

XARXES (GEINF i GDDV) CURS 2020/21
Segon examen parcial de teoria i problemes (11 de gener de 2021)

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

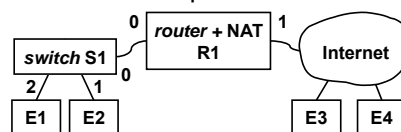
- 1) Quant a l'enllaç entre dos *routers* separats per una gran distància, quina és FALSA?
(Xarxa de Commutació de Circuits o XCC; XC de paquets o XCP; *Time Division Multiplexing* o TDM; *Frequency DM* o FDM)
 - a. Es pot fer amb una línia (cable o ràdioenllaç).
 - b. Es pot fer amb un circuit de 500 Mbps creat per una XCC basada en TDM, que seria com una "línia" de velocitat 500 Mbps, on els paquets IP tindrien segur un retard constant.
 - c. Es pot fer amb un circuit d'1 GHz creat per una XCC basada en FDM, que seria com una "línia" amb una amplada de banda d'1 GHz, on els paquets IP tindrien segur un retard constant.
 - d. Es pot fer amb un circuit de 300 Mbps creat per una XCP basada en circuit virtual, que seria com una "línia" de velocitat 300 Mbps, on els paquets IP tindrien segur un retard constant.
- 2) Quant a la unió entre xarxes *Ethernet* i Wi-Fi, quina és FALSA?
 - a. Quan un Punt d'Accés Wi-Fi converteix un paquet *Ethernet* a un de Wi-Fi (d'informació) manté l'adreça MAC origen i destí i la informació, i hi afegeix l'adreça MAC del Punt d'Accés Wi-Fi.
 - b. Quan una estació *Ethernet* envia un paquet a una estació Wi-Fi a través d'un Punt d'Accés Wi-Fi, el paquet *Ethernet* ha de portar l'adreça MAC del Punt d'Accés Wi-Fi.
 - c. Tot i ser tecnologies diferents, l'adreça MAC d'una interfície *Ethernet* i la d'una interfície Wi-Fi tenen el mateix format (IEEE EUI-48) i no són mai iguals ja que l'espai d'adreces és comú.
 - d. Una xarxa *Ethernet* i una xarxa Wi-Fi es poden unir a través d'un Punt d'Accés Wi-Fi, un pont *Ethernet*/Wi-Fi o un *router* IP.
- 3) Quant al protocol de transport TCP, quina és FALSA?
 - a. El missatge "bàsic" de TCP (amb bit o "*flag*" ACK = 1) és un missatge d'informació en un sentit i alhora un de confirmació en l'altre sentit.
 - b. Fa ARQ continu, inicia la retransmissió de paquets només si expira un *timeout*, i a vegades fa Repetició Selectiva i altres *Go-Back-N* (però amb variants).
 - c. Els números de seqüència no són "per paquet" sinó "per *byte*" del flux d'informació.
 - d. Fa control de flux de finestra lliscant amb una longitud indicada pel receptor i que pot variar.

- 4) En una Xarxa de Commutació de Paquets (XCP) basada en el circuit virtual (*Virtual Circuit* o VC), un commutador té la següent taula de VCs (on VCI és el *VC Identifier*). Quina és CERTA?

node anterior	VCI entrada	node posterior	VCI sortida
C1	1	C3	1
C1	2	C3	2
C4	1	C3	2
C3	1	C1	2

- Hi ha 2 VCs que passen per aquest commutador.
 - Els paquets d'informació que arriben del commutador C3 amb el camp VCI 1 es reenvien cap al commutador C1 i es reescriu el seu camp VCI a 1.
 - En aquesta taula de VCs hi ha un error.
 - Si la taula d'encaminament del commutador canvia, les entrades de la taula de VCs canvien.
- 5) Quant a una xarxa de difusió sense fils, quina és FALSA?
- Si la topologia és de bus les estacions es parlen directament mentre que si la topologia és d'estrella es parlen via un repetidor, i per tant es poden rebre paquets duplicats.
 - La topologia de bus permet fer que la grandària de la xarxa sigui més gran que si la topologia és d'estrella.
 - Una xarxa "amb infraestructura" té una part permanent, pre-planejada, coneguda com a Punt d'Accés (o Estació Base), que té la funció de connectar aquesta xarxa a altres.
 - Una xarxa "ad hoc (independent)" es forma temporalment en trobar-se les estacions en cobertura les unes amb les altres, i no té una part permanent.

