

SECCIÓ I

COMUNICACIÓ ENTRE ELEMENTS DE
PROCÉS DE LA INFORMACIÓ

CAPÍTOL 1

XARXES DE COMUNICACIÓ ENTRE ELEMENTS DE PROCÉS DE LA INFORMACIÓ.

1.1 -INTRODUCCIÓ

La comunicació entre Elements de Procés de la Informació (EPI) s'estableix entre un emissor que produeix una informació i un receptor que la consumeix, intercanviant un missatge, (objecte de la comunicació) a través d'un canal (element físic) de comunicació.

La comunicació s'estableix entre un emissor i un receptor, els quals intercanvien un missatge elaborat d'acord amb un codi que pertany a un sistema de signes, i que utilitza com a vehicle un canal de comunicació.

El canal de comunicació és el vincle d'unió entre els elements transmissor i receptor. Un mateix canal de comunicació pot ser emprat per dos (canal dedicat) o més interlocutors (canal compartit). D'altra banda, un usuari pot estar connectat a diferents canals de comunicació. El conjunt de canals i d'interlocutors d'una estructura de comunicació formen una xarxa de comunicació. (Figura FCAP1.1).

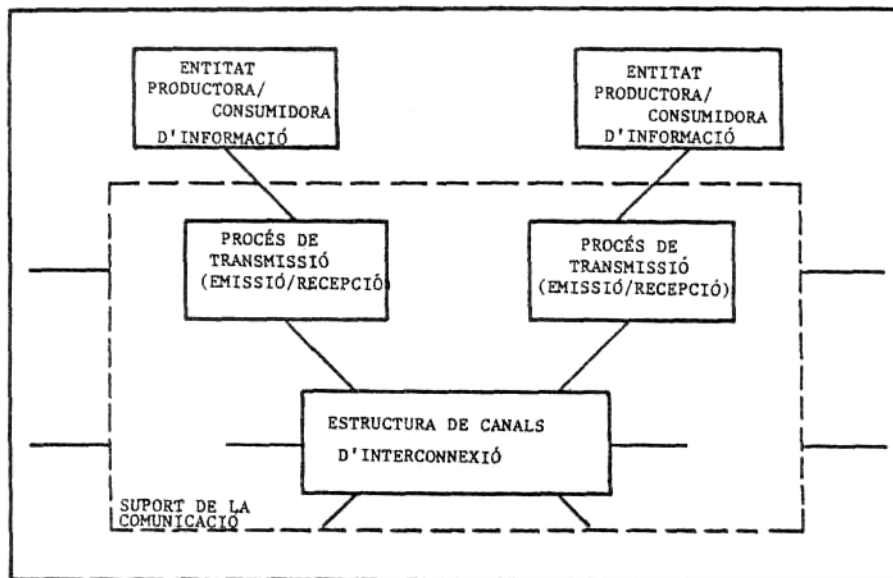


Figura FCAP1.1 Xarxa de comunicació

Les xarxes de comunicació que interconnecten sistemes de computadors han adquirit una importància creixent en el transcurs dels darrers anys i s'espera que encara tinguin més incidència en el futur. Com a dada puntual, cal ressenyar que Dataquest Inc. fa una predicció en el creixement anual del nombre d'estacions connectades a xarxes d'àrea local d'un 65% entre 1984 i 1988, que farà passar de 587000 estacions repartides entre unes 43000 xarxes, l'any 1984 a la vora de 5,5 milions d'estacions, a l'any 1988 [Lytel 1985].

L'impacte d'aquestes dades es pot justificar, d'una banda, per les bones característiques de velocitat i de fiabilitat dels enllaços de comunicació, i d'altra banda, a la proliferació i utilització massiva d'equips informàtics que cada cop experimenten una més forta reducció del seu cost i un augment de les seves prestacions.

1.2 -DESCRIPCIÓ DE LA XARXA DE COMUNICACIÓ

Una xarxa de comunicació és una col·lecció d'elements de comunicació [Fuselier 1984]. Una xarxa es descriu en termes de la seva arquitectura, implementació i topologia [Chlamtac 1984]. L'arquitectura resulta de la combinació dels components de la xarxa, que representen protocols específics, nodes, etc. Una xarxa consisteix en nodes que executen processos governats per protocols de comunicació, els quals consumeixen recursos de la xarxa que estan assignats per les regles específiques dels dispositius. Aquests sistemes es caracteritzen per:

xarxa: nodes i topologia

nodes: protocols, recursos assignats i regles
d'assignació de recursos

topologia: distribució física de la xarxa

protocols: regles de diàleg

recursos: processadors, memòria, canals, memòries
intermèdies (buffers), etc.

La definició de la xarxa consisteix en la definició dels procediments i estructures que especifiquen i interconnecten els diferents elements de la xarxa i manipulen el diàleg entre ells.

1.3 -CLASSIFICACIÓ DE LES XARXES DE COMUNICACIÓ

La classificació de les xarxes de comunicació es pot abordar tenint en compte algunes de les seves característiques més significatives. Diversos autors han classificat les xarxes de comunicació tenint presents els criteris d'acoblament, geogràfics, topologies, funcionals, etc. Anderson i Jensen [Anderson 1975] plantegen estructures generals d'interconnexió d'Elements de Procés (Processing Elements). Lissack, Magíaris i Frisch [Lissack 1983], Thurber i Freeman. [Thurber 1979] i Rubio [Rubio 1982] presenten excel·lents classificacions aplicades a xarxes locals de computadors.

1.3.1 -Criteris d'acoblament

Atenint-se a les característiques d'acoblament entre els elements productor i consumidor d'informació, es diferencien les xarxes fortament acoblades (en sistemes Multi-Processador) i les xarxes feblement acoblades (en sistemes Multi-Computador), [Enslow 1977]. (Figura FCAP1.2). En les primeres, el format de la informació intercanviada té un nivell baix o molt baix, a nivell de bit; l'element físic del canal està format per estructures paral·leles i els elements terminals són de característiques homogènies. Per raons principalment tecnològiques, les distàncies màximes de l'àmbit d'aquestes xarxes es limita a un o dos metres.

