

XARXES (GEINF i GDDV) CURS 2017/18
Segon examen parcial de teoria i problemes (19 de gener de 2018)

Nom: _____

DNI: _____

La duració de l'examen és de 2 hores.

No es poden utilitzar apunts.

Test (5 punts)

OPCIÓ A

Una resposta correcta suma 0.500 punts, una incorrecta resta 0.125 punts, i una no contestada suma zero. Fes servir la taula que tens a sota (les respostes que no estiguin a la taula no es comptaran).

Respostes

1)	a	b	c	d
2)	a	b	c	d
3)	a	b	c	d
4)	a	b	c	d
5)	a	b	c	d
6)	a	b	c	d
7)	a	b	c	d
8)	a	b	c	d
9)	a	b	c	d
10)	a	b	c	d

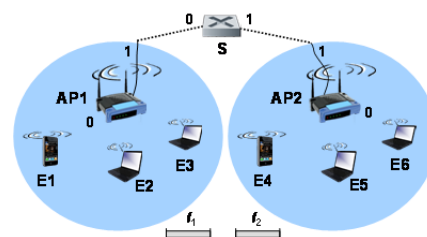
- 1) La xarxa de la figura està formada per les estacions E1, E2... E6, el commutador *Ethernet* S i els Punts d'Accés Wi-Fi (ahora ponts *Ethernet*/Wi-Fi) AP1 i AP2. Quina és CERTA?

a. Quan la taula d'S està completa conté (amb el format [destí, interfície]): [@MAC AP1₀, S₀] i [@MAC AP2₀, S₁].

b. Quan la taula d'AP1 està completa conté (amb el format [destí, interfície]): [@MAC E1, E2 i E3, AP1₀] i [@MAC AP2₀, AP1₁].

☒ c. Cada AP ha de tenir una @MAC (o BSSID) diferent, i un identificador de xarxa Wi-Fi (o SSID) igual o diferent.

d. Un paquet d'informació Wi-Fi que E1 envia a E5 porta les @MAC d'E1, E5, AP1₀ i AP2₀.



- 2) En una xarxa de commutació de paquets amb circuit virtual (VC), quina és FALSA?

a. Abans d'enviar-se paquets d'informació d'un determinat flux, cal que les taules de VCs dels commutadors del camí que es seguirà, tinguin una entrada corresponent a aquest flux.

b. Les taules d'encaminament es consulten durant la creació (l'establiment) d'un VC.

c. Per reenviar els paquets d'informació d'un flux, els commutadors no consulten les taules d'encaminament sinó les taules de VCs.

☒ d. Si les taules d'encaminament canvien els paquets d'un VC aniran per un altre camí.

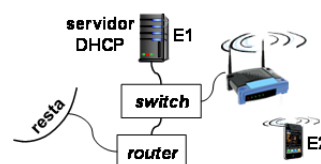
- 3) Després d'associar-se a la xarxa Wi-Fi de la figura, l'estació E2 engega un Client (C) DHCP (*Dynamic Host Configuration Protocol*) que parla amb el Servidor (S) DHCP d'E1. Quina és FALSA?

a. Amb DHCP, la configuració de xarxa IP d'E2 no s'ha de fer manualment sinó que es fa automàticament: una adreça IP (@IP) lliure dins el rang de la xarxa, la longitud del prefix o màscara, l'@IP del router i l'@IP del servidor DNS local.

☒ b. A la figura, el S (o bé un DHCP *relay agent*) està a la mateixa xarxa IP on arriba E2, però si estigués en una altra (és a dir, més enllà del router), també funcionaria.

c. Els paquets que s'envien el C i el S són paquets DHCP *Discover*, *Offer*, *Request*, *ACK*, etc., dins paquets UDP amb #port 67 i 68, dins paquets IP amb #protocol 17.

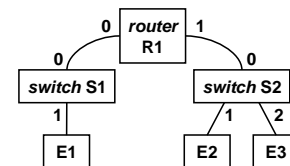
d. Com que E2 encara no té @IP, i el C no sap l'@IP del S, C i S es comuniquen fent *broadcast* IP a la xarxa local (@IP destí 255.255.255.255), i per tant tothom rep els paquets DHCP.



