del testimoni i transmet el(s) seu(s) missatge(s) de dades; La transmissió de missatges de dades és la que fa finalitzar el procés de cerca. A continuació es torna a seguir l'esquema general.

Aquest procediment garanteix que en el cicle se serveixen, en ordre correlatiu, totes les estacions que tenen blocs de dades en les seves cues, ja que la condició de cercar l'estació més propera circularment així ho imposa.

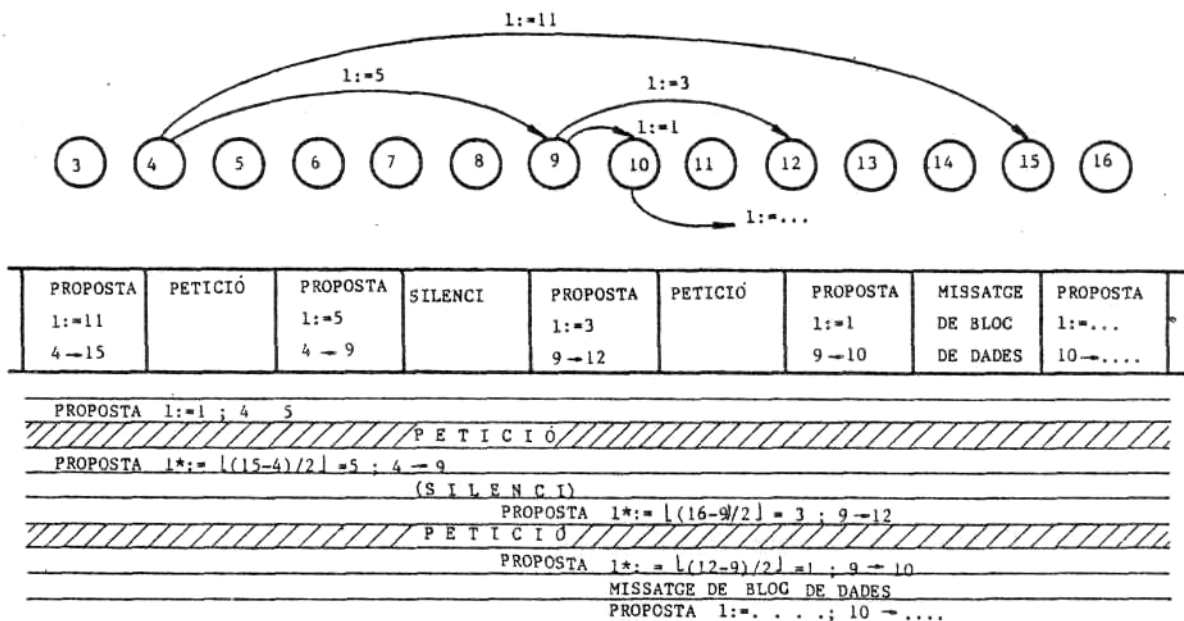


Figura FCAP3.2 Exemple del procés de cerca.

La figura FCAP3.2 mostra un exemple del procés de cerca. En aquest, se suposa que l'estació 4 ha estimat que ha d'enviar una proposta a l'estació 15, a una distància d'11;

Mentre espera l'interval de temps de petició, rep una petició, enviada per alguna de les estacions recobertes per la proposta (entre la 4 i la 15 ambdues excloses). Aquest fet inicia el procés de cerca; l'estació 4 envia una nova proposta a una distància $l := \lfloor (15-4)/2 \rfloor$, a l'estació 9; Durant el subsegüent interval de petició, cap estació no envia petició, l'estació 9 adquireix el testimoni i segueix la cerca entre les estacions 9 i 15, tot enviant la proposta a una distància $l := \lfloor (15-9)/2 \rfloor$, a l'estació 12; Durant el següent interval, alguna estació envia una petició, per la qual cosa l'estació 9 segueix la cerca i envia la proposta a una distància $l := \lfloor (12-9)/2 \rfloor$, a l'estació 10; L'estació 10 quan rep la proposta, com que té missatges de dades en la seva cua, no espera el temps de petició donat que està a una distància $l=1$ de l'anterior; per tant, envia el missatge de dades pendent, pren el control del testimoni i reassumeix el procés general estimant la següent estació a la qual enviarà la proposta.

En aquest exemple, l'anell lògic està format per totes les N estacions connectades a la xarxa, $(1, 2, \dots, N-1, N)$, mentre que, si suposem que les estacions que han enviat missatges de dades en aquest cicle són, a més a més de l'estació 10, les estacions 16, 18, 1 i 4, l'anell virtual ha estat format (en aquest cicle) per les estacions $(1, 4, 10, 16, 18)$.

La mitjana de passos $E[\gamma]$ per a aïllar l'estació que ha demanat el testimoni, dins del procés de cerca es pot deduir en funció de la distància l a la qual s'ha enviat

la proposta. (Apèndix A)

$$(f3.1) \quad E[\gamma] = \frac{1\xi - 2^{\xi} + 1}{1 - 1} ; \quad \xi = \min \left[\xi \geq \log_2 l \right] ; \quad \xi \in \mathbb{N}$$

Aquest valor mitjà del nombre de passos per a detectar l'estació més propera que ha enviat una proposta, es pot aproximar per una funció logarítmica de la distància l , $O(\log l)$, que tindrà avantatges sobre l'exploració seqüencial, lineal amb la distància, $O(l)$, quan la probabilitat que hi hagi una única estació pendent entre les estacions recobertes per la proposta sigui elevada.

$$(f3.2) \quad -E[\gamma] = m_{\gamma} \log l$$

A la figura FCAP3.3 es mostra un diagrama de transicions de les primitives de comunicació quan el protocol s'executa distribuïdament entre totes les estacions.