- 6) La xarxa darrere el *router* NAT R1 (veieu la figura) fa servir un prefix de xarxa IP dins els rangs "privats" recomanats per a xarxes internes NAT. Un client DNS a E1 ha fet una petició de resolució DNS a un servidor a E3, amb adreça IP (@IP) @IPE3 = 4.3.2.1 i número de port (#port) UDP 53. La taula de traducció NAT d'R1, amb el format [@IP: #port TCP o UDP intern, @IP: #port TCP o UDP extern], només té una entrada, [192.168.1.5:45321 UDP, 138.76.29.7: 34775 UDP]. Quina és FALSA?



- Si al *router* R1 li arriba via R1₀ un paquet amb @IP origen 192.168.1.7, #port TCP origen 23232, @IP destí 84.88.155.10 i #port TCP destí 443, el descartarà.
 - Si al *router* R1 li arriba via R1₁ un paquet amb @IP origen 84.88.155.10, #port TCP origen 34775, @IP destí 138.76.29.7 i #port TCP destí 80, el descartarà.
 - Si al *router* R1 li arriba via R1₁ un paquet amb @IP origen 4.3.2.1, #port UDP origen 53, @IP destí 138.76.29.7 i #port UDP destí 45321, el descartarà.
 - Si al *router* R1 li arriba via R1₁ un paquet amb @IP origen 4.3.2.1, #port UDP origen 34775, @IP destí 138.76.29.7 i #port UDP destí 53, el descartarà.
- 7) 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 commutador llegeix l'adreça de destí del paquet i consulta la taula d'encaminament.
 - Paquets consecutius d'un mateix flux poden patir retards diferents.
 - Paquets consecutius d'un mateix flux poden seguir camins diferents si l'encaminament canvia.
 - Els commutadors mantenen una taula de circuits o connexions establertes.
- 8) Quant a l'aplicació DNS, quina és FALSA?
- Només una part de les adreces IP d'Internet tenen associat un nom DNS.
 - Quan un usuari vol veure la pàgina *web* <http://bcds.udg.edu/xc.html>, el navegador primer fa una pregunta DNS per descobrir l'adreça IP del nom DNS bcds.udg.edu.
 - Els noms DNS s'organitzen de manera jeràrquica (arbre) i la informació [nom DNS, adreça IP] està repartida en diversos servidors DNS, cadascun dels quals manté una "branca" (de l'arbre).
 - Una estació fa preguntes DNS al seu servidor DNS local, que sempre es troba a l'adreça IP del seu *router* i al número de port UDP 53, i aquest ho pregunta als servidors DNS d'Internet.

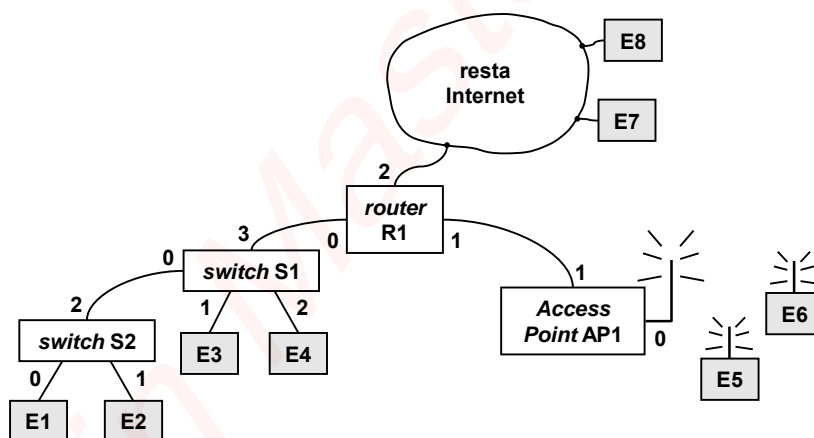
- 9) A un *router* R1, amb la taula d'encaminament IP de sota, li arriba un paquet amb adreça IP destí 130.206.124.50. A través de quina interfície reenviarà aquest paquet?

destí	següent	interfície
130.206.124.0/24	directe	R1 ₀
130.206.124.0/26	directe	R1 ₁
4.13.15.0/28	directe	R1 ₂
resta	4.13.15.1	R1 ₂

- A través de la interfície R1₀.
 - A través de la interfície R1₁.
 - A través de les interfícies R1₀ i R1₁.
 - Aquesta taula d'encaminament IP no és correcta.
- 10) Els números de port (#port) per defecte d'un servidor *web* HTTP i d'un HTTPS, són, respectivament, el 80 i el 443 de TCP. Quina és CERTA?
- Un servidor que estigui en el #port TCP 80 o el 443 és un servidor *web*.
 - Tots els servidors *web* han de fer servir el #port TCP 80 o el 443.
 - Un servidor que implementi la capa de *web* (entén el protocol HTTP, en rep peticions i n'envia respostes, etc.) i que estigui en un #port TCP qualsevol, és un servidor *web*.
 - L'identificador d'un objecte *web* o URI (*Uniform Resource Identifier*) conté el nom DNS o l'adreça IP del servidor *web*, el *path* a l'objecte, però no el #port TCP del servidor.