- 4) Quant a les xarxes de commutació de paquets amb la tècnica de datagrama, quina és FALSA?
- a. Per descobrir l'enllaç de sortida on reenviar, el node llegeix l'adreça de destí del paquet i consulta la taula d'encaminament.
 - b. La capa IP d'Internet i l'*Ethernet* commutada en són exemples.
 - c. Paquets consecutius d'un mateix flux poden seguir camins diferents si l'encaminament canvia.
 - ☒ d. Els nodes mantenen una taula de circuits o connexions establertes.
- 5) Una xarxa de commutació de circuits amb TDM (*Time Division Multiplexing*) digital síncrona proporciona circuits de 3 Mbps. Quina és FALSA?
- a. A cada enllaç hi ha un senyal digital amb una velocitat de transmissió que té un valor múltiple de 3 Mbps.
 - b. A cada enllaç hi viatja un senyal digital amb una seqüència de símbols digitals dividida en "trossos", i per transportar un flux se li assigna un d'aquests trossos a cada enllaç del camí.
 - ☒ c. En un determinat enllaç la trama TDM té una duració de 3 ms i està formada per 3 canals temporals de 3000 bits cadascun.
 - d. Un circuit és una "concatenació" de canals temporals, un a cada enllaç del camí escollit.
- 6) En una xarxa hi ha 3 estacions, E1, E2 i E3. Mentre E1 està enviant un paquet, E2 i E3 en volen enviar un altre. Quina és FALSA?
- a. Si és una xarxa *Ethernet* (antiga) de difusió, amb un repetidor de 3 ports i una estació a cada port, és segur que hi haurà una col·lisió dels enviaments d'E2 i E3.
 - b. Si és una xarxa *Ethernet* commutada, amb un commutador de 3 ports, una estació a cada port i *full-duplex*, és segur que no hi haurà una col·lisió dels enviaments d'E2 i E3.
 - c. Si és una xarxa Wi-Fi, amb un Punt d'Accés al qual s'han associat les tres estacions, és poc probable que hi hagi una col·lisió dels enviaments d'E2 i E3.
 - ☒ d. Si és una xarxa *Ethernet*, amb un commutador de 2 ports unit a E3 i a un repetidor de 3 ports, i E1 i E2 unides al repetidor, és segur que hi haurà una col·lisió dels enviaments d'E2 i E3.
- 7) Quant als *routers* que fan NAT (*Network Address Translation*), quina és FALSA?
- a. Un *router* NAT té una interfície a la xarxa interna i una altra a Internet, però des del punt de vista d'Internet és vist com una estació, no com un *router*.
 - b. Un *router* NAT manté una taula que relaciona adreces de *sockets* seus (@IP externa d'Internet, TCP o UDP, número de port) amb adreces de *sockets* de les estacions internes.
 - c. La xarxa interna té un rang d'adreces privat (p.e., 192.168.0.0/16) i no forma part d'Internet.
 - ☒ d. No és possible fer que un servidor a una estació interna sigui accessible des d'Internet.
- 8) Quant al protocol ICMP (*Internet Control Message Protocol*), quina és CERTA?
- a. ICMP, un protocol que serveix per notificar errors en el lliurament de paquets IP i altres informacions relacionades, va dins paquets IP amb #protocol 6.
 - b. Quan un *router* rep un paquet IP, li reescriu el camp TTL restant-li 1, i si surt 0, no el reenvia (el descarta); llavors el *router* envia a l'adreça destí un paquet ICMP indicant-ho.
 - ☒ c. Quan un *router* rep un paquet IP, li llegeix l'adreça destí i la busca a la taula d'encaminament per saber a on reenviar-lo; si no la troba, envia a l'adreça origen un paquet ICMP indicant-ho.
 - d. Quan una estació rep un paquet TCP o UDP amb un #port destí que no està associat a cap *socket*, no envia a l'adreça origen un paquet ICMP per indicar-ho sinó un paquet TCP o UDP.
- 9) Una estació (la seva interfície *Ethernet*) té l'adreça IP 80.10.8.89, la màscara 255.255.255.192 i un únic "següent" *router* d'adreça IP 80.10.8.1. Quina és CERTA?
- a. L'estació es troba en una xarxa IP de prefix 80.10.8.0/26.
 - b. La taula d'encaminament IP de l'estació, amb format [destí, següent, interfície], té dues línies: [x1 (80.10.8.0/24), directe, E1 (80.10.8.89)], i [resta, R1₁ (80.10.8.1), E1 (80.10.8.89)], on E1 és l'estació, x1 la xarxa IP on es troba, i R1₁ el *router* (de fet la seva interfície 1 a x1).
 - c. El rang d'adreces IP de la xarxa on es troba l'estació va de 80.10.8.0 fins a 80.10.8.127.
 - ☒ d. L'adreça IP del *router* no està dins el rang d'adreces IP de la xarxa on es troba l'estació, i per tant, alguna d'aquestes adreces o la màscara és incorrecte.

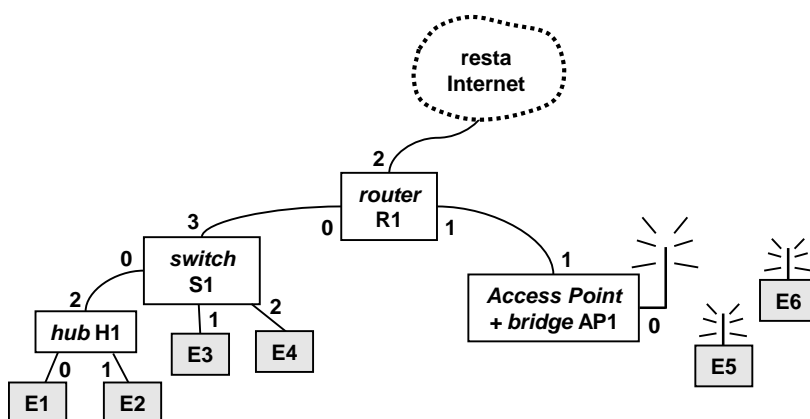
10) L'estació *Ethernet* E1 envia un paquet IP a l'estació *Ethernet* E2 (@IPE1 és l'adreça IP d'E1, @MACR1₁ és l'adreça MAC de la interfície 1 del router R1, etc.). Quina és CERTA?

- E1 envia un paquet IP dins *Ethernet*; els camps d'IP són: @origen = @IPE1, @destí = @IPR1₀, #protocol p.e. "UDP", info = paquet UDP.
- E1 envia un paquet IP dins *Ethernet*; els camps d'*Ethernet* són: @origen = @MACE1, @destí = @MACE2, @protocol superior = "IP", info = paquet IP.
- Si a la taula ARP (*Address Resolution Protocol*) d'E1 no hi ha l'@MAC d'E2, E1 ho pregunta a tothom enviant un paquet ARP *request* dins *Ethernet*, amb @destí = FFF...F, i el paquet arriba a R1, E2 i E3; llavors només E2 li respon, amb un paquet ARP *reply* que conté l'@MACE2.
- Si E1 ha enviat paquets a E3 fa poca estona, la taula ARP d'E1 conté l'@MAC de R1₀.



Exercici (5 punts)

La xarxa d'una organització (veieu la figura) està formada per les estacions E1, E2, ...E6, el commutador *Ethernet* S1, el repetidor *Ethernet* H1, el Punt d'Accés Wi-Fi (ahora pont *Ethernet*/Wi-Fi) AP1, i el router R1. Les adreces MAC de totes les interfícies es troben a la taula.



interfície	@MAC
E1	00-16-B6-F7-1D-51
E2	00-A3-61-5B-B5-04
E3	00-11-D8-62-E5-7E

interfície	@MAC
E4	00-16-6C-FA-F1-B9
R1 ₀	00-C3-2D-FF-56-16
R1 ₁	00-1D-60-EE-4F-5F

interfície	@MAC
AP1 ₀	00-0A-41-19-79-00
E5	00-22-15-FA-F1-B9
E6	00-23-F4-62-F8-AA

El router R1 uneix la xarxa de l'organització a la resta d'Internet (a través del seu *Internet Service Provider* o ISP). La seva interfície R1₂ és ADSL, té l'adreça IP 84.1.5.3, la màscara 255.255.255.0 i un únic "següent" router d'adreça IP 84.1.5.1. L'organització disposa del prefix de xarxa IP 223.1.2.0/24, i fa *subnetting*, és a dir, divideix el seu rang d'adreces en diversos rangs més petits, els quals assigna a les xarxes internes. En aquest cas, la divisió es fa en rangs de 32 adreces.