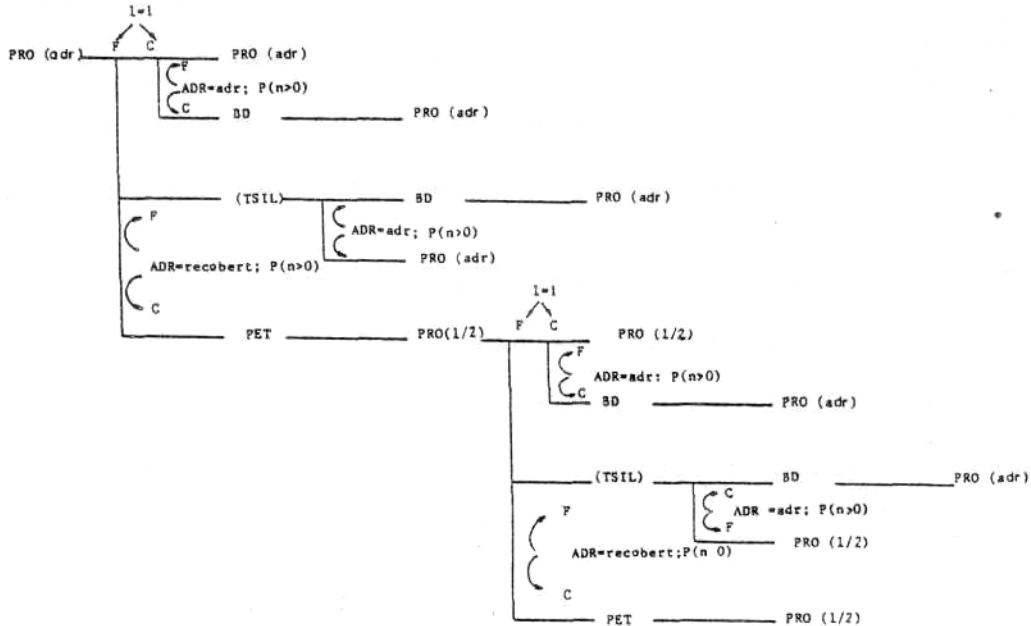


Figura FCAP3.3 Diagrama de transicions

3.5 CRITERIS D'ESTIMACIÓ DE LA SEGÜENT ESTACIÓ

Una de les propietats que presenta aquest protocol és que admet que es puguin emprar una varietat de criteris per a estimar quin serà la possible següent estació a la qual s'ha d'enviar la proposta. El criteri usat farà que el comportament de la xarxa adopti diferents característiques. Alguns criteris imposen en el protocol unes característiques estàtiques o fixes (criteris estàtics) mentre que d'altres modifiquen dinàmicament la seva estructura a mida que varien les condicions de funcionament de la xarxa (criteris adaptatius).

El criteri òptim fóra el que sempre estimés l'estació més propera (en el sentit de l'exploració) que tingués algun missatge de dades pendent de transmetre. Aquest criteri només podria ésser realitzable quan la distribució de les necessitats del usuaris és exactament coneguda o calculable. Però si els paràmetres de la xarxa segueixen distribucions generalment aleatòries, sembla preferible usar dades estadístiques (més que deterministes) de l'estat de la xarxa a l'hora d'estimar el següent usuari del canal.

Introduïrem aquí tres criteris per a l'estimació del següent usuari que, per diferents, motius tenen interès. Si anomenem distància l a la diferència circular entre l'adreça de la proposta anterior i l'adreça estimada:

-Criteri l_1 : $l:=1$; La proposta s'envia incondicionalment a la següent estació de l'anell lògic

d'una manera cíclica exhaustiva i ordenada. El protocol proposta petició quan utilitza el criteri 11 l'anomenarem protocol pppl1. Aquest protocol presenta un esquema rígid equivalent a l'esquema clàssic Token Passing Bus.

-Criteri l_m : $l := \lfloor N/m \rfloor$; on m és el nombre d'estacions que han transmès algun missatge de dades en el transcurs de l'últim cicle i N és el nombre d'estacions de l'anell lògic. Al protocol proposta petició quan utilitza el criteri l_m l'anomenarem protocol ppplm. Aquest protocol incorpora informació estadística del nombre d'estacions actives i estima que la millor estratègia és la cerca d'un nou usuari dins del següent grup de $\lfloor N/m \rfloor$ estacions de l'anell lògic. Quan m és més gran que $N/2$, aquest protocol evoluciona com al protocol pppl1; però quan la condició de càrrega és molt baixa (per exemple si arriba un únic missatge de dades en algun cicle i en els altres cicles no n'arriba cap) només cal una cerca per cicle per tal d'aïllar el nou usuari del canal.

-Criteri l_a : $l := \text{adrs}$; on adrs és la distància a l'estació més propera (en el sentit d'exploració) que en el cicle anterior ha enviat algun missatge de dades. El protocol proposta petició quan utilitza el criteri l_a l'anomenarem protocol pppla. Aquest model incorpora informació estadística, distribuïda per tota la xarxa, de les estacions actives del cicle anterior.

L'anell lògic es divideix en N/m grups de mida variable i el criteri estima que la millor política és la de considerar que una estació que ha enviat algun missatge de dades en el darrer cicle probablement tornarà a usar el canal en el següent cicle. Aquest protocol serà eficient quan la càrrega sigui a ràfegues (bursty) o no estigui repartida homogèneament entre totes les estacions.

Es poden plantejar molts altres criteris d'estimació de la següent estació a la qual cal enviar la proposta; Per exemple, un altre criteri és el d'estimar sempre la mateixa estació; aquest criteri seria equivalent al fet de preguntar a tota la xarxa si hi ha alguna estació amb missatges de dades pendants; Els protocols ppplm i pppla tendeixen a evolucionar amb aquest criteri quan la càrrega és molt baixa. Altres criteris podrien tenir en compte estimacions de funcionament a llarg termini, avaluacions dels períodes d'accés de les estacions individuals al canal, correlacions temporals, etc.

Una altra particularitat d'aquests criteris, quan s'utilitzen amb el protocol proposta petició, és la de que poden cohabitar, en una mateixa xarxa, estacions que utilitzen diferents criteris d'estimació.

CAPÍTOL 4

DESCRIPCIÓ FORMAL DEL PROTOCOL PROPOSTA PETICIÓ

4.1 INTRODUCCIÓ

La formalització del protocol proposat es pot dur a terme seguint una varietat d'esquemes generals, classificats generalment com a tècniques de transició o tècniques de llenguatges de programació: diagrames de flux, diagrames d'estat, grafs dirigits, matrius de transició d'estat, xarxes de Petri, gramàtiques formals, teoria de col·loquis, llenguatges de programació, llenguatges de descripció de protocols, autòmats d'estats finits, màquines d'interfície, màquines seqüencials d'estructura variable, i adaptacions o extensions dels anteriors per tal de facilitar la tasca de la modelització del protocol. [Garcia 1979], [Sunshine 1979], [Bochmann 1980], [Danthine 1980], [Bochmann 1982], [Chung 1984], [Vinyes 1985], etc.

El mètode que s'utilitzarà per a la descripció formal del protocol proposat petició segueix l'esquema proposat per Bochmann [Bochmann 1980a] i adaptat per Chung [Chung 1984a] anomenat Mètode d'Especificació de la Màquina d'Estats

Finits Estesa o Model d'Estats Finits Estès. Aquest mètode proporciona els mitjans per a especificar precisament els protocols de comunicació en la forma d'una representació abstracta dels seus aspectes i necessitats essencials, com a mòduls interconnectats, cadascun dels quals és una màquina de transició d'estats finits estesa.

S'ha optat per utilitzar aquest mètode en particular perquè, tal com indica Chung, aquesta tècnica de descripció, a diferència de les altres tècniques, ha arribat a un alt grau de maduresa i a una bona acceptació entre els dissenyadors de protocols. El mètode en concret que s'utilitza és una versió preliminar dels treballs de normalització dels mètodes de descripció formal de protocols i, en especial, dels models de transició d'estats estesos, que porta a terme el subgrup B de l'Organització Internacional de Normalització, (ISO), (ISO/TC97/SC16 WG1 (grup ad-hoc de FDT (ISO/TC97/SC16/N1347))).

El desenvolupament del mètode, orientat a estímuls (també pot estar orientat a estats), consisteix a plantejar d'una manera exhaustiva, ordenada i estructurada l'avaluació de l'estat de l'estació quan hi arriba un estímulo, l'avaluació de la condició de permís de transició i, si escau, l'operació de la transició cap a un nou estat i la generació de sortides i accions internes.