Exercici (5 punts)

La xarxa d'una organització (veieu la figura) està formada per les estacions E1, E2, ...E6, els commutadors *Ethernet* S1 i S2, el Punt d'Accés 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 PON, té l'adreça IP 4.3.2.61, la màscara 255.255.255.192 i un únic "següent" *router* d'adreça IP 4.3.2.1. L'organització disposa del prefix de xarxa IP 223.1.2.128/25, 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.)? Per cadascuna, qui en forma part (és a dir, els que tenen adreça IP) i quina tecnologia de xarxa hi ha?
- Escriuiu el rang d'adreces IP de la xarxa de l'organització (anomeneu-la xorg).

- c) 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.
- d) La configuració de xarxa IP es pot fer manualment o automàticament (via DHCP). Dieu una possible assignació de les adreces IP (feu servir la notació @IPE1, @IPR10, etc.).
- e) 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.
- f) Supposeu que les taules dels commutadors S1 i S2 estan totalment completes i que les estacions Wi-Fi estan associades al Punt d'Accés AP1, i escriviu el contingut de les taules d'S1, S2 i AP1. 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 E2, E4 i E5. Escriviu el contingut final de les taules ARP d'E1 i R1, i expliqueu com s'han emplenat. 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 de tots els apartats anteriors, expliqueu com es transporta un paquet IP des de l'estació E1 fins a la E5. Concretament, dibuixeu els paquets IP i ARP sobre *Ethernet* i/o Wi-Fi que es generen (amb adreces, etc.; feu servir la notació @IPE1, @IPR10, @MACE1, @MACR10, @MACAP10 o BSSID1, etc.), i expliqueu com actuen les estacions i dispositius de xarxa implicats (commutadors, Punts d'Accés i *routers*), és a dir, quins camps dels paquets llegeixen, quines taules dels apartats anteriors consulten, a través de quines interfícies envien els paquets, etc.

NOTA:

- Els commutadors S1 i S2 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 de les confirmacions (BENs),
on "tipus" indica el significat del missatge (informació, BEN, *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.
--------	---------	--------	-----------	----	-------

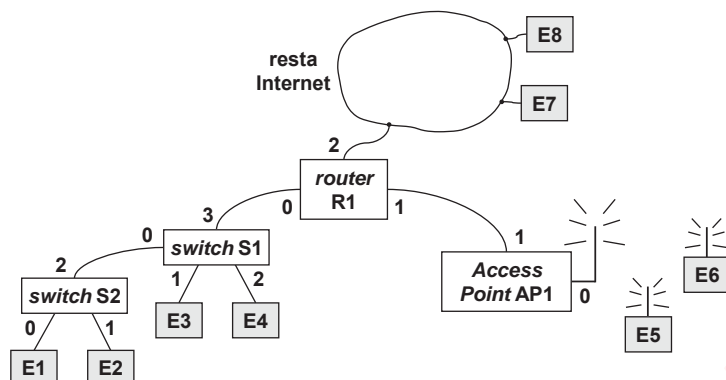
(CE no inclou "info."),
on "#protocol" indica el protocol usuari i "info." és el paquet del protocol usuari (TCP, UDP, etc.).
- El format "resumit" dels paquets ARP és

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, d'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 PON. Recordeu que cada capa de xarxa té les seves pròpies adreces de xarxa, p.e., a Ethernet i Wi-Fi, les @MAC (IEEE 802 EUI-48).

Quins "elements" no tenen capa IP?

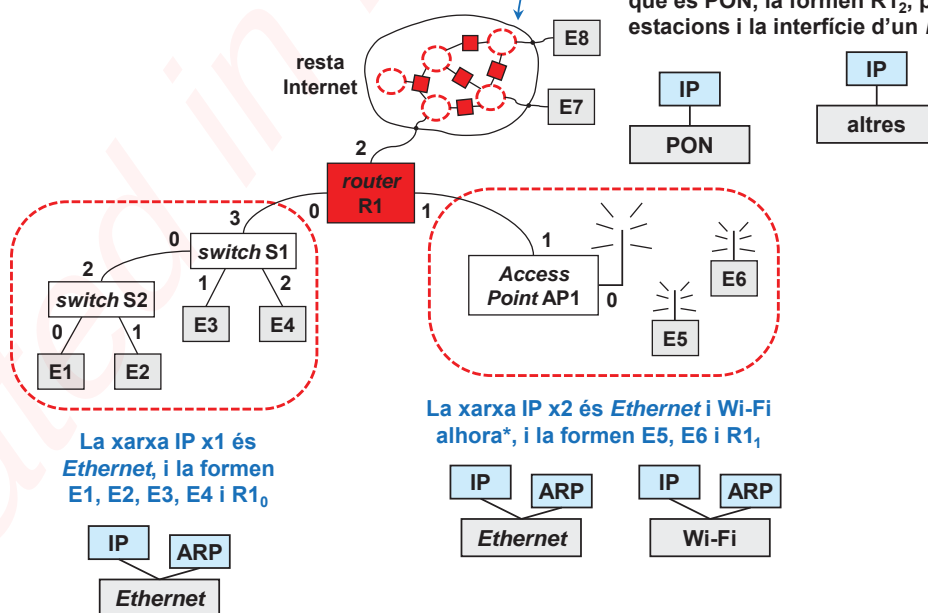
Els switches Ethernet S1 i S2 i l'Access Point Wi-Fi AP1. A més un switch no té @MAC; en canvi un Access Point sí té @MAC (o BSSID). Dit això, si un switch o un Access Point fos configurable remotament, llavors sí tindria @IP, capa IP, etc., i @MAC; es modelaria com una "nova" estació, p.e. "E9", unida al switch S1.