Es demana el següent:

- Quantes xarxes IP hi ha a l'organització (anomenen-les x1, x2, etc.) i qui en forma part (és a dir, els que tenen adreça IP)?
- Escriviu el rang d'adreces IP de la xarxa de l'organització (anomenen-la xorg).
- Feu el *subnetting* (de la manera descrita abans) i escriviu el prefix de xarxa IP de cadascuna de les xarxes i el rang d'adreces IP corresponent.
- Feu l'assignació de les adreces IP (feu servir la notació @IPE1, @IPR1₀, etc.).
- Escriviu les taules d'encaminament IP de l'estació E1 i del router R1, segons el criteri del camí més curt mesurat en nombre de salts. Feu servir el format [destí, següent, interfície], i indiqueu tant el nom (és a dir, x1, E1, R1₀, etc.) com l'adreça corresponent.
- Suposeu que la taula del commutador S1 i la del Punt d'Accés AP1 (ahora pont) estan totalment completes, i escriviu el seu contingut. Feu servir el format [destí, interfície], i indiqueu tant el nom (és a dir, E1, R1₀, etc.) com l'adreça corresponent.

- g) Supposeu que els únics paquets IP que s'han enviat darrerament són els que l'estació E1 ha enviat a E3, E4 i E5, i escriviu el contingut de la taula ARP d'E1 i R1. Feu servir el format [@IP, @MAC], i indiqueu tant el nom (és a dir, E1, R1₀, etc.) com l'adreça corresponent.
- h) En el supòsit dels apartats anteriors, expliqueu com es transporta un paquet IP des de l'estació E1 fins a la E5, és a dir, expliqueu com actuen les estacions i dispositius de xarxa implicats (repetidors, commutadors, Punts d'Accés i *routers*; consulta en taules; a quines estacions arriba un paquet, etc.), i dibuixeu els paquets que es generen (amb adreces, etc.; feu servir la notació @IPE1, @IPR1₀, @MACE1, @MACR1₀, @MACAP1₀ o BSSID1, etc.).

NOTA:

- El commutador S1 i el Punt d'Accés AP1 no són dispositius de xarxa gestionables remotament.
- Feu servir la següent notació: @IPx1 per al prefix de la xarxa IP x1, @IPE1 per a l'adreça IP (@IP) de l'estació E1, @IPR1₀ per a l'@IP de la interfície 0 del *router* R1, @MACE1 per a l'adreça MAC (@MAC) de l'estació E1, @MACR1₀ per a l'@MAC de R1₀, @MACAP1₀ o BSSID1 (*Basic Service Set IDentification*) per a l'@MAC (de la interfície 0) del Punt d'Accés AP1, etc.
- El format "resumit" d'un paquet *Ethernet* (*Ethernet II* o IEEE 802.3 *Ethernet* + IEEE 802.2 LLC) és

delim.	altres	@destí	@origen	@prot.sup	info.	CE
--------	--------	--------	---------	-----------	-------	----

on "@prot.sup." indica el protocol usuari i "info." és el paquet del protocol usuari (IP, ARP, etc.).
- El format "resumit" dels paquets Wi-Fi (IEEE 802.11 Wi-Fi + IEEE 802.2 LLC) és

delim.	altres	tipus	a/de l'AP	@1	@2	@3	#seq.	@prot.sup	info.	CE
--------	--------	-------	-----------	----	----	----	-------	-----------	-------	----

delim.	altres	tipus	@destí	CE
--------	--------	-------	--------	----

en el cas dels ACKs,
on "tipus" indica el significat del missatge (informació, ACK, *beacon*, associació, autenticació, etc.),
"a/de l'AP" indica si l'envia una estació cap a l'AP ("a l'AP") o al revés ("de l'AP"), @1 és l'adreça de qui rep (l'estació o l'AP), @2 és l'adreça de qui envia (l'estació o l'AP) i @3 és l'adreça del tercer implicat (una estació), "#seq." és el número de seqüència del paquet, "@prot.sup" indica el protocol usuari i "info." és el paquet del protocol usuari (IP, ARP, etc.).
- El format "resumit" d'un paquet IP (IPv4) és

altres	@origen	@destí	#protocol	CE	info.
--------	---------	--------	-----------	----	-------

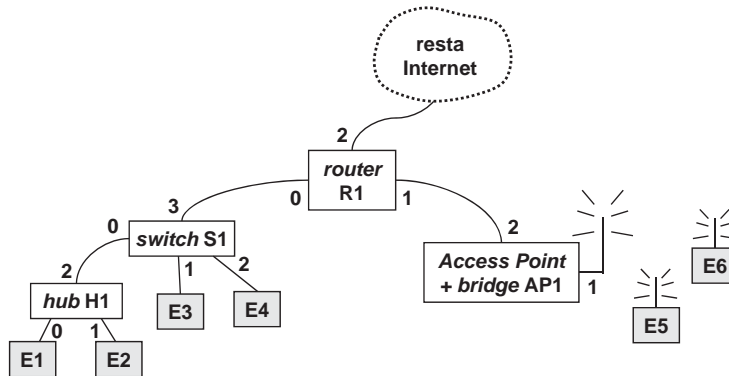
(CE no inclou "info."),
on "#protocol" indica el protocol usuari i "info." és el paquet del protocol usuari (TCP, UDP, etc.).
- El format "resumit" dels paquets ARP és

altres	tipus	@MACorigen	@IPorigen	@MACdestí	@IPdestí
--------	-------	------------	-----------	-----------	----------

on "tipus" indica el seu significat (petició o resposta).