El mètode s'instrumenta fent ús de tres directives de Condió de Permís (QUAN, DESJDE, SUPOST) i dues directives d'Operació de la Transició (ANAR, FER). (Figura FCAP4.1)

Les directives de condició de permís indiquen: <QUAN> s'ha rebut un estímul determinat, <DES_DE> l'estat en què es troba l'estació, <SUPOST> que es compleix un predicat addicional de permís; El compliment de les- tres directives permet l'operació de la transició, amb les directives: <ANAR>, l'estació evoluciona cap al següent estat, i <FER> unes accions internes i generació de sortides.

=====

DESCRIPCIÓ FORMAL DEL PROTOCOL PROPOSTA PETICIÓ

=====

Condició de permís:

| | |
|--------|-------------------------------|
| QUAN | <estímul> |
| DES_DE | <estat en curs> |
| SUPOST | <predicat opcional de permís> |

Operació de la Transició:

| | |
|------|---------------------------------|
| ANAR | <estat següent> |
| FER | <acció o generació de sortides> |

=====

Figura FCAP4.1 Directives de la Descripció Formal.

4.2 FASES I ESTATS BÀSICS

Considerem que el funcionament de l'estació es pot dividir en un conjunt d'estats bàsics i de fases bàsiques. (Figura FCAP4.2)

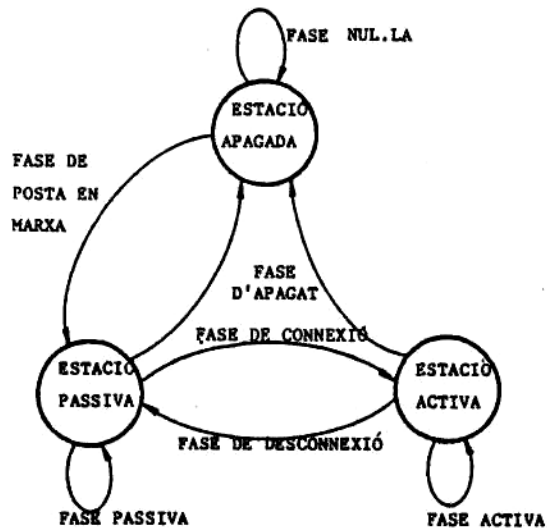


Figura FCAP4.2 Fases i Estats bàsics

Els estats bàsics de l'estació són: Estació Apagada, quan l'estació no interacciona en absolut amb la xarxa. És equivalent a la no existència (des d'el punt de vista de la xarxa) de l'estació. Estació Passiva/ quan aquesta només és capaç de rebre missatges procedents de la xarxa, però mai no hi envia res. Estació Activa, quan l'estació interacciona amb ple dret amb la xarxa, tant a l'hora de transmetre com de rebre missatges.

Les fases bàsiques descriuen l'evolució del funcionament de l'estació tant dins com entre els estats bàsics.

La Fase Nul·la és una pseudo-fase que indica un no funcionament mentre l'estació és apagada.

La Fase Passiva descriu l'operació de l'estació quan aquesta es troba en l'estat bàsic passiu.

La Fase Activa descriu el funcionament de l'estació quan aquesta es troba en l'estat bàsic actiu.

La Fase de Posta_en_marxa indica l'evolució de l'estació des que s'engega fins que passa a l'estat bàsic passiu.

La Fase de Connexió descriu l'evolució de l'estació des de l'estats bàsic passiu a l'estat bàsic actiu.

La Fase de Desconnexió descriu l'evolució de l'estació quan aquesta va de l'estat bàsic actiu a l'estat bàsic passiu.

La Fase d'Apagat descriu l'evolució de l'estació quan aquesta passa des de l'estat bàsic actiu o des de l'estat bàsic passiu a l'estat bàsic apagat.

A la figura FCAP4.3 es mostra l'evolució de les transicions entre els estats bàsics en funció dels estímuls

El protocol Proposta Petició té sentit quan l'estació es troba en l'estat bàsic actiu i opera dins la fase activa; En aquest cas, l'estació es coordina amb la resta d'estacions a l'hora d'accedir al bus i col·labora a l'execució de l'algorisme d'accés múltiple. En tots els altres casos, l'estació no interacciona activament en el sentit expressat. Per tant no sembla procedent de dur a terme aquí la descripció d'aquests estats marginals, pel que fa a l'objectiu d'aquest treball.

4.3 DEFINICIÓ DELS ESTATS DE LES ESTACIONS

L'estat de les estacions de la xarxa es defineix per una quaterna $E(F,C,S,P)$ on F,C,S,P són els descriptors de l'estat, (Sumari SCAP4.1): El descriptor F indica els estats interns bàsics de l'estació que, tal com s'ha indicat a l'apartat anterior, poden ser els d'Apagat, Passiu i Actiu.

El descriptor C representa l'estat de la xarxa vist per l'estació. Aquest indica si el procediment de selecció en curs evoluciona en la fase de Cerca, quan es procedeix a localitzar l'estació que ha transmès una petició, o està en la fase d'Avanç, quan les propostes s'envien seguint la direcció d'exploració de l'anell lògic i no s'està en la fase de cerca.

El descriptor S representa l'estat propi de l'estació respecte al control de la xarxa; L'estació pot ser: Patró, quan aquesta és dipositària del testimoni i té el control de l'accés a la xarxa; Marcat, quan l'última proposta que s'ha enviat pel canal estava dirigida a aquesta estació; i Repòs quan l'estació no està en cap dels casos anteriors.

Finalment, el descriptor P representa l'estat intern de l'estació respecte als missatges de dades emmagatzemats en la seva cua i que estan pendents de transmetre; Aquest descriptor es caracteritza pel nombre de missatges de dades pendents de transmissió a la seva cua; Si el nombre p de missatges de dades a la cua és igual a zero, el descriptor

estarà en l'estat Buit mentre que si p és diferent de zero ho indicarem amb l'estat Pendent.

Tal com s'ha indicat anteriorment, els descriptors C, S i P tenen sentit i objecte quan l'estació està en l'estat intern bàsic actiu.

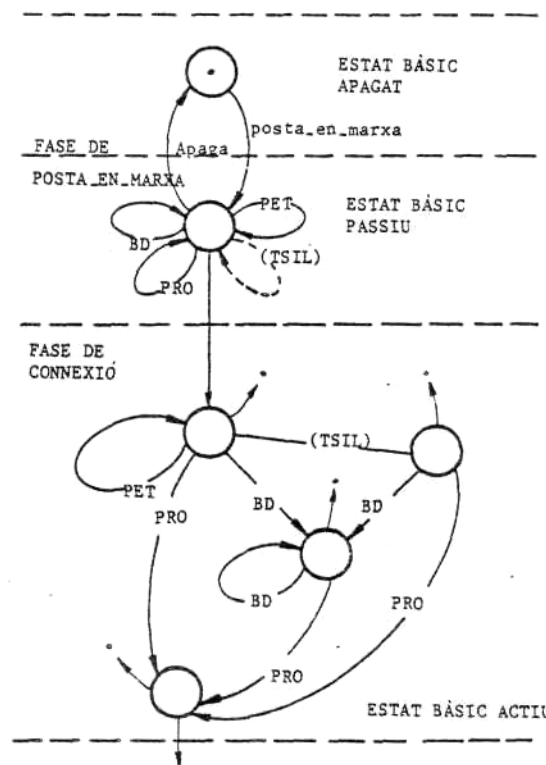


Figura FCAP4.3 Evolució entre els estats bàsics

SCAP4.1 SUMARI DELS ESTATS

DESCRIPTORS DE L'ESTAT

L'Estat d'una estació es defineix per una quaterna de descriptors: E(F/C,S,P) / on

F: <Apagat> <Passiu> <Actiu>

C: <Avanç> <Cerca>

S: <Patró> <Marcat> <Repòs>

P: <Pendent> <Buit>

on:

Apagat: L'estació és desconnectada de la xarxa.