Quines xarxes IP hi ha? (ii)

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

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

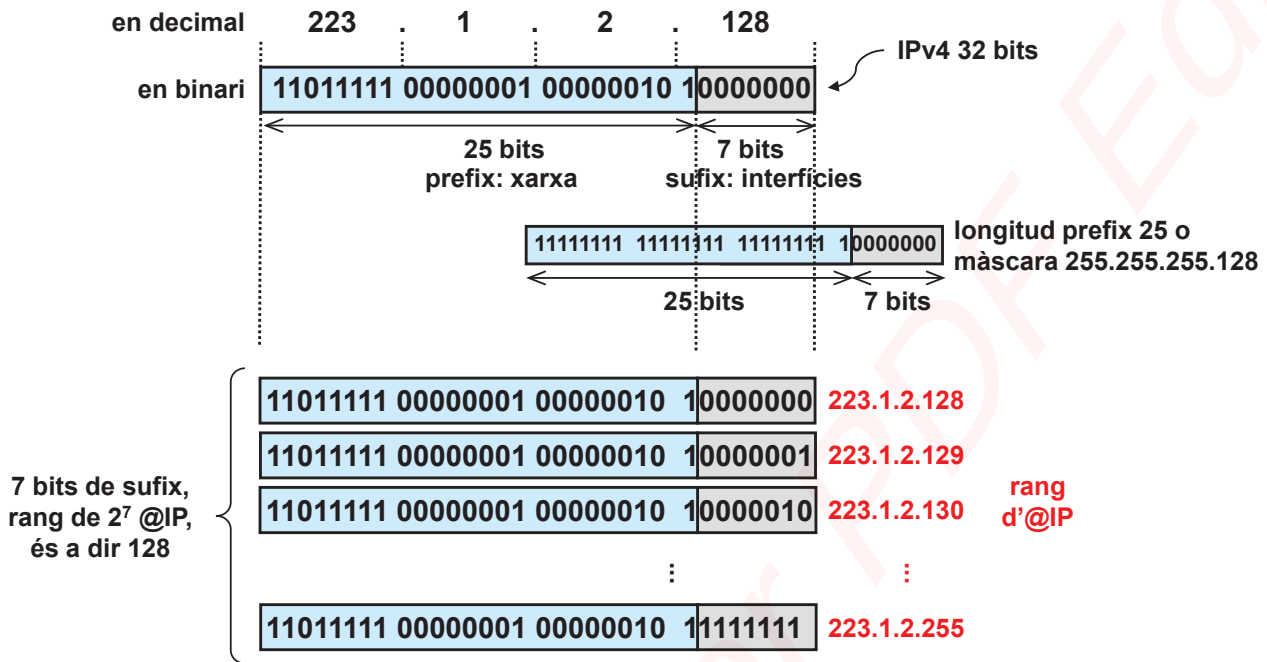
(entre elles hi ha la xarxa IP on està R1₂, que és PON, la formen R1₂, potser altres estacions i la interfície d'un router)



* 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)

