

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

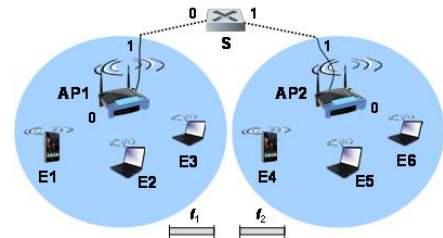
Una resposta correcta suma 0.500 punts, una incorrecta resta 0.125 punts, i una no contestada suma zero. Fes servir la taula que tens a sota (les respostes que no estiguin a la taula no es comptaran).

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 punts *Ethernet*/Wi-Fi) AP1 i AP2. Quina és CERTA?

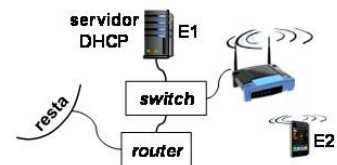
- Quan la taula d'S està completa conté (amb el format [destí, interfície]): [MAC AP1₀, S₀] i [MAC AP2₀, S₁].
- Quan la taula d'AP1 està completa conté (amb el format [destí, interfície]): [MAC E1, E2 i E3, AP1₀] i [MAC AP2₀, AP1₁].
- Cada AP ha de tenir una @MAC (o BSSID) diferent, i un identificador de xarxa Wi-Fi (o SSID) igual o diferent.
- 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?
- 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.
 - Les taules d'encaminament es consulten durant la creació (l'establiment) d'un VC.
 - Per reenviar els paquets d'informació d'un flux, els commutadors no consulten les taules d'encaminament sinó les taules de VCs.
 - 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?

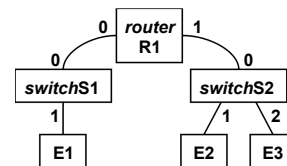
- Amb DHCP, la configuració de xarxa IP d'E2 no s'ha de fer manualment sinó que es fa automàticament: una adreça IP (@IP) lliure dins el rang de la xarxa, la longitud del prefix o màscara, l'@IP del router i l'@IP del servidor DNS local.
- A la figura, el S (o bé un DHCP *relay agent*) està a la mateixa xarxa IP on arriba E2, però si estigués en una altra (és a dir, més enllà del router), també funcionaria.
- 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.
- 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?
- Per descobrir l'enllaç de sortida on reenviar, el node llegeix l'adreça de destí del paquet i consulta la taula d'encaminament.
 - La capa IP d'Internet i l'*Ethernet* commutada en són exemples.
 - Paquets consecutius d'un mateix flux poden seguir camins diferents si l'encaminament canvia.
 - 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 cada enllaç hi ha un senyal digital amb una velocitat de transmissió que té un valor múltiple de 3 Mbps.
 - 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.
 - En un determinat enllaç la trama TDM té una duració de 3 ms i està formada per 3 canals temporals de 3000 bits cadascun.
 - 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?
- 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.
 - 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.
 - 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.
 - 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?
- 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*.
 - 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.
 - La xarxa interna té un rang d'adreces privat (p.e., 192.168.0.0/16) i no forma part d'Internet.
 - 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?
- 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.
 - 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.
 - 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.
 - 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?
- L'estació es troba en una xarxa IP de prefix 80.10.8.0/26.
 - 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).
 - 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.
 - 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.