Quines xarxes IP hi ha? (i)

Una xarxa IP és un conjunt d'interfícies (de nodes, és a dir, estacions o *routers*) que tenen un mateix prefix d'@IP



Quins "elements" tenen capa IP? Estacions i *routers*, és a dir, les estacions Ex i el *router* R1. A sota d'IP, tots tenen una capa de xarxa *Ethernet* o Wi-Fi o ADSL. Recordeu que cada capa de xarxa té les seves pròpies adreces de xarxa, p.e., a *Ethernet* i Wi-Fi, les adreces MAC (IEEE 802 EUI-48).

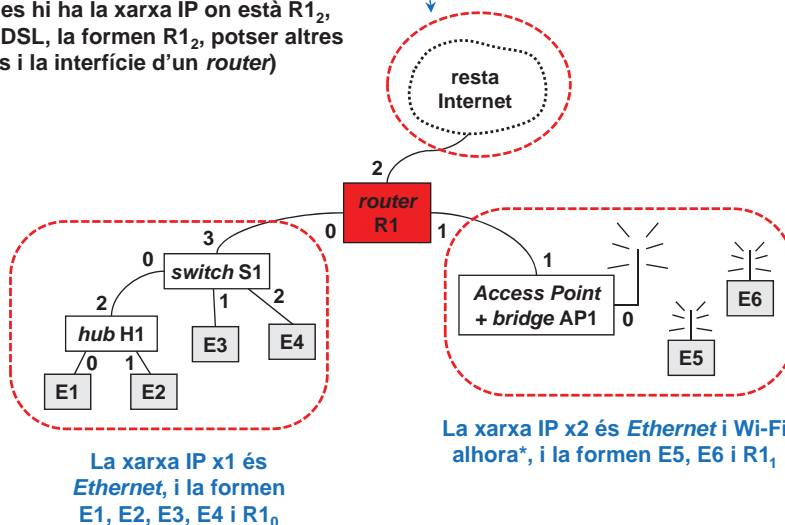
Quins "elements" no tenen capa IP? El *switch Ethernet* S1, el *hub Ethernet* H1 i l'*Access Point* AP1. A més un *switch* no té adreça MAC; en canvi un *Access Point* sí té adreça MAC (o BSSID). Dit això, si un *switch* o un *Access Point* fossin configurables remotament, llavors sí tindrien una @IP, capa IP, etc., i una @MAC.

Quines xarxes IP hi ha? (ii)

Això (resta d'Internet), de fet, són moltíssimes xarxes IP unides per *routers*

(entre elles hi ha la xarxa IP on està R1, que és ADSL, la formen R1, potser altres estacions i la interfície d'un *router*)

Una xarxa IP és un conjunt d'interfícies (de nodes, és a dir, estacions o *routers*) que tenen un mateix prefix d'@IP



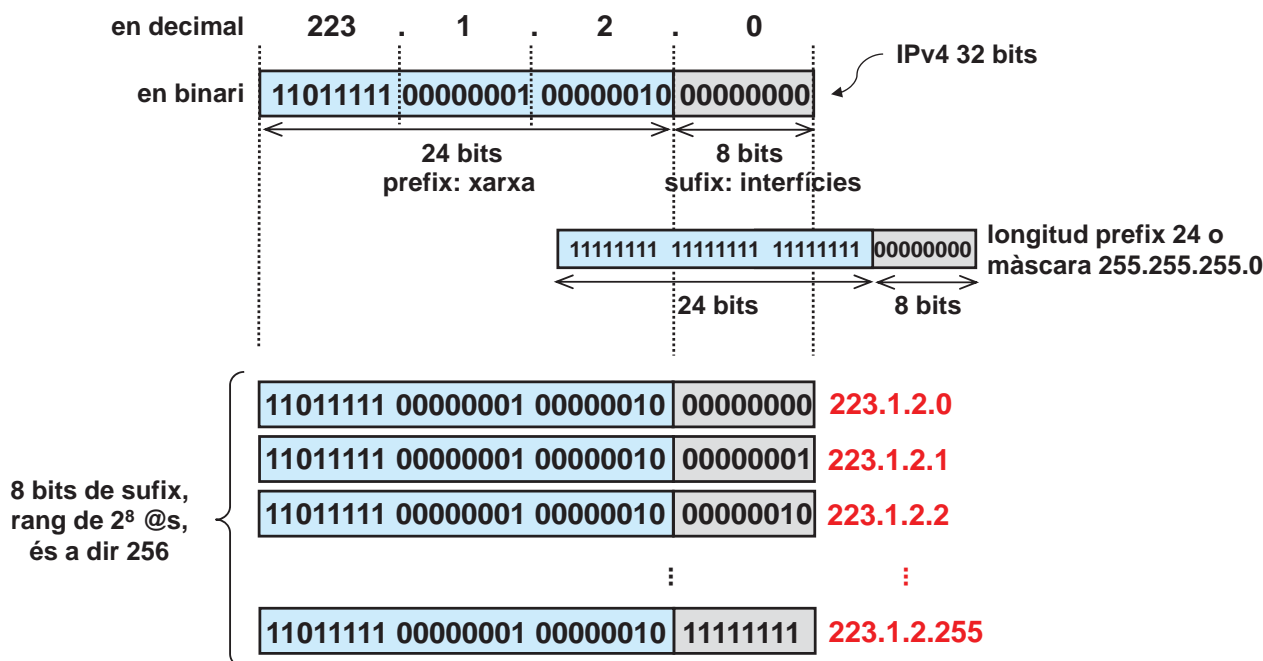
La xarxa IP x1 és *Ethernet*, i la formen E1, E2, E3, E4 i R1₀

La xarxa IP x2 és *Ethernet* i Wi-Fi alhora*, i la formen E5, E6 i R1₁

* Recordeu que l'espai d'adreces *Ethernet*/Wi-Fi és un de sol (IEEE 802 EUI-48), i que es poden unir xarxes *Ethernet* amb xarxes Wi-Fi via un AP o un pont (*bridge*)