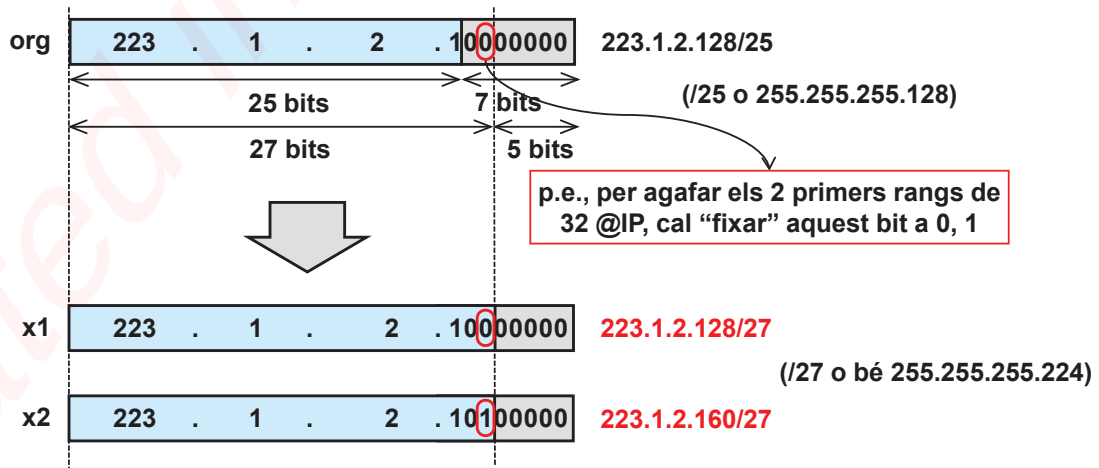
Rang d'adreces IP de l'organització

- La xarxa de l'organització té el **prefix de xarxa IP 223.1.2.128/25**:



Subnetting (i)

- L'organització fa **subnetting** de 223.1.2.128/25 (128 @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? $27-25 = 2$ bits $\rightarrow 2^2 = 4$ (128/32 = 4)
 - cal 2 rangs de 32 @IP per les 2 xarxes IP, p.e., els 2 primers rangs:

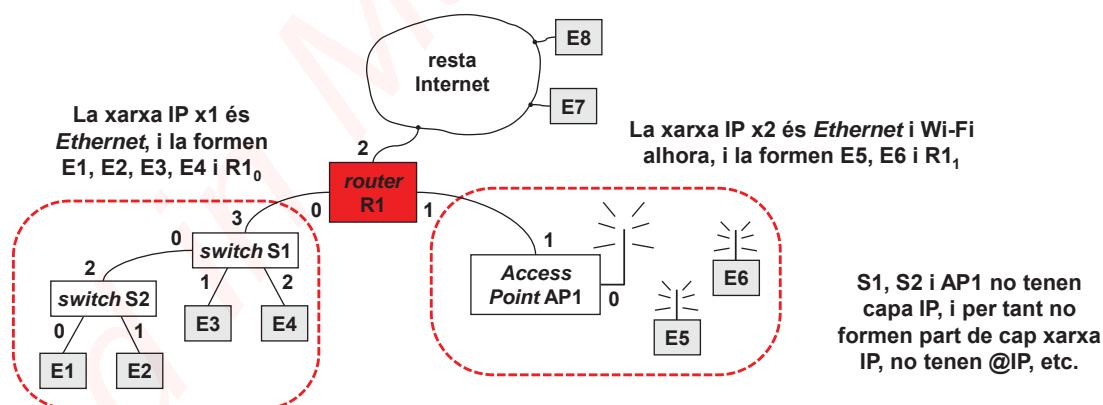


(fixeu-vos que existiria una "xarxa x1x2" 223.1.2.128/26)

Subnetting (ii)

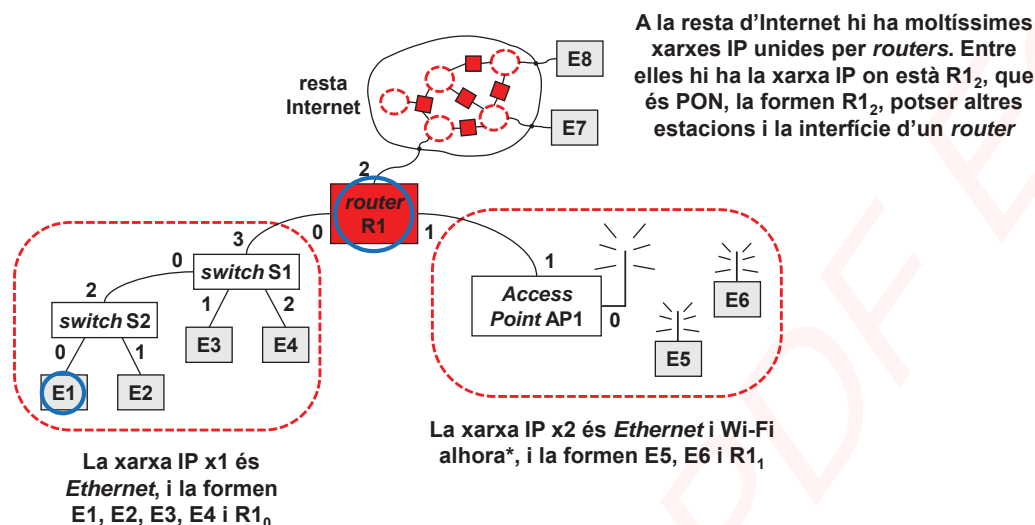
- Per cada xarxa IP, el prefix de xarxa IP i el rang d'adreces IP són:
 - xarxa x1: prefix 223.1.2.128/27, rang 223.1.2.128 a 223.1.2.159 (32 @IP)
 - xarxa x2: prefix 223.1.2.160/27, rang 223.1.2.160 a 223.1.2.191 (32 @IP)