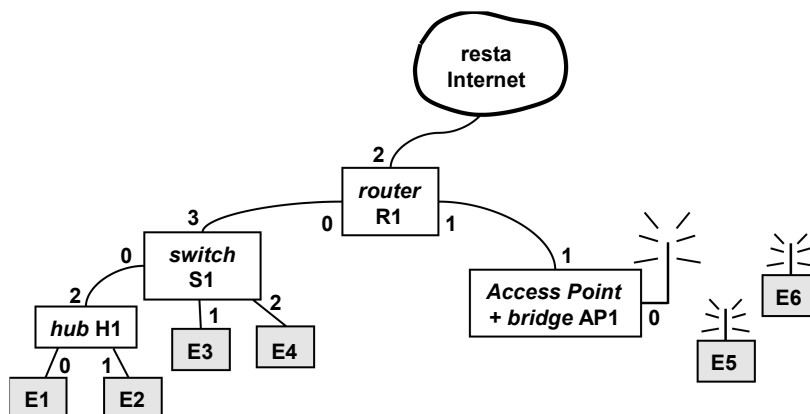
10) L'estació *Ethernet* E1 envia un paquet IP a l'estació *Ethernet* E2 (@IPE1 és l'adreça IP d'E1, @MACR1₁ és l'adreça MAC de la interfície 1 del *router* R1, etc.). Quina és CERTA?

- 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 (anomeneu-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 (anomenau-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		<i>@destí</i>		<i>@origen</i>		<i>@prot.sup</i>		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		<i>@1</i>		<i>@2</i>		<i>@3</i>		#seq.		<i>@prot.sup</i>		info.		CE
--------	--	--------	--	-------	--	-----------	--	-----------	--	-----------	--	-----------	--	-------	--	------------------	--	-------	--	----

delim.		altres		tipus		<i>@destí</i>		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		<i>@origen</i>		<i>@destí</i>		#protocol		CE		info.
--------	--	----------------	--	---------------	--	-----------	--	----	--	-------

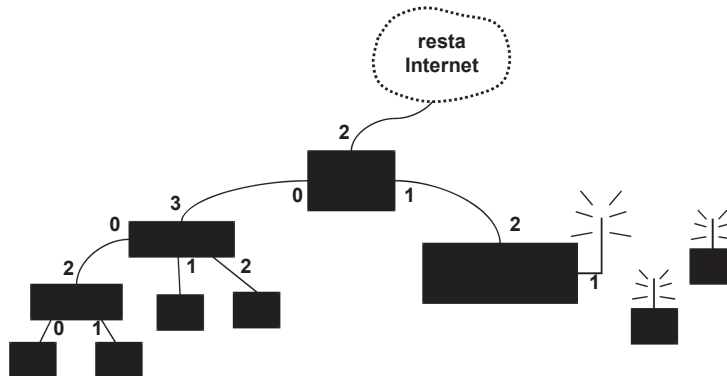
 (CE no inclou "info."),
 on "#protocol" indica el protocol usuari i "info." és el paquet del protocol usuari (TCP, UDP, etc.).
- El format "resumit" dels paquets ARP és

altres		tipus		<i>@MACorigen</i>		<i>@IPorigen</i>		<i>@MACdestí</i>		<i>@IPdestí</i>
--------	--	-------	--	-------------------	--	------------------	--	------------------	--	-----------------

 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).

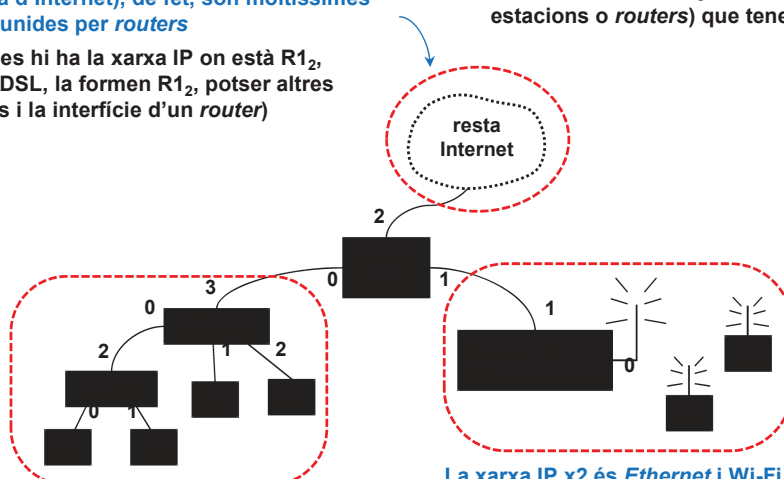
Quins “elements” no tenen capa IP? El *switch* Ethernet S1, el *hub* Ethernet H1 i l'Access Point AP1. A més un *switch* no té adreça MAC; en canvi un *Access Point* sí té adreça MAC (o BSSID). Dit això, si un *switch* o un *Access Point* fossin configurables remotament, llavors sí tindrien una @IP, 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 R1₂, que és ADSL, la formen R1₂, 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