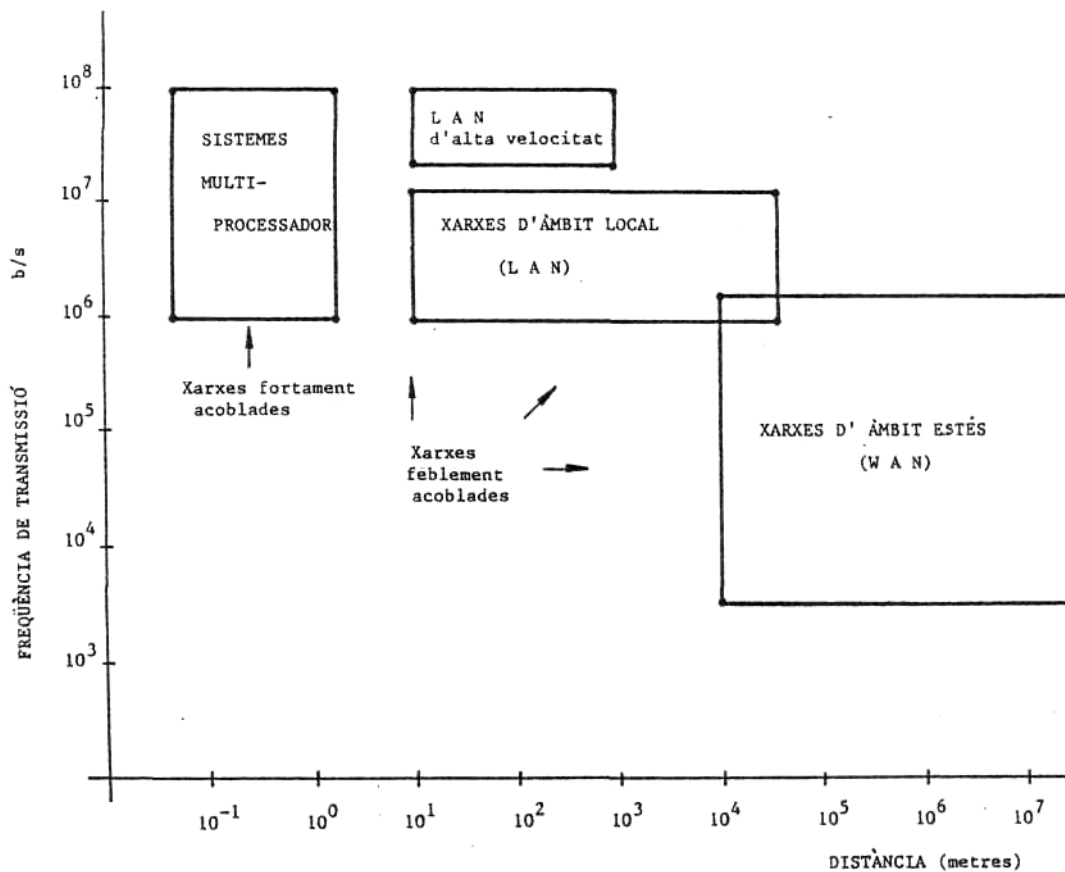


Figura FCAP1.2 Xarxes fortament i feblement acoblades.

L'estructura de la informació intercanviada en les xarxes feblement acoblades és en forma de grups, paquets o trames que configuren un missatge. L'àmbit d'aquestes xarxes no està confinat, en principi, per criteris de distància i, en general, els missatges es transmeten pel canal en sèrie, bit a bit. Cada missatge incorpora, més a més de les dades que s'han de transmetre, els codis d'identificació i d'adreçament, de control de la transmissió i de detecció d'errors. Aquestes xarxes permeten que els elements terminals no siguin estrictament homogenis.

1.3.2 -Criteris geogràfics

Les xarxes feblement acoblades, tal com ja s'ha indicat, no estan restringides per criteris geogràfics, encara que aquests permeten distingir entre les xarxes confinades en àrees locals o Xarxes d'Àmbit Local (Local Àrea Networks, LAN) i les de marc geogràfic ampli o Xarxes d'Àmbit Estès (Long Haul Networks, o Wide Àrea Networks, WAN). La taula TCAP1.1 i la figura FCAP1.3 mostren algunes de les característiques de les xarxes LAN i WAN [Schneidewind 1983], [Tanenbaum 1980].

- XARXES D'ÀMBIT ESTES.

La motivació inicial de les xarxes d'àmbit estès és de permetre que qualsevol usuari individual o organització autònoma pugui compartir totalment o parcialment els recur-

DISTÀNCIA INTER-PROCESSADORS	PROCESSADORS SITUATS EN MATEIX	VELOCITAT DE PROPAGACIÓ	FRACCIÓ DE VEL. LLUM	RETARD DE PROPAGACIÓ	EYEMPLE
1,25 mm	CIRCUIT INTEGRAT	$4,2 \cdot 10^7$ m/s	0,14 C	$30 \cdot 10^{-12}$ seg.	MULTIPRO-CESSADORS
0,15 m	CIRCUIT IMPRÉS	$8,3 \cdot 10^7$ m/s	0,28 C	$1,8 \cdot 10^{-9}$ seg.	
1 m	SISTEMA	$2,5 \cdot 10^8$ m/s	0,83 C	$4 \cdot 10^{-9}$ seg.	
10 m	HABITACIÓ	$2 \cdot 10^8$ m/s	0,66 C	$50 \cdot 10^{-9}$ seg.	XARXES LOCALS
100 m	EDIFICI	$2 \cdot 10^8$ m/s	0,66 C	$0,5 \cdot 10^{-6}$ seg.	
1 Km	CAMPUS	$2 \cdot 10^8$ m/s	0,66 C	$5 \cdot 10^{-6}$ seg.	XARXES ESTESES.
10 Km	CIUTAT	-	DEPEN DE LA XARXA, DEL CAMI SEQUIT I DELS NODES		
100 Km	PAÍS	-			
1000Km	CONTINENT	-			
10000 Km	PLANETA	-			
					XARXES ESTESES INTERCONNECTADES

FCAP1.3 Característiques de processadors interconnectats.

sos computacionals de qualsevol complex de processament interconnectat a la xarxa - en les diverses zones geogràfiques a les quals aquesta s'estengui, tant local com nacional o internacional [Doll 1977]. Els exemples més àmpliament coneguts són les xarxes ARPANET i TYMNET a USA i CYCLADES a França, com a xarxes públiques i la xarxa TRAMS, en el nostre territori com a xarxa privada.

COMPARACIÓ DE CARACTERÍSTIQUES DE XARXES LOCALS I LONG-HAUL

CARACTERÍSTICA	LAN	WAN
Ample de banda	10Mb/s	56Kb/s
Reconeixement	de missatge en missatge	N missatges a l'hora
Mida dels missatges	petita	gran
Format missatges	normal	divisió missatges en paquets
Control de xarxa	mínima	extensiva
Topologia	simple, pocs nusos i enllaços	complexa, molts nusos i enllaços
Control de flux	mínima	extensiva
Taxa d'error	rel. baixa	rel. alta
Medi	benigne	sorollós, xarxes telefòniques
Arquitectura	dos o tres nivells més interns	ús de tots o casi tots els nivells ISO/OSI
Encaminament	No	problemàtic
Retard	petit	gran
Adreçament	intra-xarxa, simple inter-xarxa, complex	complex

TCAP1.1 Característiques de LAN i WAN.

- XARXES d'ÀMBIT LOCAL.

Les Xarxes d'Àmbit Local (LAN) són xarxes de comunicació que proporcionen la interconnexió d'una varietat de dispositius de comunicació en una àrea petita [Stallings 1984] .

Habitualment, es considera que l'àmbit de les LAN està comprès entre 10m i 10m [Kotelly 1982], encara que d'altres autors modifiquen lleugerament aquestes cotes [Hall 1981] [Lupon 1983] [Stallings 1984].

Tal com indica [Figueras 1984], els usos de la xarxa local es poden estendre a una àmplia varietat d'aplicacions, amb uns costos relativament baixos i amb unes prestacions altes. (Figura FCAP1.4).

		transferència de fitxers
	DADES	precessat de paraula
		missatges interprocessadors
USOS DE LA		
XARXA LOCAL	VEU	aplicacions digitals
	GRÀFICS	servei de videotext
		servei de facsímil

Figura FCAP1.4 Aplicacions de les xarxes locals.

1.4 -TOPOLOGIES DE LES XARXES DE COMUNICACIÓ

La topologia d'una xarxa és la distribució física dels elements que la integren [Fuselier 1984]. En tota xarxa de comunicació trobarem elements de transmissió (emissió/recepció) i canals de comunicació que els enllacen.