Passiu: L'estació és connectada a la xarxa, però no es dins l'anell lògic.

Actiu: L'estació és connectada i dins l'anell lògic.

Avanç: Propostes fora de la Cerca.

Cerca: Localització de l'estació més prioritària que ha fet una Petició.

Patró: Quan l'estació té el control del canal de comunicació (el control del testimoni).

Marcat: Quan l'adreça de l'última proposta és l'adreça pròpia.

Repòs: Quan l'estació no té cap tasca a fer.

Pendent: Hi ha p missatges de dades pendents a la cua.

Buit: No hi ha cap missatge de dades ($p=0$) a la cua.

ESTATS

Els estats en els que es poden trobar les estacions dins de l'Estat Bàsic Actiu són els següents:

| | | |
|----------------------------|----|------------------------|
| Actiu,Avanç, Patró, $p=0$ | :: | Avanç, Patró/ Buit |
| Actiu,Avanç, Patró, $p>0$ | :: | Avanç, Patró, Pendent |
| Actiu,Avanç, Marcat, $p=0$ | :: | Avanç, Marcat, Buit |
| Actiu,Avanç, Marcat, $p>0$ | :: | Avanç, Marcat, Pendent |
| Actiu,Avanç, Repòs, $p=0$ | :: | Avanç, Repòs, Buit |
| Actiu,Avanç, Repòs, $p>0$ | :: | Avanç, Repòs, Pendent |
| Actiu,Cerca, Patró, $p=0$ | :: | Cerca, Patró, Buit |
| Actiu,Cerca, Patró, $p>0$ | :: | Cerca, Patró, Pendent |
| Actiu,Cerca, Marcat, $p=0$ | :: | Cerca, Marcat, Buit |
| Actiu,Cerca, Marcat, $p>0$ | :: | Cerca, Marcat, Pendent |
| Actiu,Cerca, Repòs, $p=0$ | :: | Cerca, Repòs, Buit |
| Actiu,Cerca, Repòs, $p>0$ | :: | Cerca, Repòs, Pendent |

4.4 DEFINICIÓ DELS ESTÍMULS DE LES ESTACIONS

Els Estímuls són les primitives (indicacions i missatges) que rep l'estació procedents, tant del bus com de la seva operació interna. (Sumari SCAP4.2). Considerem que arriben quatre estímuls procedents del bus, dels quals tres són estímuls propis o directes, mentre que el quart és un estímul impropí o indirecte. (Figura FCAP4.4).

Els estímuls propis són:

BD(adrb): Es un missatge de dades que està dirigit a l'estació que té per a adreça <adrb>.

PRO(adr): Es un missatge de control que indica la proposta del pas de testimoni a l'estació que té per adreça <adr>.

PET: Es un missatge global de control que indica que alguna estació sol·licita el testimoni.

L'estímul impropí és el de TSIL o de final de temporització de silenci en el bus; indica que hi ha hagut silenci (absència d'activitat) en el canal durant la durada de l'interval de petició. L'estímul de TSIL el genera la mateixa estació en vèncer el temps programat en un comptador intern que es controla amb les accions ENGEAJT i RESET_T, descrites a continuació.

Considerem que hi ha un estímul intern propi, bd , que indica la generació d'un missatge de dades per la mateixa

estació, el qual s'esperarà en una cua fins que el protocol permeti d'enviar-lo pel bus a la seva destinació.

SCAP4.2 SUMARI DELS ESTÍMULS

Els estímuls que arriben a les estacions són:

BD(adrb): Missatge de dades enviat pel bus dirigit a l'adreça adrb.

PRO(adr): Proposta de canvi de Patró a l'adreça indicada per adr.

PET: Peticions indicades al bus per les estacions recobertes Pendants.

TSIL: Final de temps de temporització de Petició.

bd(adrb): Missatge de dades que arriba a les cues de les estacions per tal d'ésser enviades pel bus a l'adreça indicada per adrb.

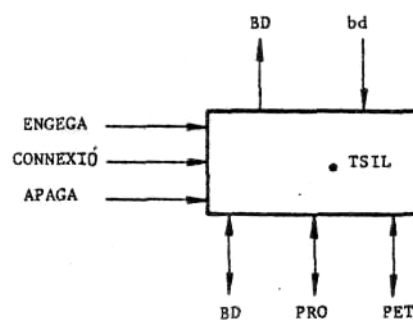


Figura FCAP4.4 Estímuls de les estacions

4.5 DEFINICIÓ DE LES ACCIONS DE LES ESTACIONS

Les Accions són les primitives de les operacions que realitza l'estació com a resposta dels estímuls que rep.

Les accions que realitza l'estació sobre el bus són:

`!BD(adrb)` : Transferència d'un missatge de dades dirigit a l'estació que té per adreça `<adrb>`. Aquest missatge només el pot enviar l'estació, si en aquest moment és dipositària del testimoni.

`!PRO(adr)` : Transferència d'un missatge de control que indica la proposta de pas de testimoni a l'estació que té per adreça `<adr>`. Només el pot enviar l'estació que en aquest moment és depositària del testimoni.

`!PET` : Transferència d'un missatge de control que indica que aquesta estació sol·licita ser dipositària del testimoni. Només el pot enviar l'estació que ha estat recoberta per la proposta anterior i té algun missatge de dades pendent a la seva cua.

`!RES` : Es un pseudo-missatge que indica que l'estació no envia cap missatge propi cap al bus.

Les accions internes que realitza l'estació són:

`ENGEGA_T` : Representa l'inici de temporització per a la detecció del pseudo-missatge de Silenci en el bus. La finalització d'aquest interval de temporització proporciona un estímulo, `TSIL`, descrit ja anteriorment.

RESET_JT : Representa l'acció de bloquejar la temporització indicada avans. El blocatge s'activa quan es detecta activitat en el bus.

consumeix : Aquesta acció correspon a la detecció sobre el fet que el missatge de dades BD(adrb) que hi ha en el bus està dirigit a la mateixa estació, <ADR>, i cal reenviar-lo als nivells més interns de l'estació.

nova_adreça : Representa l'acció d'estimar la següent estació emprant algun dels criteris d'estimació.

SCAP4.3 SUMARI DE LES ACCIONS

-Accions sobre el bus:

!RES: Acció buida.

!BD(adrb): Envia un missatge de dades a adrb.

!PRO(adr): Envia una Proposta a adr.

!PET: Envia una Petició.

-Accions internes:

ENGEGA_T: Inici de la temporització de petició.

RESET_T: Blocatge de la temporització de petició.

consumeix: Consumeix el missatge BD(adrb).

nova_adreça: Estima la següent estació (novadr).