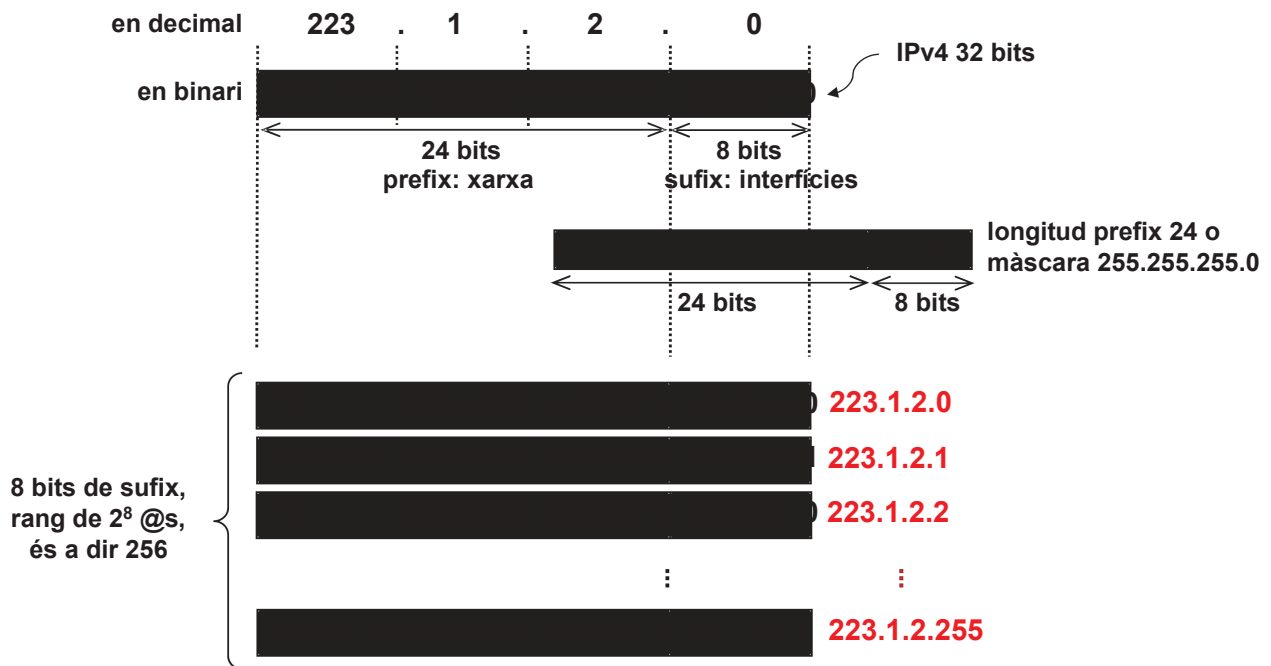
La xarxa IP x1 és Ethernet, i la formen E1, E2, E3, E4 i R10.