La manera més eficient de connectar els nusos d'una xarxa és amb connexions dedicades entre cada dos nusos de la xarxa, i d'aquesta manera s'obté una xarxa totalment connectada. Però el nombre de connexions creix amb el quadrat del nombre de nusos ($N(N-1)$) i cada nus necessita $N-1$ enllaços. El cost de la xarxa així formada fa prohibitiu el seu ús, sobretot quan el nombre d'estacions és alt, i més encara, quan les distàncies entre les estacions és gran. D'altra banda, l'ampliació del nombre d'estacions és una tasca que presenta moltes dificultats, ja que cal afegir $N-1$ línies per a cada nova estació, així com una nova connexió en cada estació. (Figura FCAP1.5)

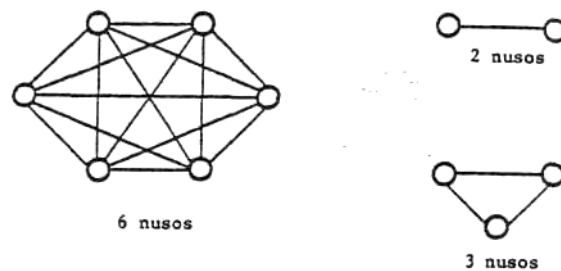


Figura FCAP1.5 Xarxes totalment connectades.

Hi ha d'altres alternatives que solucionen alguns d'aquests problemes. Una d'elles, emprada en les xarxes de llarga distància principalment, consisteix en l'ús de nusos intermedis que tenen incorporats mecanismes de retransmissió o de commutació. La comunicació entre les estacions s'estableix indirectament via nusos intermedis. L'enllaç pot seguir diferents camins. A la Figura FCAP1.6 es pot observar un dels possibles camins que seguirà un missatge transmès pel nus A fins que arriba al nus B.

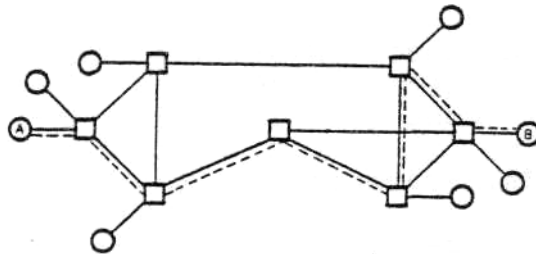


Figura FCAP1.6 Xarxa connexa de comunicació.

A les xarxes en les quals les distàncies entre les estacions són relativament curtes (xarxes d'àmbit local) es poden plantejar d'altres topologies més senzilles per a connectar totes les estacions. La interconnexió entre les estacions distribuïdes en un entorn local es pot dur a terme emprant una interconnexió punt a punt (estrella o anell) o una interconnexió multipunt (arbre o bus). (Figura FCAP1.7)

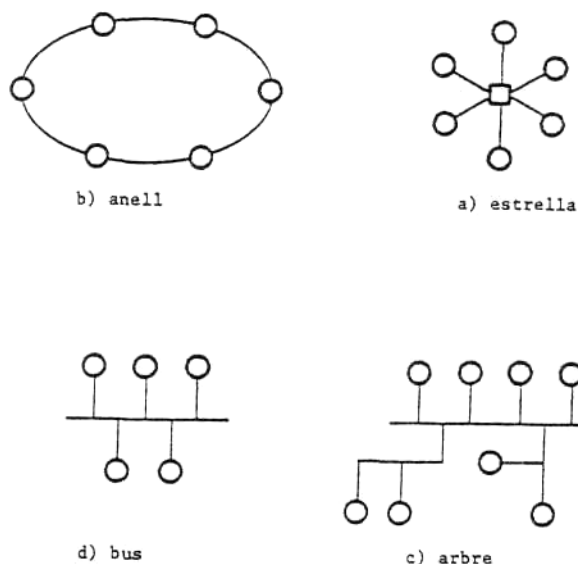


Figura FCAP1.7 Topologies punt a punt i multipunt.

1.4.1 Topologies punt a punt

La interconnexió en estrella disposa d'un element central que realitza la connexió entre els elements terminals sota petició de l'element transmissor. Un cop establert el camí, la comunicació es realitza com si hi hagués un canal dedicat entre les dues estacions. A [Rubio 1982] hi ha un excel·lent estudi d'aquest tipus d'interconnexió.

La interconnexió en anell consisteix a unir les estacions formant un cicle, on la informació, que es transfereix d'estació en estació, segueix un flux unidireccional. Una estació que desitgi transmetre i que disposa del canal lliure, transmet el missatge, que anirà passant d'estació en estació fins que aquest arriba a la seva destinació. Aquesta topologia ha rebut un fort interès i es poden consultar entre d'altres les referències [Farmer 1969], [Hopper 1977], [Saltzer 1979], [Bux 1981b], [IEEE-802].

1.4.2 Topologies multipunt

En la interconnexió en arbre, i, com a cas especial, la interconnexió tipus bus, que és un arbre sense ramificacions, la informació transmesa per qualsevol estació, arriba directament a totes les altres, ja que el canal de comunicació és comú a totes elles. Cada estació monitoritza el canal i copia els missatges que li han estat adreçats (Recepció). Però la transmissió de missatges és més problemàtica perquè en cada instant de temps, només pot ser transmès eficaçment un únic missatge; en cas contrari, els missatges s'interferirien, i s'emascararien mútuament. Aquesta és, per tant, una configuració d'accés múltiple. La natura multipunt de la topologia bus necessita algun tipus de coordinació que gestioni, en cada instant de temps, quina és l'estació que pot transmetre, per tal que hi hagi un mínim d'interferències en el bus i un màxim de rendiment.

La topologia bus és una de les més populars de les emprades en xarxes d'àmbit local. Com a exemples ben coneguts podem citar entre altres, Ethernet [Metcalfe 1976], HYPERchannel [Christensen 1979], MITRENET [Hopkins 1979].

A [Rubio 1982] es mostra de quina manera queda classificada taxonòmicament la topologia bus en funció de la seva estructura física i amb uns criteris relacionals:

Classificació: Medi regular, únic, directe, compartit.

Categoria: Prestacions mitjanes, cost mitjà.

Fiabilitat: crítica en el bus.

Exemples: CABLENET (AMDAX Corp.), XOPIAC (Data General),
MODWAY (Gould Inc.), Ethernet (Xerox Corp.), Z-net
(Zilog), etc.

Les xarxes amb topologia bus presenten unes característiques que són especialment atractives als fabricants, dissenyadors i usuaris de xarxes d'àmbit local. La seva simplicitat física dóna facilitat a la ampliació i reducció de la xarxa. Per altra banda, aquesta topologia permet que hi hagi tolerància a les falles de les estacions. Ademés, el canal pot ésser passiu i format físicament per un parell trenat de fils o per un cable coaxial, ambdós de baix cost.

1.5 PROTOCOLS DE COMUNICACIÓ

Un cop elaborat el missatge i enviat al procés de transmissió, aquest inclou una colla de funcions per al control de la transmissió. Aquestes funcions es coneixen amb els noms de: convencions, protocols de línia, formats de comunicació de línia, disciplines de línia, etc; El seu objectiu és de proporcionar als elements terminals un procediment sistemàtic, sense ambigüitats, ordenat, fiable i, en general, automàtic per a l'ús dels canals de comunicació.

La cooperació entre dues entitats que es comuniquen es governa per un conjunt de regles que s'anomena protocol [Danthine 1980], el qual especifica els procediments usats pel control del flux d'informació [Fuselier 1984],

En qualsevol protocol, cal considerar dues parts: La sincronització entre les entitats (a nivell de procés), (fase de control) i la sincronització a nivell d'intercanvi de dades (fase de dades).

Algunes de les funcions que habitualment es realitzen en la transmissió de missatges en una xarxa són: [Doll 1977]

Identificació del missatge (codis origen i destinació).

Organització dels formats. Fragmentació del missatge,

(si cal). Crida del procés de connexió al canal.