Assignació de les adreces IP



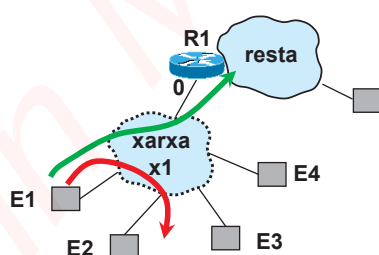
- Quant a l'assignació de les adreces a interfícies d'estacions i *routers*, cal tenir en compte que a cada rang n'hi ha dues ja preassignades, la primera i l'última
 - la primera (prefix+0s) identifica la xarxa IP (p.e., 223.1.2.160 a la xarxa x2)
 - l'última (prefix+1s) indica *broadcast* a la xarxa IP (p.e., 223.1.2.191 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 = 223.1.2.133, @IPE2 = 223.1.2.146, @IPE3 = 223.1.2.150, @IPE4 = 223.1.2.153, @IPR1₀ = 223.1.2.129
 - x2: @IPE5 = 223.1.2.172, @IPE6 = 223.1.2.184, @IPR1₁ = 223.1.2.161(R1₂ no forma part de cap d'aquestes xarxes; ens diuen que té @IPR1₂ = 4.3.2.61)

Taules d'encaminament IP: 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! Els switches Ethernet S1 i S2 de la xarxa x1 no en saben d'IP (no tenen capa IP, ni @IP, etc. ¹), sinó només saben Ethernet! Tenen 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)

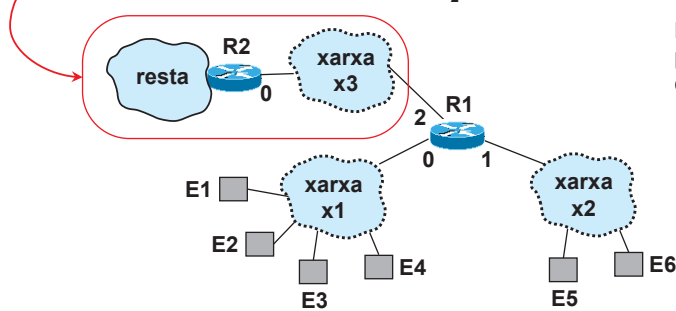
estació E1			
	destí	següent	interfície
32 destins 2 ³² - 32	x1 (223.1.2.128/27)	directe	E1 (223.1.2.133)
	resta	R1 ₀ (223.1.2.129)	E1 (223.1.2.133)

¹ De fet, si fossin switches configurables remotament, llavors sí tindrien una @IP, capa IP, etc., i també una @MAC; cadascun es modelaria com una "nova" estació, p.e. "E9", unida al switch S1

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 x3



La xarxa x3 és PON, la formen R1₂,
potser altres estacions i la interfície
d'un *router* que p.e., en diem R2₀

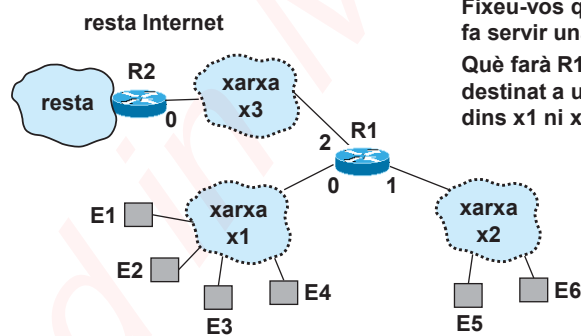
@IPR₁₂ = 4.3.2.61, *mask* 255.255.255.192

⇒ xarxa x3: 4.3.2.0/26

Hi ha un únic "següent" *router* R2
amb @IPR₂₀ = 4.3.2.1

router R1		
destí	següent	interfície
x1 (223.1.2.128/27)	directe	R1 ₀ (223.1.2.129)
x2 (223.1.2.160/27)	directe	R1 ₁ (223.1.2.161)
x3 (4.3.2.0/26)	directe	R1 ₂ (4.3.2.61)
resta	R2 ₀ (4.3.2.1)	R1 ₂ (4.3.2.61)

Taules d'encaminament IP: R1 (ii)



Fixeu-vos que l'org tenia 223.1.2.128/25, del qual només en
fa servir una part, els prefixos d'x1 i x2, i no la resta.