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 EU1-48), i que es poden unir xarxes *Ethernet* amb xarxes Wi-Fi via un AP o un pont (*bridge*)

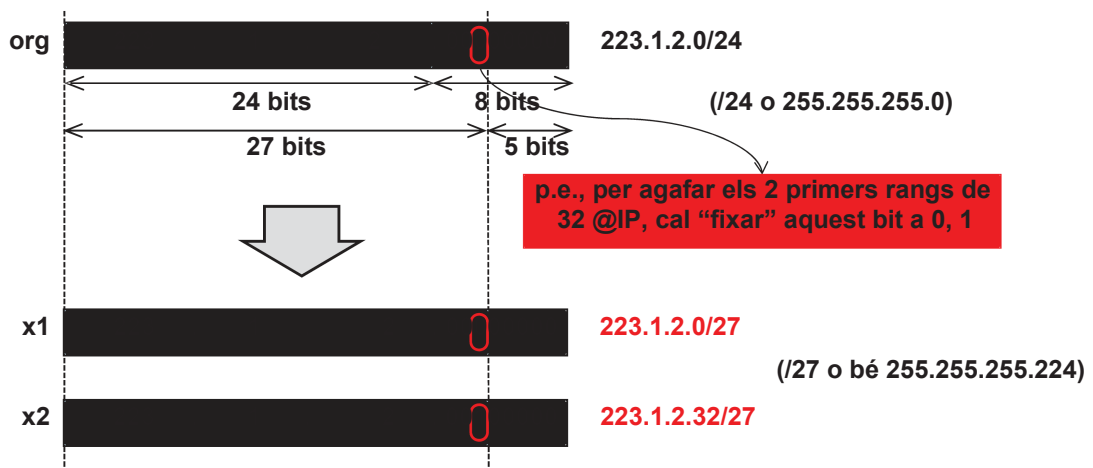
Rang d'adreces IP de l'organització

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



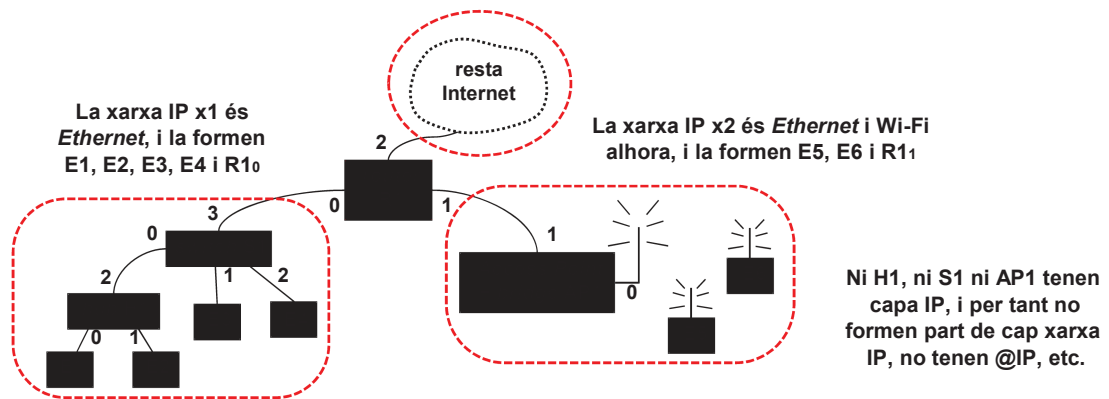
Subnetting i rangs d'adreces IP

- 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 o $2^3 = 8$ (256/32 = 8)
 - cal 2 rangs de 32 @IP per les 2 xarxes IP, p.e., els 2 primers rangs:



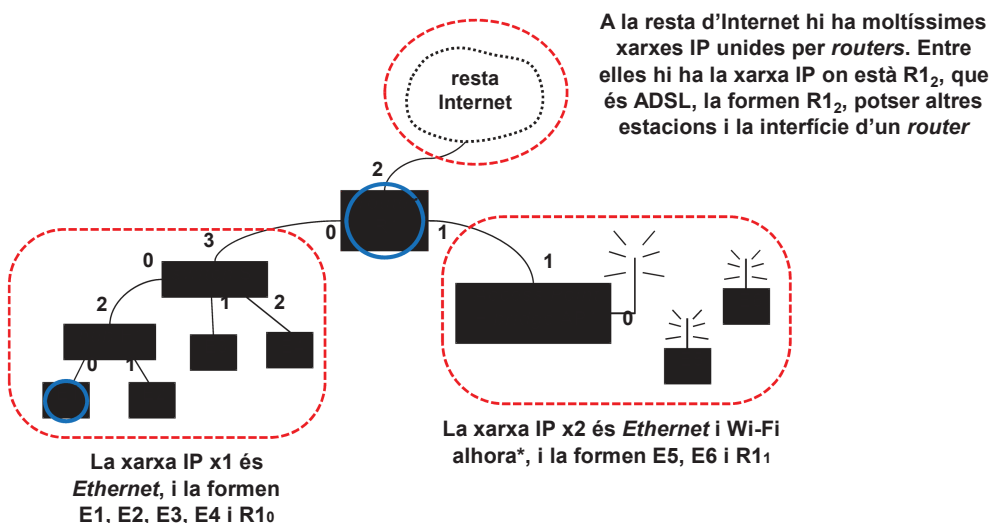
- rang d'adreces xarxa x1 223.1.2.0/27: 223.1.2.0 a 223.1.2.31, 32 adreces
- rang d'adreces xarxa x2 223.1.2.32/27: 223.1.2.32 a 223.1.2.63, 32 adreces

Assignació de les adreces IP



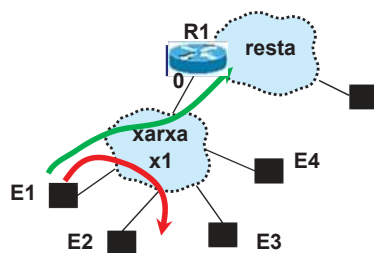
- Quant a l'assignació de les adreces a interfícies d'estacions i *routers*, cal tenir en compte que a cada rang n'hi ha dues ja preassignades, la primera i l'última
 - la primera (prefix+0s) identifica la xarxa IP (p.e., 223.1.2.32 a la xarxa x2)
 - l'última (prefix+1s) indica *broadcast* a la xarxa 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 meva 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*, (la interfície del *router* a la meva xarxa)

32 destins
2³² - 32

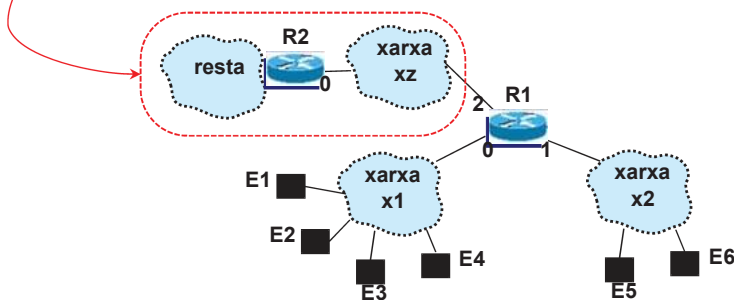
estació E1		
destí	següent	interfície
x1 (223.1.2.0/27)	directe	E1 (223.1.2.6)
resta	R1 ₀ (223.1.2.1)	E1 (223.1.2.6)

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

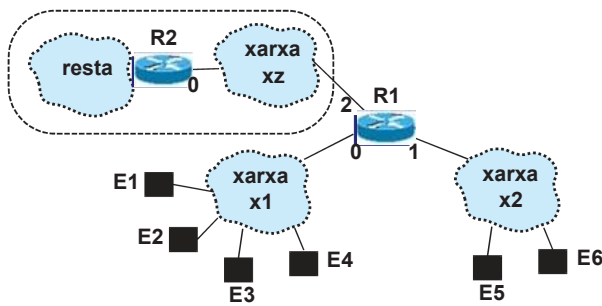
□ xarxa xz: 84.1.5.0/24

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)