Establiment de l'enllaç

accés de l'element terminal al canal

Procediments d'intercanvi del canal

Sincronització a nivell de blocs entre elements
terminals

Senyalització de la sincronització

Control d'errors

Activitats de ruptura/ interrupció i desconnexió

Tots aquests procediments es tenen presents en el Model de Referència d'Interconnexió de Sistemes Oberts (RM ISO/OSI)/ [Zimmermann 1980]/ [ISO 1982]. Aquest model proporciona un esquema marc en tots els processos i funcions que es troben en un sistema general de comunicació. L'esquema de base consisteix en la construcció d'una estructura jerarquitzada formada per la descomposició de tot el procés de comunicació en set nivells. (Taula TCAP1.2). El missatge transmès va recorrent cadascun d'aquests nivells d'una manera seqüencial. (Figura FCAP1.8).

NIVELL	DENOMINACIÓ	CARACTERÍSTIQUES
7	APLICACIÓ	Comunicació entre processos d'usuari que cooperen. Funcions de gestió. Transferència de fitxers/ Correu electrònic. Terminal virtual, etc.

6	PRESENTACIÓ	Interpretació i normalització de dades, Transformació de codis i formats, encriptació, reformateig, etc.
5	SESSIÓ	Administració, . coordinació" i control de sessions (connexions) entre dos usuaris. Canvi de noms per adreces, obrir i tancar connexions, etc.
4	TRANSPORT	Transferència fiable i reconeixement de missatges fi a fi, connexions múltiples, fragmentació', ordenació' i reconstrucció' de missatges, etc.
3	XARXA	Establiment de camins (Encaminament), commutació de paquets en la subxarxa de comunicació, recuperació d'errors, control de flux i de congestió", etc.
2	ENLLAÇ	Establiment, manteniment i abandó" d'enllaços de dades, control d'errors i de flux, delimitadors de missatges, codis redundants (CRC), etc.
1	FÍSIC	Transmissió de bits entre nodes de la subxarxa de comunicació; Control elèctric, mecànic i funcional del circuit de dades, etc.

Taula TCAP1.2 Característiques dels nivells ISO/OSI

Cada nivell (N) es pot considerar com una màquina d'estats que proporciona uns serveis al nivell immediat superior (N+1), d'acord amb una Especificació de Servei de Nivell_N [Sunshine 1979]. Aquesta especificació és abstracta en el sentit que no descriu de quina manera el servei s'ofereix, sinó que defineix de manera genèrica la interacció entre els nivells N i N+1.

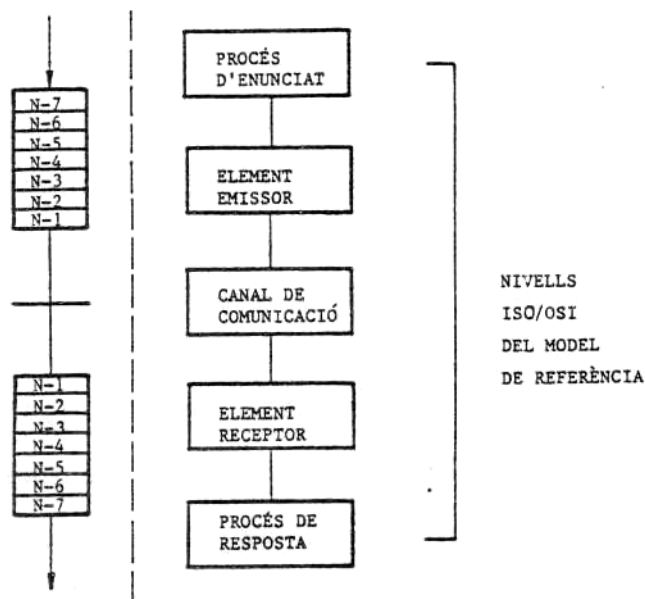


Figura FCAP1.8 Estructura de nivells ISO/OSI.

Un nivell es pot modelar com una jerarquia de subnivells. Per a l'estudi de les propietats d'un protocol situat en un nivell determinat es defineix, a més a més del seu funcionament, l'entorn en el qual és inserit. Per això és suficient la definició de les interfícies amb els processos amb els quals coopera sense necessitat de considerar els detalls de la seva realització [Garcia 1979]

La manera específica amb la que els nivells N i N+1 interaccionen es descriu en l'Especificació de la Interfície de Nivell_N, que es deriva de l'Especificació de Servei de Nivell_N. Aquí es defineix de forma particular la interacció entre l'usuari de Nivell_N+1 i el protocol de Nivell_N dins d'un sistema donat. Les entitats del mateix nivell (peer to peer) es comuniquen per mitjà d'un conjunt de regles o convencions anomenades protocol, [Stallings 1984]. Els elements clau del protocol són:

Sintaxi: Inclou qüestions tals com formats de dades i nivells de senyal.

Semàntica: Inclou la informació de control per a la coordinació i per a la manipulació dels errors.

Temporització: Inclou l'ajust de les velocitats i de les seqüències

El servei que el Nivell_N dona a l'usuari de Nivell_N+1 es realitza per mitjà de la interacció entre els Nivells_N distribuïts pels diferents sistemes de la xarxa d'acord amb un Protocol de Nivell_N. L'Especificació del Protocol és abstracta en el sentit de que descriu com és la interacció entre els nivells N i no com aquesta es realitza. La descripció es fa en termes dels serveis abstractes que proporciona als usuaris de Nivell_N+1 i dels serveis abstractes que són proporcionats pel Nivell_N-1, sense descriure les interfícies particulars, (Figura FCAP1.9).

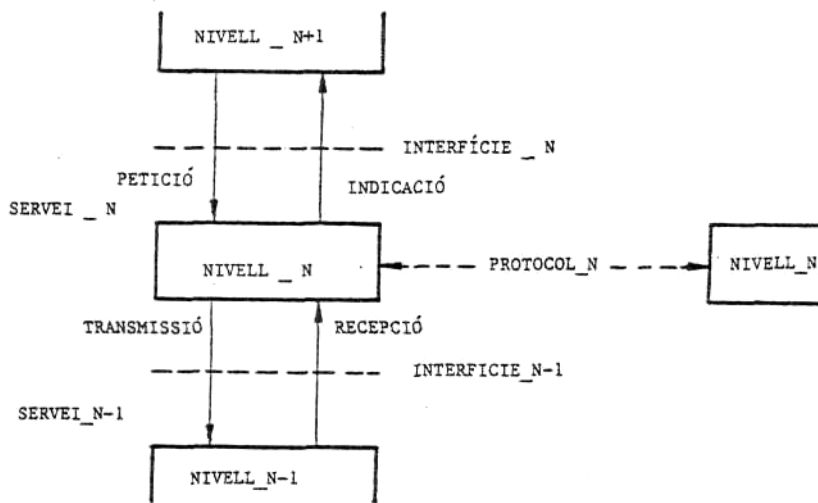


Figura FCAP1.9 Estructura del Nivell_N.

L'arquitectura modular, formada en considerar un conjunt de nivells definit cada un d'ells per l'especificació de servei, per l'especificació de la interfície i pel protocol, facilita la tasca de normalització dels processos de comunicació, (Figura FCAP1.10).