Què farà R1, si rep un paquet (que vingui de fora o de dins)
destinat a una @IP que estigui dins 223.1.2.128/25 però no
dins x1 ni x2 (p.e., destinat a 223.1.2.250)?

R1 aplicarà la línia "resta" i el reenviarà a fora
de l'org, cap a R2:

És incorrecte! És una @IP de l'org!

Pot causar *routing loops*: R2 tindrà una línia
que el reenviarà cap a R1, R1 a R2, etc.

El que hauria de fer R1 és eliminar-lo!

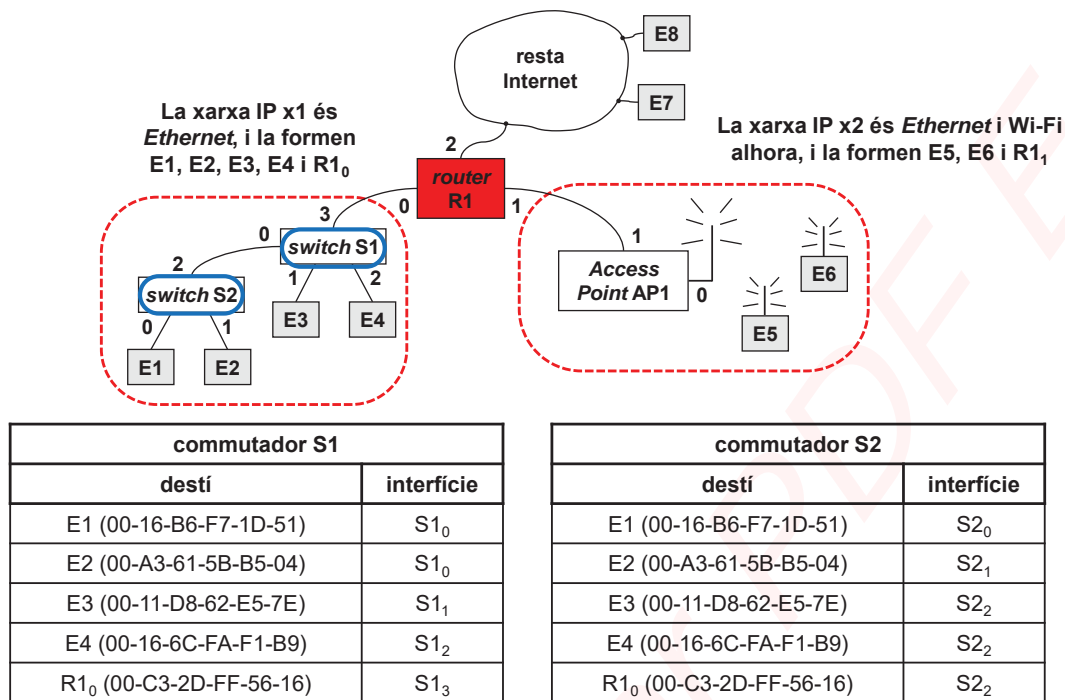
router R1		
destí	següent	interfície
x1 (223.1.2.128/27)	directe	R1 ₀ (223.1.2.129)
x2 (223.1.2.160/27)	directe	R1 ₁ (223.1.2.161)
x3 (4.3.2.0/26)	directe	R1 ₂ (4.3.2.61)
resta	R2 ₀ (4.3.2.1)	R1 ₂ (4.3.2.61)

Solució? Afegir a la taula d'R1 una línia **org (223.1.2.128/25), directe, interfície null**:

La interfície *null* és una interfície virtual, que descarta tots els paquets que "s'envien" a través d'ella.
Als paquets destinats a @IP dins 223.1.2.128/25 però no dins x1 ni x2 (p.e., destinat a 223.1.2.250),
se'ls aplicarà aquesta línia (pels paquets destinats a x1 o x2, ara hi haurà dues línies "vàlides", però
recordeu que quan passa això, s'escull la de la xarxa més "petita", és a dir, la del prefix més llarg)

Taules dels *switchs* i de l'AP (i)