Resta d'Internet

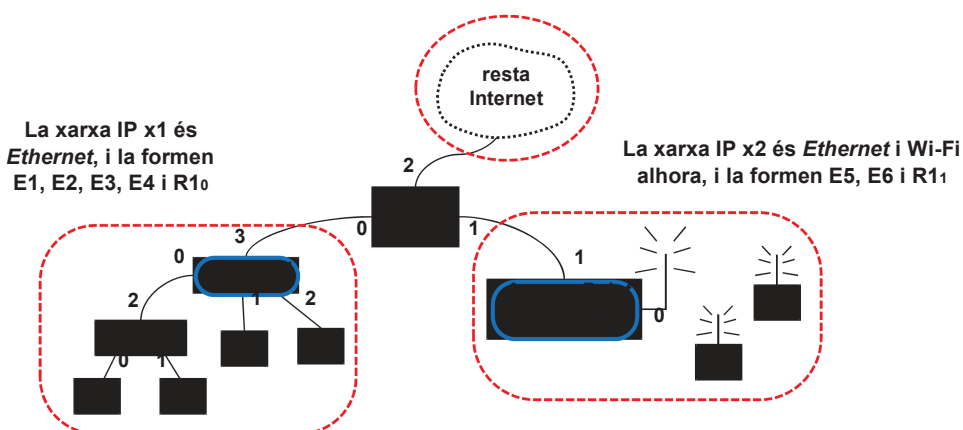


router R1		
destí	següent	interfície
x1 (223.1.2.0/27)	directe	R1 ₀ (223.1.2.1)
x2 (223.1.2.32/27)	directe	R1 ₁ (223.1.2.33)
xz (84.1.5.0/24)	directe	R1 ₂ (84.1.5.3)
resta	R2 ₀ (84.1.5.1)	R1 ₂ (84.1.5.3)

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

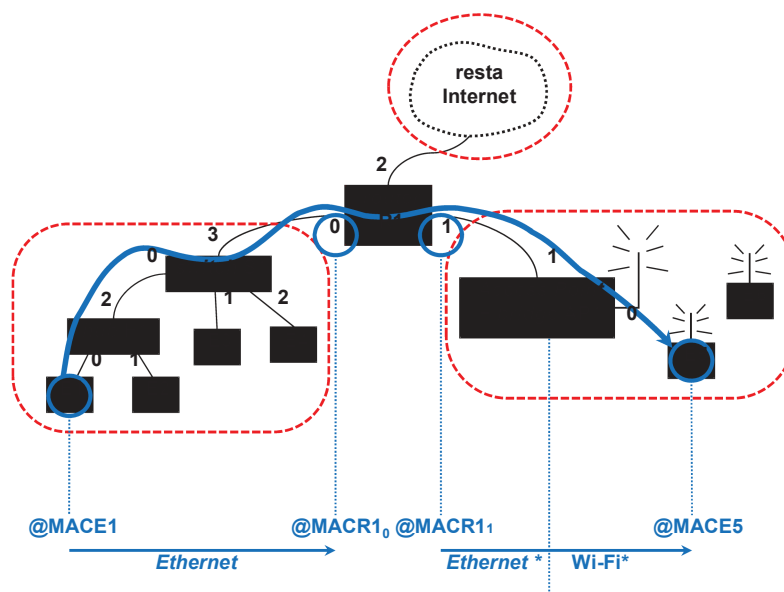
- El camí seguit per aquests paquets ve donat per les taules d'encaminament IP
 - E1 o E3: camí E1 – E3; a E1 següent = “directe”, és a dir E3
 - E1 o E4: camí E1 – E4; a E1 següent = “directe”, és a dir E4
 - E1 o E5: camí E1 – R1 – E5; a E1 següent = R1₀ i a R1 següent = “directe”, és a dir E5
- Per 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