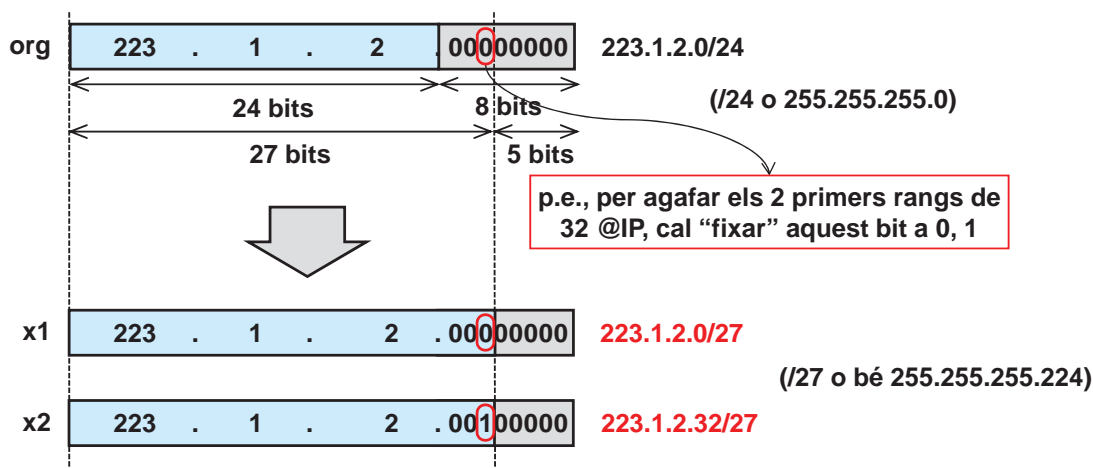
Rang d'adreces IP de l'organització

- La xarxa de l'organització té el rang d'adreces donat pel prefix 223.1.2.0/24:



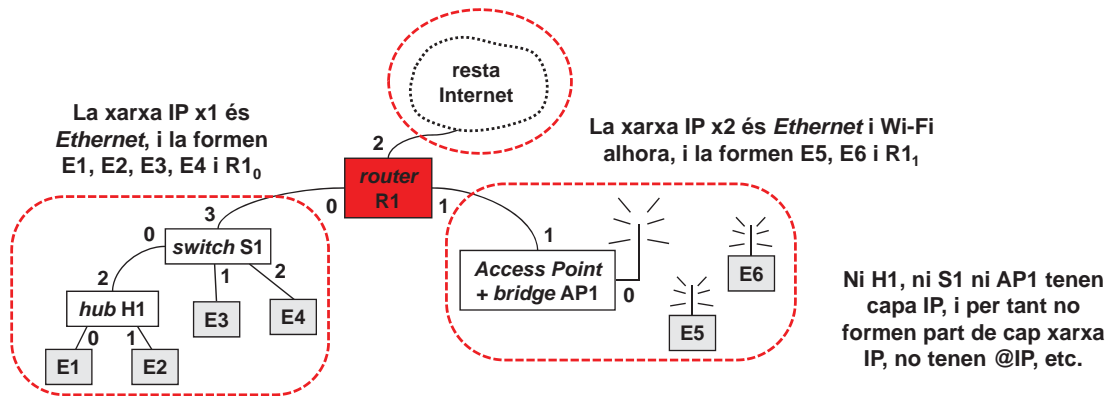
Subnetting i rangs d'adreces IP

- L'organització fa *subnetting* de 223.1.2.0/24 (256 @IP) en rangs de 32 @IP
 - 32 = 2^5 , és a dir, cada rang resultant tindrà un sufix de 5 bits i un prefix de 27 bits
 - quants rangs de 32 @IP hi ha? $27-24 = 3$ bits $\rightarrow 2^3 = 8$ ($256/32 = 8$)
 - cal 2 rangs de 32 @IP per les 2 xarxes IP, p.e., els 2 primers rangs:



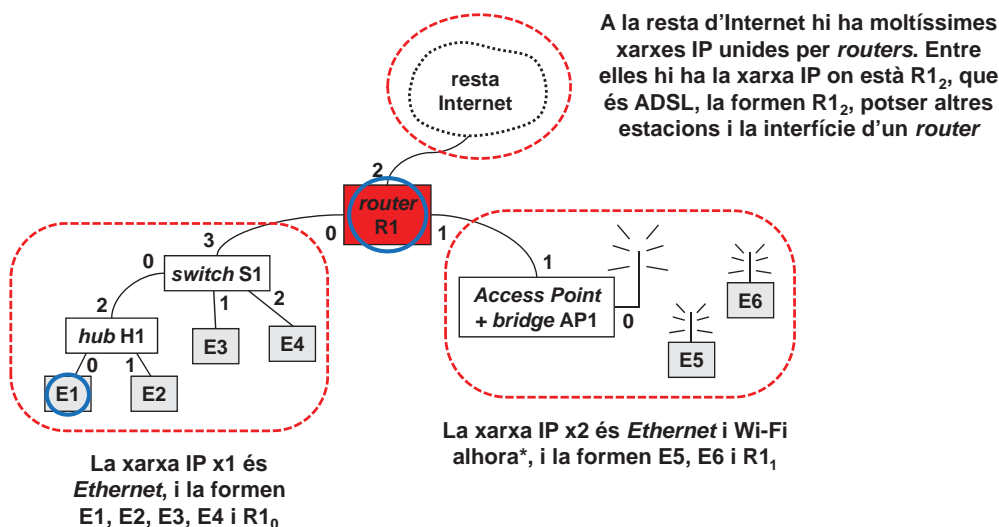
- rang d'adreces xarxa x1 223.1.2.0/27: 223.1.2.0 a 223.1.2.31, 32 adreces
- rang d'adreces xarxa x2 223.1.2.32/27: 223.1.2.32 a 223.1.2.63, 32 adreces

Assignació de les adreces IP



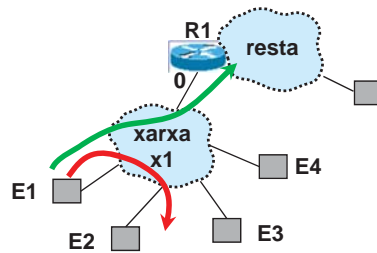
- Quant a l'assignació de les adreces a interfícies d'estacions i *routers*, cal tenir en compte que a cada rang n'hi ha dues ja preassignades, la primera i l'última
 - la primera (prefix+0s) identifica la xarxa IP (p.e., 223.1.2.32 a la xarxa x2)
 - l'última (prefix+1s) indica *broadcast* a la xarxa IP (p.e., 223.1.2.63 és *broadcast* en x2)
 - la resta d'adreces es poden assignar a interfícies d'estacions i *routers* com es vulgui
- P.e., una possible assignació
 - (x1): @IPE1 = 223.1.2.6, @IPE2 = 223.1.2.15, @IPE3 = 223.1.2.19, @IPE4 = 223.1.2.24, @IPR1₀ = 223.1.2.1
 - (x2): @IPE5 = 223.1.2.39, @IPE6 = 223.1.2.50, @IPR1₁ = 223.1.2.33
 (R1₂ no forma part de cap d'aquestes xarxes; ens diuen que té @IPR1₂ = 84.1.5.3)