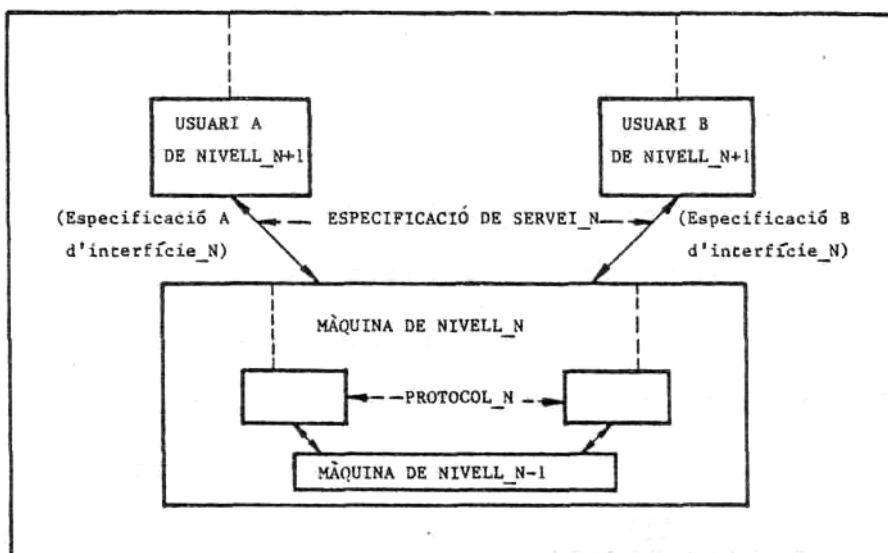


Figura FCAP1.10 La màquina de Nivell_N.

El model de referència ISO/OSI especifica quines són les funcions principals de cadascun dels set nivells que el componen. Els tres nivells més interns fan referència a la transmissió pròpiament dels missatges en la subxarxa, mentre que els quatre nivells més alts fan referència a la comunicació virtual/ extrem a extrem, entre els processos font i destinació, [Schneidewind 1983] (Figura FCAP1.11).

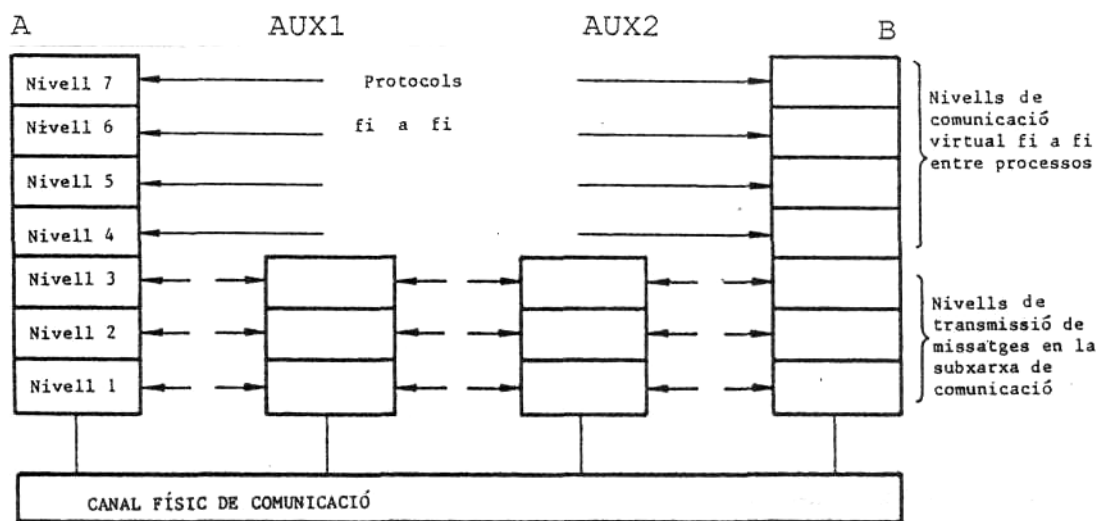


Figura FCAP1.11 Divisió funcional del nivells ISO/OSI.

La Figura FCAP1.11 mostra l'esquema general habitualment emprat de l'estructura de nivells ISO/OSI de comunicació entre dos usuaris A i B de la xarxa, entre els que hi ha nodes intermedis de xarxa, AUX1 i AUX2, els quals només utilitzen els nivells més interns per a encaminar els missatges. Un missatge transmès des de l'usuari, A al B, seguirà en aquest esquema un camí seqüencial des del nivell 7 fins al nivell 1 de A; el canal físic entre A i AUX1, del nivell 1 al nivell 3 i del nivell 3 al nivell 1 de AUX1, el canal físic fins AUX2, del nivell 1 al nivell 3 i del

nivell 3 al nivell 1 de AUX2; el canal físic fins al nivell 1 de B/ i finalment, del nivell 1 fins al nivell 7 de B. Tal com s'ha indicat anteriorment, en aquest procés han participat activament els protocols dels nivells 4 al 7 de les estacions A i B i els protocols dels nivells 1 a 3 de tots els nodes intermedis de les subxarxes de la ruta de transferència.

1.6 PROTOCOLS EN XARXES D'ÀMBIT LOCAL

La discussió anterior sobre l'estructura general d'una xarxa de comunicació admet una colla de simplificacions tan bon punt .ens fixem en les característiques pròpies d'una xarxa d'àmbit local. Tal com s'ha indicat en el capítol de topologies, la simplicitat de les topologies emprades en LAN fan innecessàries algunes de les tasques que es realitzaven en els nivells més alts (per exemple, no cal encaminament de missatges entre nusos intermedis, ja que hi ha un únic camí entre els nusos terminals, etc.). D'altra banda, les funcions dels nivells 1 i 2, i part del nivell 3, tenen sentit complet en una LAN [Stallings 1984c].

El comitè 802 de normalització de l'IEEE ha estudiat en profunditat els dos nivells més interns del model de referència ISO/OSI per aplicacions en xarxes d'àmbit local, per tal de normalitzar específicament aquests dos nivells per a diferents topologies i protocols d'accés.

El treball de la comissió 802 s'ha centrat en la subdivisió conceptual de nivell 2, d'enllaç, en dos subnivells: el subnivell de Control de l'Enllaç Lògic (Logical Link Control, LLC) i el subnivell de Control de l'Accés al Medi (Medium Access Control, MAC) (Figura FCAP1.12); Aquest últim està format per una família de normes que usen el mateix subnivell de control de l'enllaç lògic i cadascuna s'adapta particularment a un protocol d'accés al medi. Finalment, el nivell 1 s'adapta particularment a cadascun dels protocols d'accés al medi del subnivell MAC i als

canals físics específics considerats.

Així, la norma IEEE802.2 [IEEE-802] descriu les funcions i el protocol del subnivell LLC i les especificacions de les interfícies de servei al nivell superior (nivell de Xarxa) i de control de l'accés al medi (MAC).

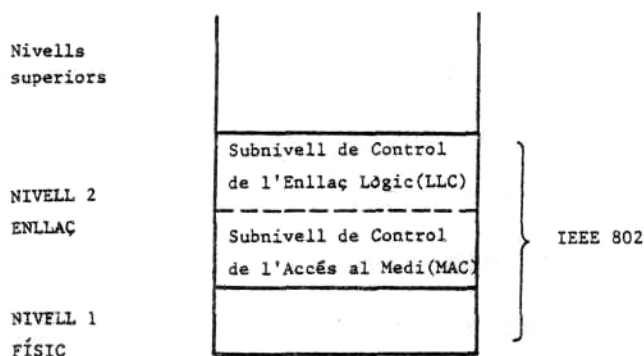


Figura FCAP1.12 Divisió del nivell 2 ISO/OSI.

Les normes IEEE802.3, IEEE802.4 i IEEE802.5 [IEEE.802], descriuen d'una banda, els protocols de MAC anomenats CSMA/CD i Token Passing sobre una topologia bus i Token Passing sobre una topologia anell respectivament; D'altra, descriuen els nivells físics associats a cadascuna de les topologies emprades.