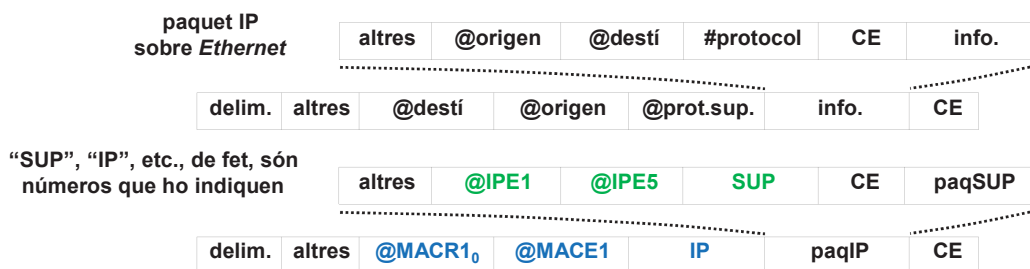
Transport d'un paquet IP d'E1 a E5 (i)



* 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)

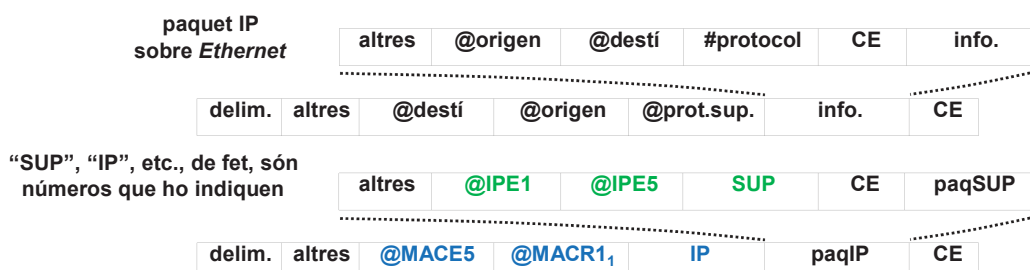
- La capa superior “SUP” (p.e., TCP, UDP, etc.) usuària de la capa IP d'E1 vol enviar un paquet “paqSUP” a l’“@IPdestí” = @IPE5
 - la **capa “SUP” crida IPEnv(@IPE5, “paqSUP”)**; la capa IP construeix un paquet IP amb @origen=@IPE1, @destí=@IPE5, #prot=“SUP”, info=“paqSUP”, etc., i consulta la taula 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 ARPResol(@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)

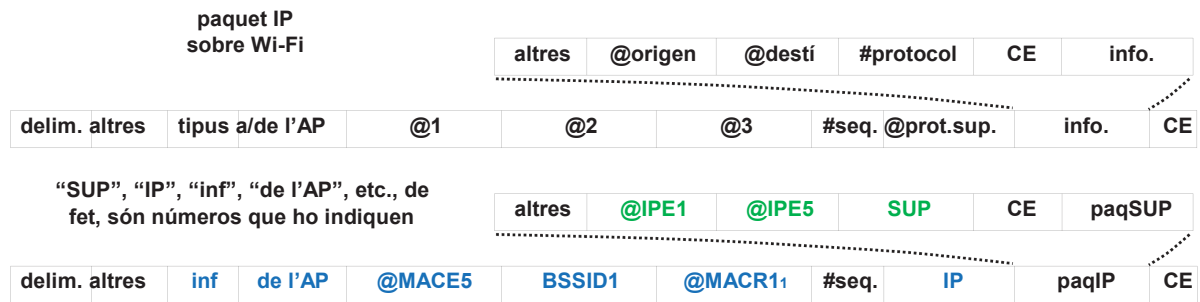
- El **router R1** rep el paquet *Ethernet* (per la interfície 0), el desencapsula, i extrau el paquet IP. Ha de reenviar un paquet IP dirigit a l’“@IPdestí” = @IPE5
 - la capa IP consulta la taula d'encaminament IP per saber el “següent”: per @IPE5 = 223.1.2.39 la 2a línia aplica (“xarxa x2”), i llavors **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 ARPResol(@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.)