Taules d'encaminament IP d'E1 i R1



* Recordeu que l'espai d'adreces *Ethernet*/Wi-Fi és un de sol (IEEE 802 EUI-48), i que es poden unir xarxes *Ethernet* amb xarxes Wi-Fi via un AP o un pont (*bridge*)

Taules d'encaminament IP: E1



Ei! El *hub Ethernet* H1 de la xarxa x1 no en sap d'IP (no té capa IP, ni @IP, etc.), sinó només reenvia senyals a nivell físic (el senyal que entra per una interfície és reenviat les altres)

Ei! El *switch Ethernet* S1 de la xarxa x1 no en sap d'IP (no té capa IP, ni @IP, etc. ¹), sinó només sap *Ethernet*! Té una taula [destí, interfície] amb les 5 @MAC d'E1, E2, E3, E4 i R1₀!

si el destí és algú de la meua xarxa, el lliurament és directe:
següent = destí ("directe")

Són E1, E2, E3, E4 i R1₀, i també la resta d'@IPs "lliures" del rang de 32 @s d'x1 ²

si el destí és algú altre, el lliurament és indirecte via *router*:
següent = *router*_i (la interfície del *router* a la meua xarxa)

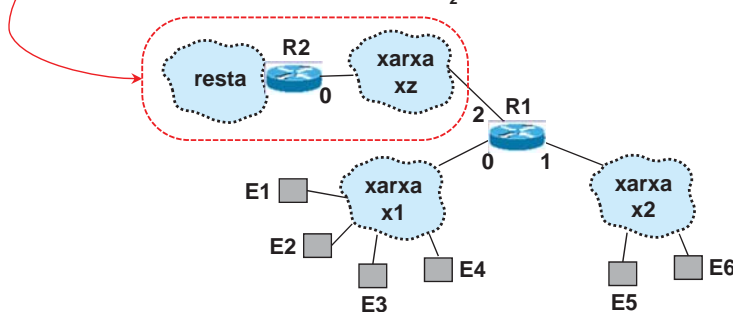
estació E1			
	destí	següent	interfície
32 destins	x1 (223.1.2.0/27)	directe	E1 (223.1.2.6)
2 ³² - 32	resta	R1 ₀ (223.1.2.1)	E1 (223.1.2.6)

¹ De fet, si fos un *switch* configurable remotament, llavors sí tindria una @IP, capa IP, etc., i també una @MAC. Es modelaria com una "nova" estació, p.e. "E7", unida al *switch*

² Recordeu que les @IP "lliures", cap altra xarxa IP les pot fer servir

Taules d'encaminament IP: R1 (i)

A la resta d'Internet hi ha moltíssimes xarxes IP unides per *routers*. Entre elles hi ha la xarxa IP on està R1₂: en diem la xarxa xz



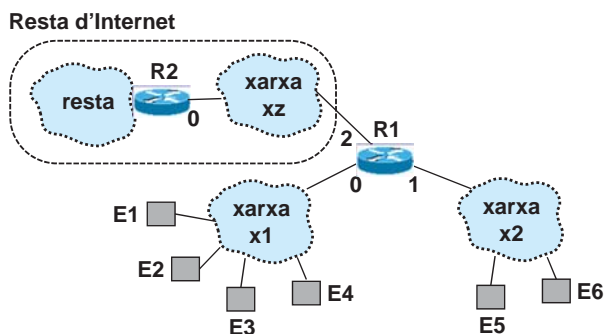
La xarxa xz és ADSL, la formen R1₂, potser altres estacions i la interfície d'un *router* que p.e., en diem R2₀

@IPR1₂ = 84.1.5.3, mask 255.255.255.0
⇒ xarxa xz: 84.1.5.0/24

Hi ha un únic "següent" *router* R2 amb @IPR2₀ = 84.1.5.1

router R1		
destí	següent	interfície
x1 (223.1.2.0/27)	directe	R1 ₀ (223.1.2.1)
x2 (223.1.2.32/27)	directe	R1 ₁ (223.1.2.33)
xz (84.1.5.0/24)	directe	R1 ₂ (84.1.5.3)
resta	R2 ₀ (84.1.5.1)	R1 ₂ (84.1.5.3)

Taules d'encaminament IP: R1 (ii)

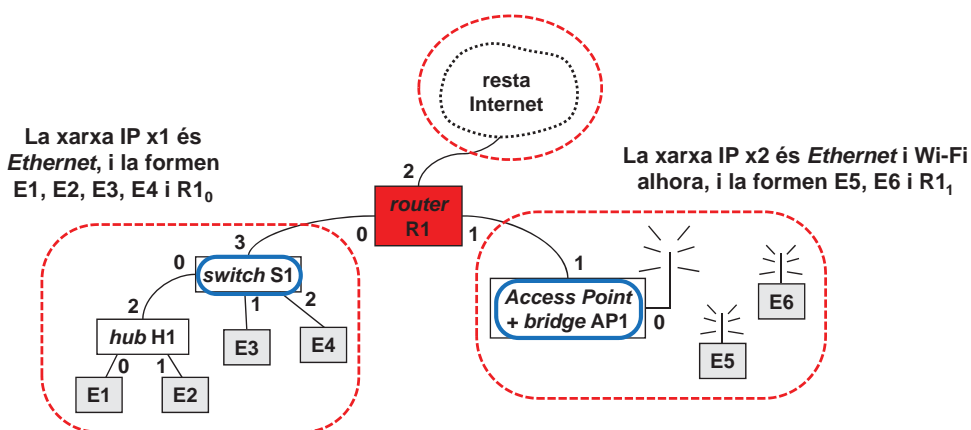


router R1		
destí	següent	interfície
x1 (223.1.2.0/27)	directe	R1 ₀ (223.1.2.1)
x2 (223.1.2.32/27)	directe	R1 ₁ (223.1.2.33)
xz (84.1.5.0/24)	directe	R1 ₂ (84.1.5.3)
resta	R2 ₀ (84.1.5.1)	R1 ₂ (84.1.5.3)