La comissió estudia d'altres normes amb els mateixos criteris bàsics, per a aplicacions a xarxes d'àmbit metropolitana (IEEE802.6), per a canals físics de fibres òptiques (IEEE802.7) i d'altres. (Figura FCAP1.13).

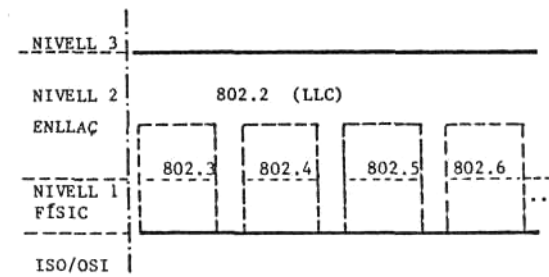


Figura FCAP1.13 Família de normes de la comisió IEEE 802

Encara que els protocols d'accés per a xarxes locals que ha elaborat la comissió 802 són els que han rebut més difusió, hi ha d'altres entitats de normalització que han elaborat les seves normes (per exemple, LDDI, [Burr 1983]), mentre que d'altres entitats les han recollit com a norma pròpia, [Dalrymple 1986].

La importància d'aquestes normes no radica només en facilitar la compatibilitat entre equips de diferents fabricants, sinó que el seu ús en gran volum permet d'integrar tots o una part dels protocols encapsulats en un circuit integrat, [Cormier 1986], i en conseqüència, en un abaratiment dels costos d'aquests sistemes de comunicació. A més a més, aquestes normes han estat la base d'altres normalitzacions de nivell superior, com és el cas de la proposta de normalització del protocols de comunicació entre processos distribuïts per a aplicacions de control de processos industrials sota la denominació de MAP [MAP

1985], que utilitza la norma IEEE802.4 com a protocol d'accés múltiple i que ha estat suportat per les principals empreses de ,desenvolupament i producció de sistemes de control industrial [Haber 1985], [Nouvel 1985], [Rosenberg 1986].

CAPÍTOL 2 PROTOCOLS D'ACCÉS

MÚLTIPLE.

2.1 -INTRODUCCIÓ

Tal com s'ha indicat en el capítol anterior, la topologia bus té com a característica remarcable que la informació transmesa per qualsevol estació arriba directament a totes les estacions connectades a la xarxa. Però pateix de l'inconvenient que si més d'una estació transmet simultàniament, la informació que circula pel canal perd el seu significat original i es diu que s'ha produït col·lisió entre missatges.

Els protocols d'accés múltiple són procediments que executen les estacions de la xarxa a fi d'aconseguir que hi hagi algun tipus de coordinació en l'accés al canal per tal que les seves transmissions siguin reeixides. Es pot dir que són procediments d'assignació del canal a les estacions de la xarxa; L'estació que té assignat el canal és la que pot transmetre.

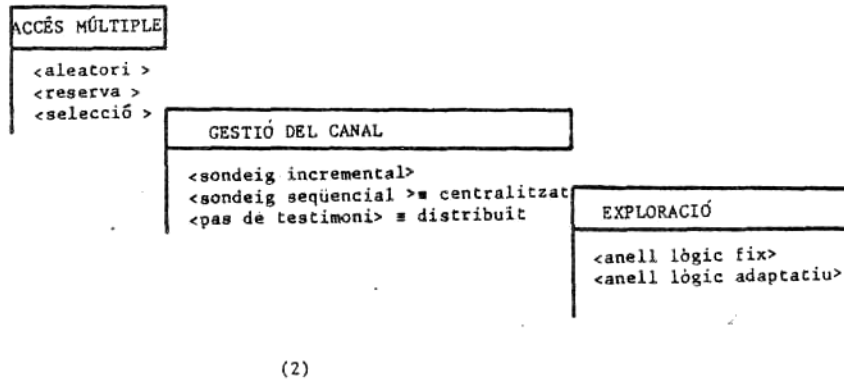
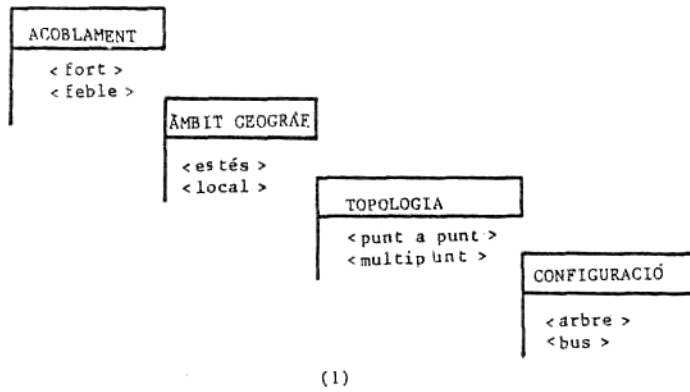


Figura FCAP2.1 Classificació de les xarxes de comunicació.

(1) Aspectes topològics. (2) Aspectes funcionals.

2.2 -ESQUEMES D'ACCÉS MÚLTIPLE.

2.2.1 Classificació dels protocols d'accés múltiple

Els protocols d'accés múltiple es poden classificar atenint-se a diversos criteris:

Criteris amb referència de com es realitza l'assignació:
Protocols deterministes quan a priori es pot conèixer quina serà la seqüència d'assignació o la següent estació que tindrà assignat el canal, davant dels Protocols aleatoris en el cas contrari.

Criteris de cooperació i competència: Protocols de cooperació, quan les estacions de la xarxa cooperen mútuament a l'hora d'assignar el canal a un usuari, davant dels Protocols de competència, quan diverses estacions tenen assignat el canal i competeixen en el seu ús.

Criteris en relació a l'evolució temporal del procediment d'assignació del canal: Protocols estàtics que es contraposen als protocols adaptatius; aquests últims modifiquen l'estructura del procediment d'assignació a mida que evolucionen els paràmetres operacionals de la xarxa.

Criteris en relació a la informació de coordinació: Protocols purs, quan la informació de coordinació és buida, (coordinació nul·la o coordinació absoluta) i els protocols no purs, en els casos intermedis.

Criteris en relació a com es realitza l'assignació:
Protocols centralitzats, quan una estació gestiona i coordina l'assignació del canal a totes les estacions;
Protocols distribuïts, quan totes les estacions cooperen d'alguna manera en l'execució de l'algorisme d'assignació.

Habitualment, la classificació dels protocols d'accés múltiple es fa atenint-se al primer criteri indicat. A Luczak [Luczak 1978] es presenta una classificació d'esquemes d'accés múltiple sobre la topologia bus.

2.2.2 Protocols aleatoris

Els esquemes d'assignació aleatòria són esquemes de competència en l'accés al canal i tenen com a base el protocol ALOHA [Abramson 1970].

El protocol ALOHA està particularment adaptat per a sistemes de comunicació de missatges de dades que usen canals de ràdio o via satèl·lit i s'ha portat a terme a la Universitat de Hawaii. Aquest protocol és aleatori, de competència, estàtic, pur i (implícitament) distribuït.

El seu funcionament bàsic consisteix en el fet que qualsevol usuari, quan té un missatge de dades pendent per a enviar, realitza l'accés al bus i el transmet tot sencer, ja que les estacions no cooperen en absolut i totes consideren que tenen permanentment assignat el canal

El resultat d'aquest mecanisme és la col·lisió freqüent entre els missatges de dades que envien diferents usuaris, i, per tant, la necessitat de la seva retransmissió.