4.6 DEFINICIÓ DE LES VARIABLES DE LES ESTACIONS

Les estacions connectades a la xarxa fan ús d'un conjunt de variables que faciliten l'execució dels algorismes associats al protocol. Algunes de les variables són pròpies de cadascuna de les estacions, d'altres, s'utilitzen en la interacció de les estacions a través del bus. (Sumari SCAP4.4)

Cadascuna de les estacions té un identificador exclusiu que s'anomena adreça de l'estació (ADR).

Les propostes que s'envien pel bus tenen associada una adreça que correspon a la de l'estació a la qual aquesta s'envia (adr).

Els missatges de dades sempre tenen associada una adreça que correspon a l'adreça de l'estació a la qual aquests s'envien (adrb).

Durant l'evolució del protocol, totes les estacions han d'actualitzar un conjunt d'adreces emprades per a conèixer, en cada instant de temps, l'evolució de l'anell virtual. Totes aquestes adreces s'actualitzen cada cop que l'estació rep algun dels estímuls, tant els procedents del bus com els interns.

Durant el funcionament en l'estat d'avanç, les estacions només cal que memoritzin l'adreça de l'última estació que efectivament ha pres el control del canal (dade) (que és l'estació patró de la xarxa) i l'adreça destinació de

l'última proposta que l'estació patró ha enviat (dadr). Aquestes adreces són utilitzades principalment per les estacions per tal de determinar quan la proposta les recobreix.

Però quan arriba alguna petició i el sistema inicia el procés de cerca, les estacions han de memoritzar el conjunt d'adreces implicades en aquest procés: L'adreça de l'estació a la qual s'havia enviat una proposta i que no havia pogut prendre el control del testimoni perquè a continuació alguna estació ha enviat una petició (darrera adreça amb petició, dadp) i la darrera adreça recoberta per una proposta (dar).

En els subprocessos d'estimació de la nova adreça s'utilitzen un conjunt de variables que afecten explícitament als criteris d'estimació; A la fi de la descripció formal, s'indica, pels tres protocols pppll, ppplm i pppla com evolucionen aquestes variables; FBD és un indicador binari de missatge transmès; m és un comptador del nombre de missatges de dades que s'han transmès en el cicle; i adrs és l'adreça de l'estació circularment més propera la qual ha enviat al menys un missatge de dades.

A les ACCIONS de la descripció formal que es presenta a continuació es mostra com s'actualitzen cadascuna d'aquestes variables.

SCAP4.4 SUMARI DE LES VARIABLES

- ADR: Adreça pròpia de l'estació,
- adrb: Adreça destinació del missatge de dades,
- adr: Adreça destinació de la proposta en curs.
- dadr: Adreça destinació de la darrera proposta transmesa pel canal.
- dade: Adreça de la darrera estació que efectivament ha pres el control del testimoni.
- dadp: Adreça de la darrera estació marcada que ha rebut a continuació la petició.
- dar: Darrera adreça recoberta, per una proposta.
- adrs: Adreça de l'estació activa més propera.
- FBD: Indicador de missatge de dades transmès.
- m: Comptador d'estacions actives per cicle.

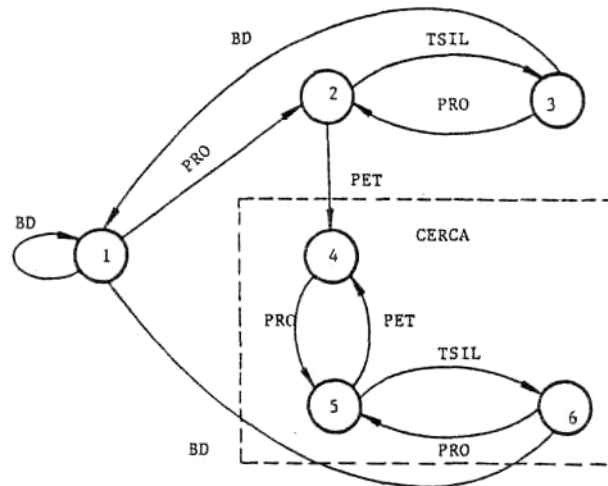


Figura FCAP4.5 Transicions entre estats del protocol, sense supervisió de la condició $l=1$.

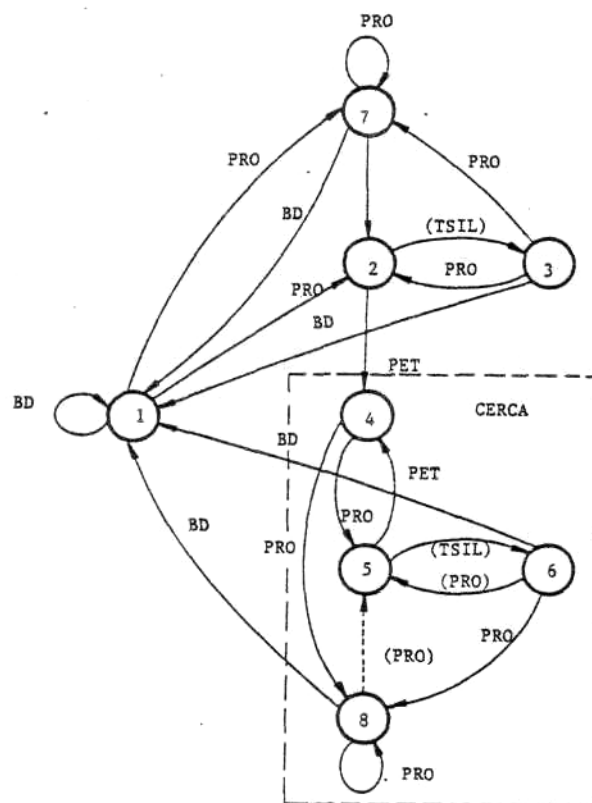


Figura FCAP4.6 Transicions entre estats del protocol, amb supervisió de la condició $l=1$.

SCAP4.5 SUMARI DELS ESTATS I DE LES TRANSICIONS ENTRE ESTATS

Estímul BLOC DE DADES

Avanç, Patró, Buit -- BD->Avanç, Repòs, Buit
Avanç, Patró, Pendent -- BD->Avanç, Repòs, Pendent
Avanç, Marcat, Buit -- BD->Avanç, Repòs, Buit
Avanç, Marcat, Pendent -- BD->Avanç, Repòs, Pendent
Avanç, Repòs, Buit -- BD->Avanç, Repòs, Buit
Avanç, Repòs, Pendent -- BD->Avanç, Repòs, Pendent
Cerca, Patró', Buit -- BD->Avanç, Repòs, Buit
Cerca, Patró, Pendent -- BD->Avanç, Repòs, Pendent
Cerca, Marcat, Buit -- BD->Avanç, Repòs, Buit
Cerca, Marcat, Pendent -- BD->Avanç, Repòs, Pendent
Cerca, Repòs, Buit -- BD-->Avanç, Repòs, Buit
Cerca, Repòs, Pendent -- BD->Avanç, Repòs, Pendent

Estímul FI_DE_TEMPORITZACIÓ_DE_PETICIÓ

Avanç, Patró, Buit —TSIL->Avanç, Repòs, Buit
Avanç, Patró, Pendent --- TSIL->Avanç, Repòs, Pendent
Avanç, Marcat, Buit - TSIL->Avanç, Patró', Buit
Avanç, Marcat, Pendent - TSIL->Avanç, Patró', Buit
 \ " ->Avanç, Patró, Pendent
Cerca, Patró, Buit - TSIL->Cerca, Patró, Buit
Cerca, Patró'', Pendent TSIL->Cerca, Patró, Pendent
Cerca, Marcat, Buit --- TSIL->Cerca, Patró, Buit
Cerca, Marcat, Pendent --- TSIL->Avanç, Patró, Buit
 \ " ->Avanç, Patró, Pendent