Finalment fixeu-vos que l'org tenia 223.1.2.0/24 però només en fa servir una part, els prefixos d'x1 i x2. Si R1 rep un paquet (des de fora o des de dins) dirigit a @IP dins 223.1.2.0/24 que no estiguin dins x1 ni x2, què farà? Aplicarà "resta" i els reenviarà a fora (a R2). Això, però, és incorrecte, ja que són @IP de l'org, i podria causar *routing loops*: el que hauria de fer és descartar-los. Solució? Afegir una línia "org (223.1.2.0/24), dir, interfície *null*": a aquells paquets se'ls aplicarà aquesta línia (recordeu que si dues línies són vàlides, s'escull la de la xarxa més "petita", la del prefix més llarg), i se'ls reenviarà a una interfície (virtual) *null* que els descartarà.

Taules del switch S1 i l'AP (i bridge) AP1

... quan les taules d'S1 i AP1 estan completes



commutador S1	
destí	interfície
E1 (00-16-B6-F7-1D-51)	S1 ₀
E2 (00-A3-61-5B-B5-04)	S1 ₀
E3 (00-11-D8-62-E5-7E)	S1 ₁
E4 (00-16-6C-FA-F1-B9)	S1 ₂
R1 ₀ (00-C3-2D-FF-56-16)	S1 ₃

Punt d'Accés (i pont) AP1	
destí	interfície
E5 (00-22-15-FA-F1-B9)	AP1 ₀
E6 (00-23-F4-62-F8-AA)	AP1 ₀
R1 ₁ (00-1D-60-EE-4F-5F)	AP1 ₁

Les taules indiquen la "interfície" (port) on es troba una estació "destí", és a dir, la "interfície" a la qual cal reenviar un paquet dirigit a "destí"

La taula local ARP d'E1 i R1

... si darrerament* només l'estació E1 ha enviat paquets IP a E3, E4 i E5

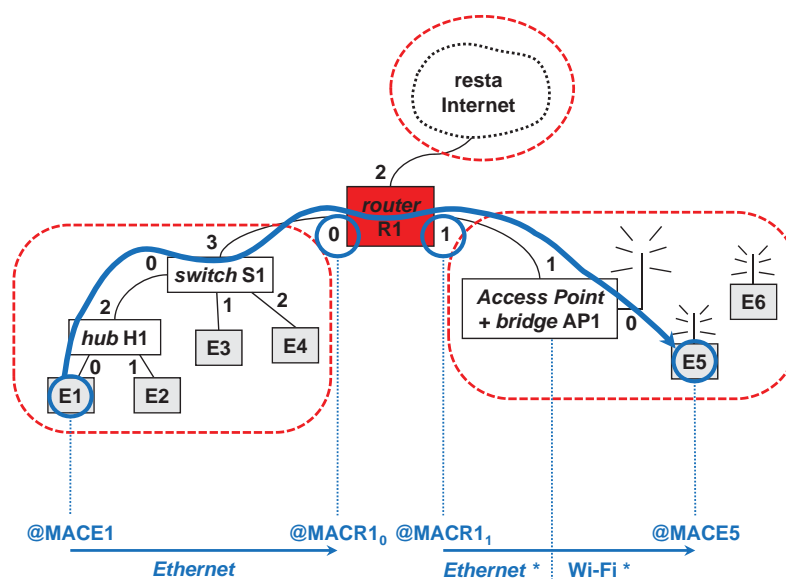
- El camí seguit per aquests paquets ve donat per les taules d'encaminament IP
 - E1 → E3: camí E1 – E3; a E1 següent = “directe”, és a dir E3
 - E1 → E4: camí E1 – E4; a E1 següent = “directe”, és a dir E4
 - E1 → E5: camí E1 – R1 – E5; a E1 següent = R1₀ i a R1 següent = “directe”, és a dir E5
- Per enviar-ho al “següent”, **E1 haurà fet servir les @MAC d'E3, E4 i R1₀, i R1 l'@MAC d'E5**, i per tant les seves taules ARP només contenen el següent:

estació E1		
	@IP	@MAC
E3	E3 (223.1.2.19)	E3 (00-11-D8-62-E5-7E)
E4	E4 (223.1.2.24)	E4 (00-16-6C-FA-F1-B9)
R1 ₀	R1 ₀ (223.1.2.1)	R1 ₀ (00-C3-2D-FF-56-16)

router R1		
	@IP	@MAC
E5	E5 (223.1.2.39)	E5 (00-22-15-FA-F1-B9)

* Recordeu que les entrades de la taula tenen un temps de vida, passat el qual s'esborren

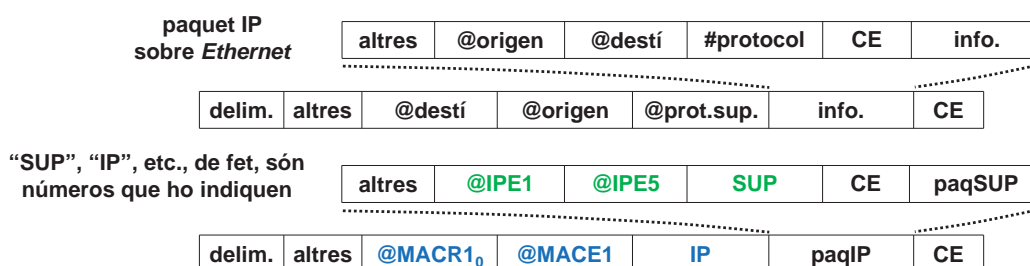
Transport d'un paquet IP d'E1 a E5 (i)



* Recordeu que l'espai d'adreces *Ethernet*/Wi-Fi és un de sol (IEEE 802 EUI-48), i que es poden unir xarxes *Ethernet* amb xarxes Wi-Fi via un AP o un pont (*bridge*)