S'han platejat diverses extensions sota la base de l'ALOHA per tal de minimitzar la probabilitat de col·lisió dels missatges de dades. El mecanisme ALOHA-Ranurat (Slotted-ALOHA), [Schwartz 1977] fa discret el temps del canal i només permet que s'iniciïn transmissions al començament -de cada fragment (slot). La probabilitat de col·lisió queda reduïda a la meitat.

Amb el model CSMA (Chanel Sense Múltiple Access)»[Kleinrock 1975a], qualsevol estació només transmet quan, després d'escoltar el canal, no detecta que hi hagi cap missatge en curs de transmissió. La probabilitat de col·lisió depèn principalment del temps de propagació dels senyals per la xarxa. El mecanisme de detecció de col·lisions (/CD) permet detectar la col·lisió tant aviat com aquesta es produeix. Davant la detecció d'una col·lisió, les estacions implicades deixen de transmetre i abandonen el control del canal durant un interval de temps; d'aquesta manera, les altres estacions poden transmetre pel canal. L'instant de retransmissió dels missatges col·lisionats s'escull amb un criteri que minimitza la probabilitat de col·lisió dels missatges retransmesos de nou. Així, el CSMA/CD p-persistent [Kleinrock 1975] dona una probabilitat p de retransmetre en el següent instant de temps, mentre que ETHERNET [Metcalfe 1976] fa ús d'un generador de

nombres pseudo-aleatoris multinivell de cara a triar l'instant de retransmissió.

Els protocols aleatoris no poden garantir que un missatge de dades determinat podrà ésser transmès en un temps fitat; Això és degut a que, en el cas més desfavorable l'estació implicada pot perdre sempre en el procés de competència que s'estableix entre les estacions per tal d'accedir al canal.

Altres mecanismes de la mateixa família usen un criteri determinista o pseudo-determinista per tal d'evitar les col·lisions dels missatges retransmesos (CSMA/CA)/[Kurose 1984]. per tal de poder així fitar el temps màxim d'espera dels missatges de dades.

2.2.3 Protocols deterministes

Els protocols d'accés múltiple determinista són esquemes d'assignació que, en cada instant de temps, només permeten que una única estació tingui assignat el canal per a transmetre els seus missatges de dades.

El més clàssic d'aquests esquemes és el de multiplexatge temporal, (TDMA), el qual es pot classificar com un protocol determinista, de cooperació, estàtic, pur i que pot estar gestionat centralitzadament o distribuïdament.

El funcionament bàsic consisteix en la divisió del temps de transmissió en tants fragments, (slots), com estacions pugui tenir la xarxa; cada usuari col·loca el seu missatge de dades, quan en té, en el seu fragment. Aquest mecanisme

és clarament eficient quan la càrrega és alta i uniformement repartida, ja que el canal contindrà missatges de dades gairebé contínuament; Però si alguna d'aquestes condicions no es compleix, hi haurà força fragments (slots) que no contindran missatge; Aquest fet produeix una pèrdua important de l'eficiència del canal.

Per tal d'aprofitar els fragments de temps corresponents als usuaris que no tenen missatges de dades per a transmetre i augmentar així l'eficiència del canal, s'han proposat diversos mètodes que es poden agrupar com a esquemes de reserva i esquemes de selecció. En tots dos esquemes s'estableix un diàleg, (que pot ésser implícit), entre els elements de la xarxa per tal de poder determinar quina serà l'estació que tindrà el canal assignat. Aquest diàleg serà, (en principi), de contingut nul o buit d'informació, des del punt de vista dels nivells superiors i estarà format per un conjunt d'estímuls i de respostes davant d'aquests estímuls, que tindran la finalitat abans indicada.

2.2.3.1 Esquemes de reserva

Els esquemes d'accés per reserva, usats habitualment en xarxes controlades centralitzadament, es coordinen reservant, (explícita o implícitament) per a cadascuna de les estacions de la xarxa, un període de temps perquè puguin transmetre els seus missatges de dades. Habitualment fan ús d'un mecanisme bifàsic d'assignació del canal: a la primera fase (fase de reserva), les estacions amb mis-

satges de dades pendents procedeixen a realitzar la reserva o sol·licitud de l'accés; a la segona fase (fase de transmissió de missatges), les estacions que han reservat el canal transmeten els seus missatges de dades.

A l'esquema Bit-map [Kleinrock 1977] la fase de reserva està formada per un pseudo-missatge compost per un nombre de mini-fragments igual que el nombre d'estacions, el qual circula pel canal; totes les estacions tenen oportunitat d'indicar la seva voluntat o no d'usar el bus col·locant, en el fragment que li correspon d'aquest missatge, una reserva explícita. Durant la fase següent, se serveixen ordenadament les estacions que han fet la seva reserva. Atès que el primer fragment pot ésser llarg, (sobretot si hi ha gran nombre d'estacions), Rothauser i Wild han plantejat l'esquema MLMA [Rothauser 1977] en el qual es codifica la reserva i es redueix així aquesta longitud. Però aquest esquema, que pot funcionar correctament en condicions de baixa càrrega presenta dificultats quan aquesta és alta i uniformement repartida, ja que la codificació no és unívoca.

2.2.3.2 -Esquemes de selecció.

El mètode d'accés per selecció es caracteritza perquè només l'estació efectivament seleccionada pot transmetre pel canal. Totes les estacions que en un instant determinat desitgen transmetre han d'esperar a ésser seleccionades per fer-ho. L'algorisme de selecció explora cíclicament totes les estacions i assigna el control del canal només a una

estació, en cada instant de temps. L'algorisme de selecció pot ésser realitzat centralitzadament o distribuïdament.

En el cas centralitzat hi ha una única estació que fa les funcions de coordinació i d'àrbitre del canal. La seva operació bàsica consisteix en el fet que aquesta estació central transmet a l'estació seleccionada una primitiva de permís d'ús del canal; L'estació seleccionada transmet els missatges de dades pendents i tot seguit envia a l'estació central una primitiva d'abandonament del bus; L'estació central reempren el procés de selecció d'una nova estació.

En el mètode de selecció distribuït no hi ha cap estació específica que sigui la que gestioni l'accés de les estacions/ sinó que totes les estacions de la xarxa col·laboren a la realització de l'algorisme de selecció, distribuït localment en cada estació. El dret de transmissió circula per les estacions en forma d'una primitiva que assigna el canal a l'estació seleccionada.

L'esquema centralitzat clàssic per selecció és el de sondeig, (Roll-Call Polling): L'estació central selecciona una estació i transmet la seva adreça. L'estació seleccionada la reconeix i pren el control del canal; transmet els missatges de dades que té a la seva cua d'espera i quan acaba o quan no té cap missatge de dades per transmetre, retorna el control del canal a l'estació central. Aquesta última envia el dret a la següent estació de la xarxa i així es va procedint cíclicament.

L'esquema distribuït clàssic és el de Pas de Testimoni (Token Passing). El testimoni és un missatge especial que va circulant per les estacions de la xarxa i que dóna el dret de transmetre a l'estació que el posseeix. Inicialment es genera un procés que assigna a cada estació l'adreça del següent usuari del canal, i es genera així un anell lògic sobre una topologia bus. L'operació estacionaria exigeix que quan l'estació que té el control del testimoni ha acabat de transmetre, l'ha de transferir al seu successor.

Vist des del punt de vista del procediment d'accés, podem considerar que una estació qualsevol de la xarxa, als instants de selecció, està en un entre dos estats: pendent, si aquesta té missatges de dades pendents de transmetre; repòs, en el cas contrari. Quan l'estació seleccionada està en l'estat de repòs, no usarà pas el canal per a transmetre cap missatge i, per tant, es pot dir que el temps emprat en la selecció d'aquesta estació s'ha gastat inútilment (errada en la selecció).