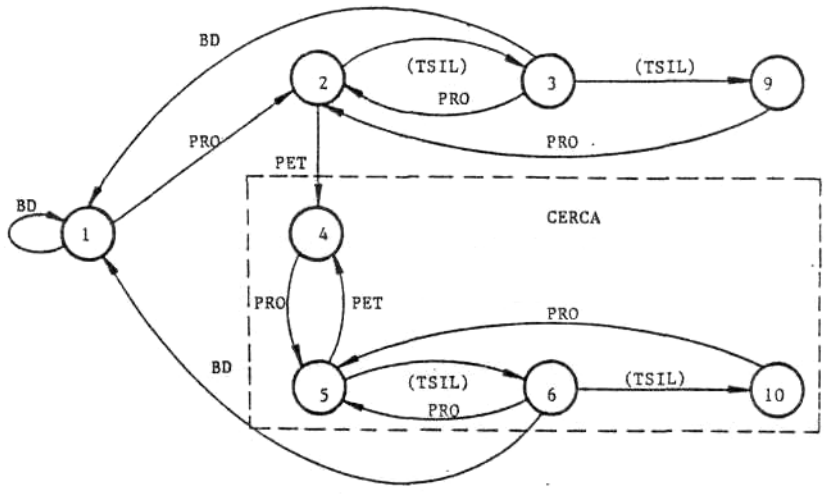


Figura FCAP4.7 Idem. FCAP4.5, però amb supervisió de la proposta.

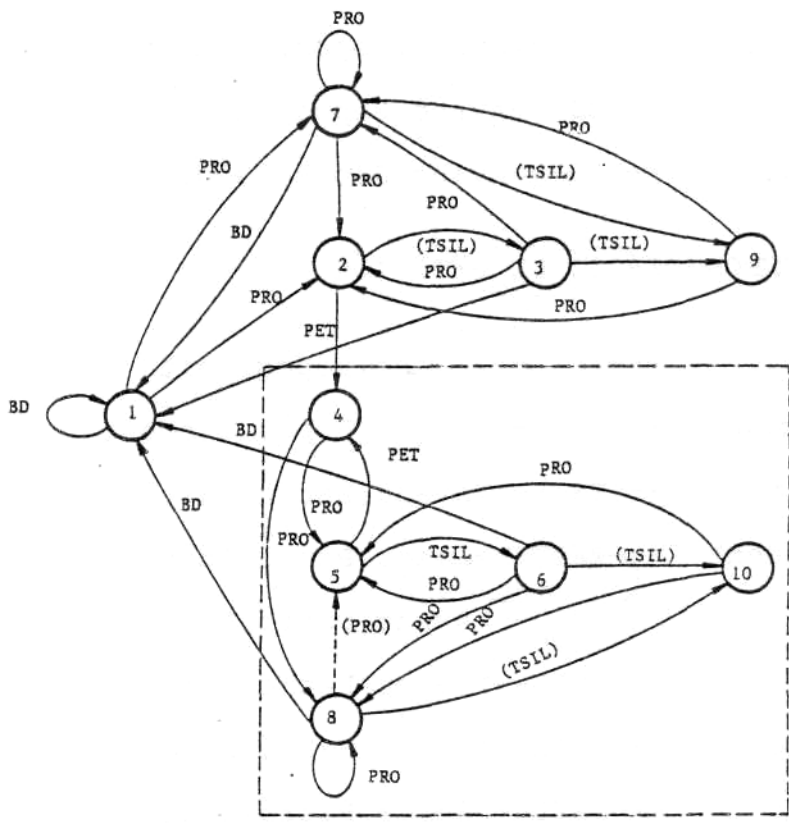


Figura FCAP4.8 Idem. FCAP4.6, però amb supervisió de la proposta.

Estímul PROPOSTA

Avanç, Patró, Buit ---- PRO->Avanç, Repòs, Buit
Avanç, Patró, Pendent --- PRO->Avanç, Repòs, Pendent
Avanç, Marcat, Buit --- PRO->No permès
Avanç, Marcat, Pendent --- PRO->No permès
Avanç, Repòs, Buit --- PRO->Avanç, Patró, Buit
 \ " ->Avanç, Marcat, Buit
 \ " ->Avanç, Repòs, Buit
Avanç, Repòs, Pendent --- PRO->Avanç, Patró, Buit
 \ " ->Avanç, Patró", Pendent
 \ " ->Avanç, Marcat, Pendent
 \ " ->Avanç, Repòs, Pendent
 \ " ->Cerca, Repòs, Pendent
Cerca, Patró', Buit --- PRO->Cerca, Repòs, Buit
Cerca, Patró', Pendent --- PRO->Cerca, Repòs, Pendent
Cerca, Marcat, Buit --- PRO->No permès
Cerca, Marcat, Pendent --- PRO-->No permès
Cerca, Repòs, Buit --- PRO->Cerca, Patró, Buit
 \ " ->Cerca, Marcat, Buit
 \ " ->Cerca, Repòs, Buit
Cerca, Repòs, Pendent --- PRO->Avanç, Patró, Buit
 \ " ->Avanç, Patró, Pendent
 \ " ->Cerca, Marcat, Pendent
 \ " ->Cerca, Repòs, Pendent

Estímul PETICIÓ

| | |
|------------------------|-------------------------------|
| Avanç, Patró, Buit | ---PET->Cerca, Patró, Buit |
| Avanç, Patró, Pendent | ---PET->Cerca, Patró, Pendent |
| Avanç, Marcat, Buit | ---PET->Cerca, Repòs, Buit |
| Avanç, Marcat, Pendent | ---PET->Cerca, Repòs, Pendent |
| Avanç, Repòs, Buit | ---PET->Cerca, Repòs, Buit |
| Avanç, Repòs, Pendent | ---PET->Cerca, Repòs, Pendent |
| Cerca, Patró', Buit | ---PET->Cerca, Patró, Buit |
| Cerca, Patró, Pendent | ---PET->Cerca, Patró, Pendent |
| Cerca, Marcat, Buit | ---PET->Cerca, Repòs, Buit |
| Cerca, Marcat, Pendent | ---PET->Cerca, Repòs, Pendent |
| Cerca, Repòs, Buit | ---PET->Cerca, Repòs, Buit |
| Cerca, Repòs, Pendent | ---PET->Cerca, Repòs, Pendent |