Transport paquet IP d'E1 a E5 (ii)

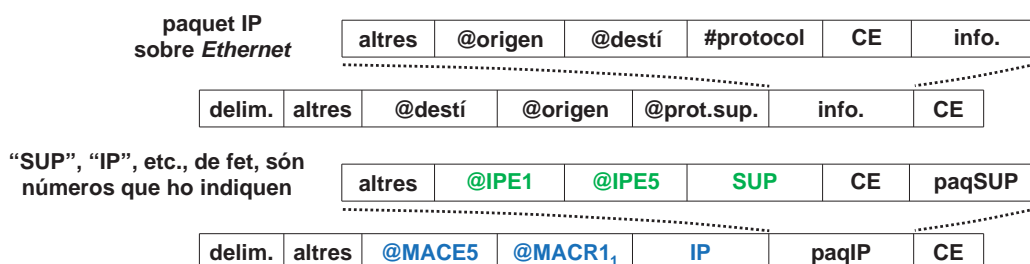
- La capa superior "SUP" (p.e., TCP, UDP, etc.) usuària de la capa IP d'E1 vol enviar un paquet "paqSUP" a l'"@IPdestí" = @IPE5
 - la **capa "SUP" crida IPEnv(@IPE5, "paqSUP")**; la capa IP construeix un paquet IP amb @origen=@IPE1, @destí=@IPE5, #prot="SUP", info="paqSUP", etc., i consulta la taula d'encaminament IP per saber "següent": per @IPE5 = 223.1.2.39 la 2a línia aplica ("resta"), i llavors següent = R1₀, amb @IPR1₀ = 223.1.2.1; ara la capa IP cridaria ETHenv(@MACR1₀, "paqIP") però no sap l'@MACR1₀
 - per descobrir-ho la **capa IP crida a ARPesol(@MACR1₀?, @IPR1₀)**; la capa ARP ho busca primer a la seva taula local ARP, i si no hi fos es faria servir ARP. En aquest cas SÍ hi és: @IPR1₀ (223.1.2.1) ---- @MACR1₀ (00-C3-2D-FF-56-16)
 - la **capa IP crida ETHenv(@MACR1₀, "paqIP")**; la capa *Ethernet* construeix un paquet amb @origen=@MACE1, @destí=@MACR1₀, prot="IP", info="paqIP", etc., i l'envia



- el paquet arriba al *hub* H1 (per la interfície 0) d'x1, i el reenvia a les interfícies 1 i 2, cap a E2 i el *switch* S1; el *switch* S1 el rep (per la interfície 0), llegeix que l'@destí = @MACR1₀, consulta la seva taula, i el reenvia només a la interfície 3, cap a R1₀

Transport paquet IP d'E1 a E5 (iii)

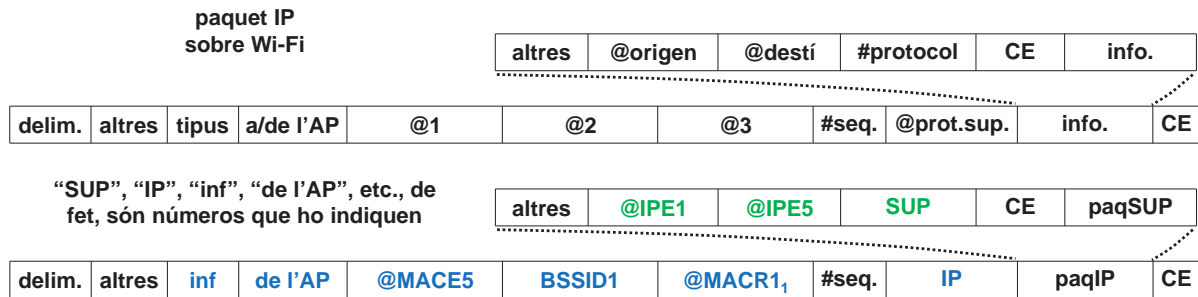
- El **router R1** rep el paquet *Ethernet* (per la interfície 0), el desencapsula, i extrau el paquet IP. Ha de reenviar un paquet IP dirigit a l'"@IPdestí" = @IPE5
 - la capa IP consulta la taula d'encaminament IP per saber el "següent": per @IPE5 = 223.1.2.39 la 2a línia aplica ("xarxa x2"), i llavors **següent = directe**, és a dir, següent = destí (@IPE5 = 223.1.2.39), al destí E5 directament, via la interfície R1₁; ara la capa IP cridaria ETHenv(@MACE5, "paqIP") via R1₁, però no sap l'@MACE5
 - per descobrir-ho la **capa IP crida a ARPesol(@MACE5?, @IPE5)**; la capa ARP ho busca primer a la seva taula local ARP, i si no hi fos es faria servir ARP. En aquest cas SÍ hi és: @IPE5 (223.1.2.39) ---- @MACE5 (00-22-15-FA-F1-B9)
 - la **capa IP crida ETHenv(@MACE5, "paqIP")** via R1₁; la capa *Ethernet* construeix un paquet amb @origen=@MACR1₁, @destí=@MACE5, prot="IP", info="paqIP", etc., i l'envia via R1₁



- el paquet arriba a l'*Access Point+bridge* AP1 d'x2; el pont d'AP llegeix que l'@MACdestí = @MACE5, consulta la seva taula, i el "reenvia" a la interfície Wi-Fi AP1₀, cap a E5 i E6

Transport paquet IP d'E1 a E5 (iv)

- l'AP1 pròpiament dit (interfície AP1₀), que coneix E5 i E6 (són estacions que s'hi han associat), **construeix un paquet Wi-Fi d'informació** amb @origen=@MACR1₁, l'@ de l'AP1₀ (@MACAP1₀ o BSSID1), @destí=@MACE5, prot="IP", info="paqIP", etc., i l'envia



- el paquet arriba a totes les estacions Wi-Fi d'x2, és a dir, E5 i E6, de les quals, **només E5 el pren i E6 el descarta**
(recordeu que ara E5 enviarà un paquet Wi-Fi de tipus "ACK" a l'AP per indicar-li que ha rebut bé el paquet; i que l'AP periòdicament envia paquets Wi-Fi de tipus "beacon", etc.)