El canal (bus), per tant, s'utilitza per a dues funcions: la coordinació del dret d'ús i la transferència de dades. Aquesta serà menys eficient com més llargs siguin els missatges de coordinació, com més gran sigui el nombre d'usuaris i com més gran sigui la longitud de la xarxa, (a causa dels efectes que la longitud té en el temps de propagació). I per a aquestes condicions fixades, la transferència de dades serà més eficient quan la càrrega

sigui alta i uniformement repartida entre totes les estacions, ja que la major penalització és imposada per les errades en el pas del dret.

Per a millorar el rendiment del bus, comptabilitzat per la taxa d'encerts en el pas del dret, atès que hi ha estacions amb missatges de dades pendents, s'han proposat diverses alternatives.

Quan hi ha desequilibri de les càrregues, es poden donar diferents alternatives de transmissió dins del mateix cicle a les estacions més carregades. El cicle ve determinat per la condició que totes les estacions han tingut oportunitat de transmetre. En el cas centralitzat, aquesta opció s'implementa en ampliar la llista del cicle amb les adreces . de les repeticions.

IBM ha plantejat un mètode [Vidaller 1983] que és aplicable a xarxes amb la gestió central i amb una longitud elevada. Aquest consisteix a enviar les consultes més ràpidament que no pas el temps de propagació i estimar quina és l'estació que respon en funció del temps transcorregut, per a fer després la cerca amb' velocitat normal.

Una altra opció perquè augmenti el rendiment del canal dins dels esquemes de selecció és d'intentar que el nombre d'encerts sigui màxim en tota condició de funcionament de la xarxa, fent que l'algorisme de selecció es modifiqui en funció de l'operació de la xarxa per tal de minimitzar les errades de selecció.

2.2.3.3. Esquemes Adaptatius

Els protocols d'assignació adaptativa modifiquen automàticament l'estructura de coordinació a mida que les mesures operacionals de la xarxa evolucionen amb el temps. L'objectiu de l'adaptativitat és, des del punt de vista del comportament, tenir un protocol d'accés al medi que tingui millors característiques que els protocols estàtics.

La informació que circula pel canal, en una xarxa de topologia de tipus bus, pot ésser captada per totes les estacions; en la operació normal, juntament amb els missatges de dades, s'envia o es pot deduir informació explícita o implícita, que pot ésser utilitzada per l'algorisme adaptatiu com a mesures operacionals de la xarxa.

Entre els protocols aleatoris, els esquemes adaptatius que han rebut un interès més fort són el protocol "URN" [Kleinrock 1978a] i l'esquema "DECISION TREE" [Capetanakis 1979a].

En el protocol URN es considera que el temps està fragmentat; es fa una estimació del nombre m d'estacions actives que hi ha en cada fragment (slot). En funció d'aquest valor, es permet que k estacions tinguin assignat el canal. Aquestes estacions transmeten, seguint l'esquema clàssic aleatori. L'estimació del valor que pren m , el proporciona el nombre d'estacions implicades en les col·lisions de cada fragment (slot). En funció d'aquest es fa l'ajust de k .

El nom el pren del model d'urnes en el qual es fa una selecció de k boles en una urna on hi ha m negres (pendents) i $N-m$ blanques (repòs) amb l'objectiu de cercar la k que faci màxima la probabilitat que en la mostra només hi hagi 1 bola negra. L'esquema òptim dona que k és la part sencera de la fracció (N/m) .

Aquest esquema convergeix al protocol ALOHA - (ranurat) en condicions de càrrega baixa i al protocol de divisió temporal (TDMA) quan la càrrega és alta i uniformement repartida.

- . El model d'arbre de decisió de Capetanakis consisteix en la resolució de les col·lisions que es van produint fent una divisió de les estacions en un esquema d'arbre i en assignar el canal a les estacions que estan per sota dels nusos d'un determinat nivell. Aquest nivell anirà evolucionant en funció de les col·lisions que es vagin produint.

Entre els protocols de selecció s'ha plantejat el protocol adaptatiu centralitzat "PROBING" (Hayes1978). Aquest es basa en el protocol de sondeig/ però la selecció es fa a grups d'estacions de la xarxa. En el cas que alguna d'aquestes tingui missatges de dades per a enviar, torna a preguntar d'una manera alternativa a grups més reduïts fins a aïllar la o les estacions que han sol·licitan fer ús del canal. Per acabar d'arrodonir el mètode, la mida del grup la fa que depengui del nombre de blocs de dades transmesos en el cicle anterior. El procediment identifica les

estacions que tenen pendents de transmetre missatges de dades per mitjà d'un procés d'eliminació que estructuralment és similar a l'esquema de Capetanakis, ja que es forma un arbre similar al de decisió anterior.

La tècnica és adaptativa en triar la mida dels grups seleccionats d'acord amb la probabilitat que els terminals tinguin missatge de dades. L'objectiu de l'adaptabilitat és el fet de minimitzar el temps mitjà necessari de cara a examinar totes les estacions.

Aquest protocol té característiques de funcionament similars a les indicades pels altres protocols adaptatius. En situació de baixa càrrega, el procés de selecció és ràpid i, per tant, el temps d'accés és curt, mentre que en situació de càrrega alta repartida homogèniament, el protocol tendeix al model de sondeig, que és el millor que es pot tenir sobre la base de selecció.

2.3 CARACTERÍSTIQUES DELS PROTOCOLS D'ACCÉS MÚLTIPLE.

El que interessa d'un protocol d'accés múltiple és que tingui bones característiques temporals per a tota condició de càrrega, que el control pugui ser centralitzat o distribuït, i que tingui temps fitat d'accés (latència fitada).

En els apartats anteriors hem analitzat els diferents protocols d'accés múltiple. Com a resum es pot indicar que els protocols d'accés aleatori són els que presenten les millors característiques temporals quan la càrrega és baixa; per naturalesa pròpia són de control de l'accés distribuït; tenen tendència a no ésser estables per a càrregues mitjanes-altes, (zona de resistència negativa) i tenen un temps d'accés no fitable.

Per altra banda, els protocols de selecció poden ser centralitzats o distribuïts, tenen un temps d'accés fitable, són estables en tota condició de càrrega i presenten bones condicions temporals per a càrrega alta mentre que si la càrrega és baixa o no homogènia, hi ha la penalització imposada per la seqüència de selecció.

Fins i tot els protocols adaptatius exposats, encara que milloren algunes de les condicions anteriors, tots ells presenten un baix rendiment quan la càrrega no està uniformement repartida o el tràfic de les estacions és a ràfegues (bursty), ja que el procediment de modificació de l'estructura d'assignació del canal es basa en valors

estadístics dels paràmetres suposadament uniformes de la xarxa.

El protocol que es presenta en aquesta tesi es classifica entre els protocols de selecció; aquest protocol pot ser centralitzat o distribuït, i es diferencia dels altres protocols de selecció en el mètode emprat a l'hora d'assignar el canal a les estacions.

El mètode de selecció emprat pel protocol consisteix en l'estimació de la possible següent estació que pot necessitar el canal i en seleccionar condicionalment aquesta estació; Aquesta selecció condicional afecta un grup d'estacions, que poden sol·licitar d'ésser seleccionades; en aquest cas, el protocol realitza els passos necessaris de cara a què aquestes estacions ho siguin efectivament.

De fet, el model que es presenta genera una família de protocols i cadascun es diferencia dels altres en el criteri emprat en l'estimació de l'estació que a continuació pot necessitar l'assignació del canal.