Estímul ARRIBADA_DE_MISSATGE_A_LA_CUA

| | |
|------------------------|-------------------------------|
| Avanç, Patró, Buit | ---bd->Avanç, Patró, Pendent |
| Avanç, Patró, Pendent | ---bd->Avanç, Patró, Pendent |
| Avanç, Marcat, Buit | ---bd->Avanç, Marcat, Pendent |
| Avanç, Marcat, Pendent | ---bd->Avanç, Marcat, Pendent |
| Avanç, Repòs, Buit | ---bd->Avanç, Repòs, Pendent |
| Avanç, Repòs, Pendent | ---bd->Avanç, Repòs, Pendent |
| Cerca, Patró, Buit | ---bd->Cerca, Patró, Pendent |
| Cerca, Patró, Pendent | ---bd->Cerca, Patró, Pendent |
| Cerca, Marcat, Buit | ---bd->Cerca, Marcat, Pendent |
| Cerca, Marcat, Pendent | ---bd->Cerca, Marcat, Pendent |
| Cerca, Repòs, Buit | ---bd->Cerca, Repòs, Pendent |
| Cerca, Repòs, Pendent | ---bd->Cerca, Repòs, Pendent |

4.7 DESCRIPCIÓ FORMAL DEL PROTOCOL PROPOSTA PETICIÓ

4.7.1 ESTÍMUL BLOC_DE_DADES

| | | |
|-----|--------|---------------------------|
| 1 | QUAN | BD (adrb) |
| 11 | DES_DE | (Actiu, c, Patró, p) |
| 111 | SUPOST | ADR=adrb |
| | ANAR | (Actiu, Avanç, Repòs, p) |
| | FER | RESET_T Consumeix |
| 112 | SUPOST | ADR ≠ adrb |
| | ANAR | (Actiu, Avanç, Repòs, p) |
| | FER | RESET_T !RES |
| 12 | DES_DE | (Actiu, c, Marcat, p) |
| 121 | SUPOST | ADR=adrb |
| | ANAR | (Actiu, Avanç, Marcat, p) |
| | FER | RESETJT Consumeix |
| 122 | SUPOST | ADR ≠ adrb |
| | ANAR | (Actiu, Avanç, Marcat, p) |
| | FER | RESET_T !RES |
| 13 | DES_DE | (Actiu, C, Repòs, P) |
| 131 | SUPOST | ADR=adrb |
| | ANAR | (Actiu, Avanç, Repòs, p) |
| | FER | RESETJT |

Consumeix

132 SUPOST ADR ≠ adrb
 ANAR (Actiu/Avanç,Repòs,p)
 FER RESET_T
 !RES

DESCRIPCIÓ FORMAL DEL PROTOCOL PROPOSTA PETICIÓ

4.7.2 ESTÍMUL ARRIBADA_DE_MISSATGE_A_LA_CUA

5 QUAN bd
51 DES_DE (Actiu,c,s,p)
511 SUPOST <>
 ANAR (Actiu,C,S,p+1)
 FER ! RES.

DESCRIPCIÓ FORMAL DEL PROTOCOL PROPOSTA PETICIÓ

4.7.3 ESTÍMUL PROPOSTA (Avanç)

```
2 QUAN                                PRO (adr)

21  DES_DE                            (Actiu,Avanç/Patró,p)
    211  SUPOST                        <>
        ANAR                          (Actiu,Avanç,Repòs,p)
        FER                            dade:=dadr; dadr:=adr
                                        RESET_T
                                        !RES

22  DES_DE                            (Actiu,Avanç,Repòs,Buit)
    221  SUPOST                        adr=dadr+1
    2211 SUPOST                        ADR=adr
        ANAR                          (Actiu,Avanç,Patró,Buit)
        FER                            estima_nova_adreça
                                        dade:=adr; adr=novadr
                                        dadr:=adr
                                        !PRO (adr)
                                        ENGEGA_T

    2212 SUPOST                        ADR ≠ adr
        ANAR                          (Actiu,Avanç,Repòs,Buit)
        FER                            dade:=dadr; dadr:=adr
                                        !RES

    222  SUPOST                        adr ≠ dadr+1
    2221 SUPOST                        ADR=adr
```

| | | |
|------|--------|---------------------------------|
| | ANAR | (Actiu, Avanç, Marcat, Buit) |
| | FER | dade:=dadr; dadr:=adr |
| | | ENGEGA_T |
| | | !RES |
| 2222 | SUPOST | ADR ≠ adr |
| | ANAR | (Actiu, Avanç, Repòs, Buit) |
| | FER | dade:=dadr; dadr:=adr |
| | | !RES |
| 23 | DES_DE | (Actiu, Avanç, Repòs, Pendent) |
| 231 | SUPOST | ADR=adr |
| 2311 | SUPOST | adr=dadr+1 |
| | ANAR | (Actiu, Avanç, Patró, p-1) |
| | FER | !BD(adrb) |
| | | estima_nova_adreça |
| | | dade:=adr; adr=novadr |
| | | dadr:=adr |
| | | !PRO (adr) |
| | | ENGEGA_T |
| 2312 | SUPOST | adr ≠ dadr+1 |
| | ANAR | (Actiu, Avanç, Marcat, Pendent) |
| | FER | dade:=dadr; dadr:=adr |
| | | ENGEGA_T |
| | | !RES |
| 232 | SUPOST | ADR ≠ adr |
| 2321 | SUPOST | dadr < ADR < adr |
| | ANAR | (Actiu, Cerca, Repòs, Pendent) |

```

                FER                dade:=dadr; dadp:=dade
                                   dadr:=adr; dar:=dadr
                                   !PET

2322  SUPOST                dadr  $\oplus$  ADR  $\oplus$  adr
                ANAR                (Actiu, Avanç, Repòs, Pendent)
                FER                dade:=dadr; dadr:=adr
                                   !RES

```

ESTÍMUL PROPOSTA (Cerca)

```

2 QUAN                PRO (adr)

24  DES_DE                (Actiu, Cerca, Patró, p)

241  SUPOST                <>
                ANAR                (Actiu, Cerca, Repòs, p)
                FER                dadp:=dade; dadr:=adr
                                   dade:=dadr
                                   !RES

25  DES_DE                (Actiu, Cerca, Repòs, Buit)

251  SUPOST                adr=dadr+1

2511  SUPOST                ADR=adr
                ANAR                (Actiu, Cerca, Patró, Buit)
                FER                dadp:=dade;  adr=  $\lfloor (ADR+dar)/2 \rfloor$ 
                                   dadr:=adr;  dade:=dadr
                                   !PRO (adr)

2512  SUPOST                ADR  $\neq$  adr
                ANAR                (Actiu, Cerca, Repòs, Buit)

```

```

                FER                dadp:=dade; dadr:=adr
                                   dade:=dadr
                                   !RES

252  SUPOST                adr ≠ dadr+1

2521  SUPOST                ADR=adr
      ANAR                (Actiu,Cerca,Marcat,Buit)
      FER                dadp:=dade; dadr:=adr
                                   dade:=dadr
                                   ENGEGA_T !RES

2522  SUPOST                ADR ≠ adr
      ANAR                (Actiu,Cerca,Repòs,Buit)
      FER                dadp:=dade; dadr:=adr
                                   dade:=dadr
                                   !RES

26  DES_DE                (Actiu,Cerca,RepOs,Pendent)

261  SUPOST                ADR=adr

2611  SUPOST                adr=dadr+1
      ANAR                (Actiu,Avanç,Patrò,p-1))
      FER                !BD(adr)
                                   estima_nova_adreça
                                   dade:=adr; adr=novadr
                                   dadr:=adr
                                   !PRO(adr)
                                   ENGEGA_T

2612  SUPOST                adr ≠ dadr+1

```

| | | |
|------|--------|--------------------------------|
| | ANAR | (Actiu, Cerca, Marcat, Pendent |
| | FER | dàdp:=dade; dadr:=adr |
| | | dade:=dadr |
| | | ENGEGA_T |
| | | !RES |
| 262 | SUPOST | ADR ≠ adr |
| 2621 | SüPOST | dadr < ADR < adr |
| | ANAR | (Actiu, Cerca, Repòs, Pendent) |
| | FER | dadr:=adr; dar:=dadr |
| | | dadp:=dade |
| | | !PET |
| 2622 | SUPOST | dadr ≥ ADR ≥ adr |
| | ANAR | (Actiu, Cerca, Repòs, Pendent) |
| | FER | dadp:=dade; dadr:=adr |
| | | dade:=dadr |
| | | !RES |

DESCRIPCIÓ FORMAL DEL PROTOCOL PROPOSTA PETICIÓ

4.7.4 ESTÍMUL PETICIÓ

| | | |
|-----|--------|--|
| 3 | QUAN | PET |
| 31 | DES_DE | (Actiu,Avanç,Patró,p) |
| 311 | SUPOST | <> |
| | ANAR | (Actiu,Cerca,Patró,p) |
| | FER | RESETJT dar:=dadr; dadp:=dade adr:= [(ADR+dar) /2] dadr:=adr; dade:=dadr !PRO(adr) |
| 32 | DES_DE | (Actiu,Avanç,Marcat,p) |
| 321 | SUPOST | <> |
| | ANAR | (Actiu,Cerca,Repòs,p) |
| | FER | dar:=dadr; dadp:=dade RESET_T !RES |
| 33 | DES_DE | (Actiu,Avanç,RepOS,p) |
| 331 | SUPOST | <> |
| | ANAR | (Actiu,Cerca,Repòs,p) |
| | FER | dar:=dadr; dadp:=dade !RES |
| 34 | DES_DE | (Actiu,Cerca,Patró,p) |
| 341 | SUPOST | <> |
| | ANAR | (Actiu,Cerca,Patró,p) |

```

                FER                dar:=dadr
                                   adr:= [(ADR+dadr)/2]
                                   dadr:=adr; dade:=dadr
                                   !PRO(adr)

35  DES_DE                (Actiu,Cerca,Marcat,p)
351  SUPOST                <>
        ANAR                (Actiu,Cerca,Repòs,p)
        FER                dar:=dadr; dade:=dadp
                                   RESET_T
                                   !RES

36  DES_DE                (Actiu,Cerca,Repòs,p)
361  SUPOST                <>
        ANAR                (Actiu,Cerca,Repòs,p)
        FER                dar:=dadr; dade:=dadp
                                   !RES

```

DESCRIPCIÓ FORMAL DEL PROTOCOL PROPOSTA PETICIÓ

4.7.5 ESTÍMUL FI_DE_TEMPORITZACIÓ_DE_PETICIÓ

| | | |
|-----|--------|---|
| 1 | QUAN | TSIL |
| 41 | DES_DE | (Actiu, Avanç/Patró, Buit) |
| 411 | SUPOST | ADR=dadr |
| | ANAR | (Actiu, Avanç, Patró, Buit) |
| | FER | estima_nova_adreça dade:=dadr; adr:=novadr dadr:=adr !PRO (adr) ENGEGA_T |
| 412 | SUPOST | ADR ≠ dadr |
| | ANAR | (Actiu, Avanç, Repòs, p) |
| | FER | IRES |
| 42 | DES_DE | (Actiu, Avanç, Patró, Pendent) |
| 421 | SUPOST | ADR=dadr |
| | ANAR | (Actiu, Avanç, Patró, p-1) |
| | FER | !BD(adrb) estima_nova_adreça dade:=dadr; adr:=novadr dadr:=adr !PRO (adr) ENGEGA_T |
| 422 | SUPOST | ADR ≠ dadr |
| | ANAR | (Actiu, Avanç, Repòs, p) |

| | | |
|-----|--------|---|
| | FER | !RES |
| 43 | DES_DE | (Actiu, Avanç, Marcat, Buit) |
| 431 | SÜPOST | <> |
| | ANAR | (Actiu, Avanç, Patró, Buit) |
| | FER | estima_nova_adreça dade:=dadr; adr:=novadr dadr:=adr !PRO(adr) ENGEGA_T |
| 44 | DES_DE | (Actiu, Avanç, Marcat, Pendent) |
| 441 | SUPOST | <> |
| | ANAR | (Actiu, Avanç, Patró, p-1) |
| | FER | !BD(adrb) estima__nova_adreça dade:=dadr; adr:=novadr dadr:=adr !PRO(adr) ENGEGA_T |
| 45 | DES_DE | (Actiu, Cerca, Marcat, Buit) |
| 451 | SUPOST | <> |
| | ANAR | (Actiu, Cerca, Patró, Buit) |
| | FER | dadp:=dade adr:= [(ADR+dar) /2] dadr:=adr; dade:=dadr !PRO(adr) |
| 46 | DES_DE | (Actiu, Cerca, Marcat, Pendent) |

```

4 61  SUPOST          <>
      ANAR            (Actiu,Avanç,Patrò,p-1)
      FER            dade:=dadr
                   !BD(adrb)
                   estima_nova_adreca
                   adr:=novadr;dadr:=adr
                   !PRO(adr)
                   ENGEGA_T

47  DES_DE          (Actiu,Cerca,Patrò,p)
471  SUPOST        <>
      ANAR            (Actiu,Cerca,Repòs,p)
      FER            !RES

48  DES_DE          (Actiu,Avanç,
Repòs,,p)
481  SUPOST        <>
      ANAR            (Actiu,Avanç,Repòs,p)
      FER            !RES

49  DES_DE          (Actiu,Cerca,Repòs,p)
491  SUPOST        <>
      ANAR            (Actiu,Cerca,Repòs,p)
      FER            !RES

```

4.7.6 ESTIMACIÓ DE LA NOVA ADREÇA.

Tal com s'indica al capítol anterior, el protocol proposta petició pot usar diversos criteris a l'hora d'estimar l'adreça de la següent proposta. Durant el desenvolupament de l'algorisme, hi ha variables que fan referència al subprocés d'estimació. Per tal de no carregar encara més la descripció formal, indicarem tot seguit d'una manera compacta com s'actualitzen aquestes variables.

```
QUAN                                BD
    DES_DE                          <>
    SUPOST                           <>
    ANAR                             <>
    FER                              <>
                                     FBD:=cert

QUAN                                PRO (adr)
    DES_DE                          <>
    SUPOST                           <>
    ANAR                             <>
    FER                              <>
                                     [FBD=cert ->
                                     m:=m+1
                                     [m=1 -->
                                     ] ] adrs:=dadr
                                     FDB:=falç
```

Amb aquestes variables actualitzades:

protocol pppl1:

l:=1;

novadr:=ADR \oplus 1

protocol ppplm:

[m=0 \rightarrow l:=N

\square l:= \lfloor N/m \rfloor

]novadr:=ADR \oplus 1

m:=0

protocol pppla:

novadr:=adrs

adrs:=ADR

La definició de la suma circular tal com s'utilitza en aquest treball és la següent:

$$\oplus :: A \oplus B := (A+B-1) \begin{array}{l} +1 \\ \hline \text{mod.}N \end{array}$$