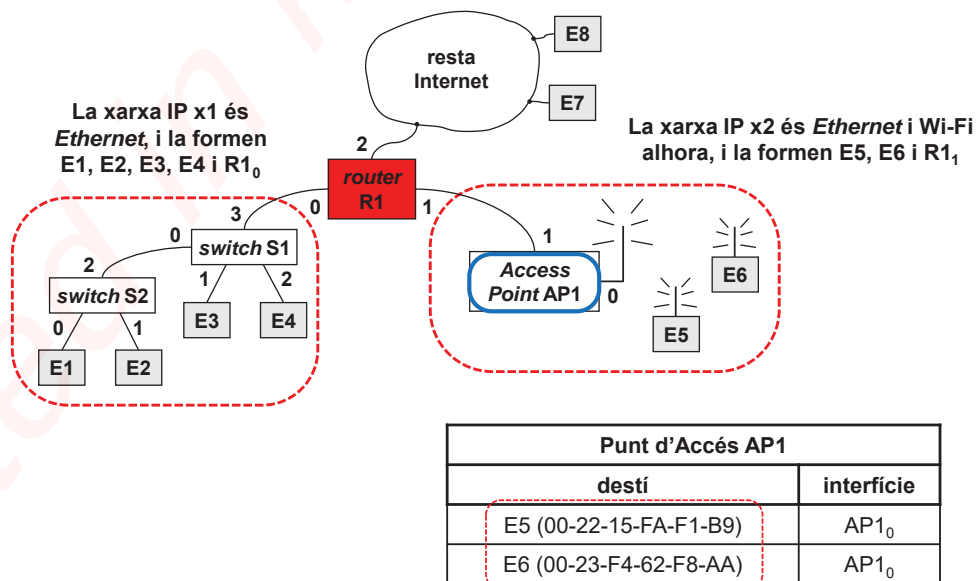
... quan les taules dels *switchs* S1 i S2 estan totalment completes i les estacions Wi-Fi estan associades al Punt d'Accés AP1



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"

Taules dels *switchs* i de l'AP (ii)

... quan les taules dels *switchs* S1 i S2 estan totalment completes i les estacions Wi-Fi estan associades al Punt d'Accés AP1



les estacions Wi-Fi associades a AP1

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"

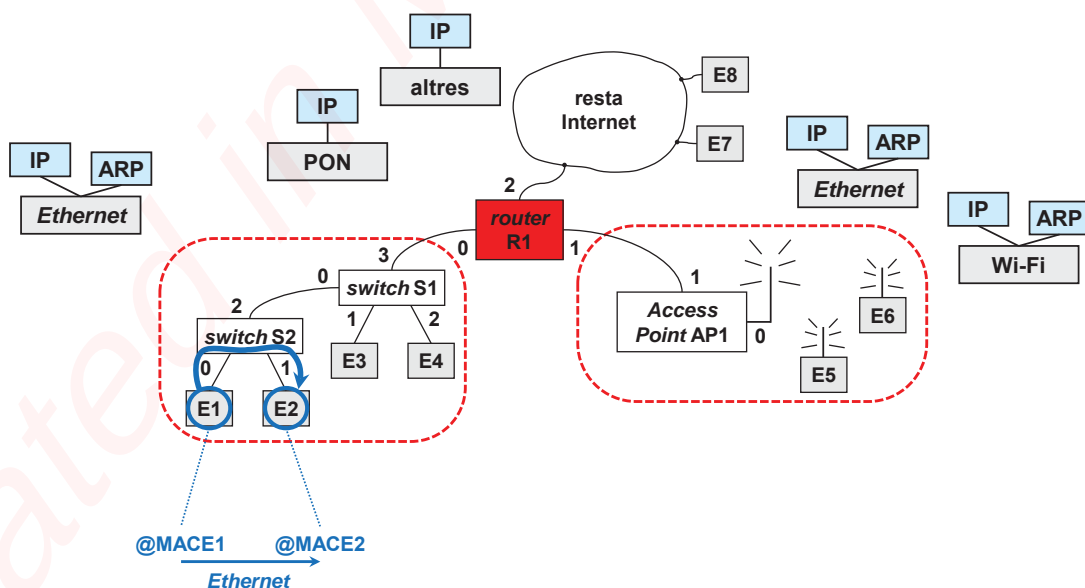
Taules ARP d'E1 i R1 (i)

- El servei de la capa ARP és **trobar, donada l'@IP d'una interfície de xarxa, l'@MAC** d'aquesta interfície de xarxa:
 - pregunta a tota la xarxa IP * qui té l'@IP, respon qui la té dient l'@MAC: protocol ARP
 - emmagatzema [@IP,@MAC] en una taula temporalment: taula ARP
- Cal **trobar el camí** seguit pels paquets i **quines @MAC** haurà fet servir cada estació o *router* del camí en cada salt: amb el protocol ARP haurà trobat aquestes @MAC i després les haurà guardat a la taula ARP.
- Ens diuen que **darrerament només l'estació E1 ha enviat paquets IP a E2, E4 i E5**
 - recordeu que les entrades de la taula tenen un temps de vida, passat el qual s'esborren

* *broadcast* (difusió) dins la xarxa IP

Taules ARP d'E1 i R1 (ii)

... si darrerament* només l'estació **E1** ha enviat paquets IP a **E2**, E4 i E5

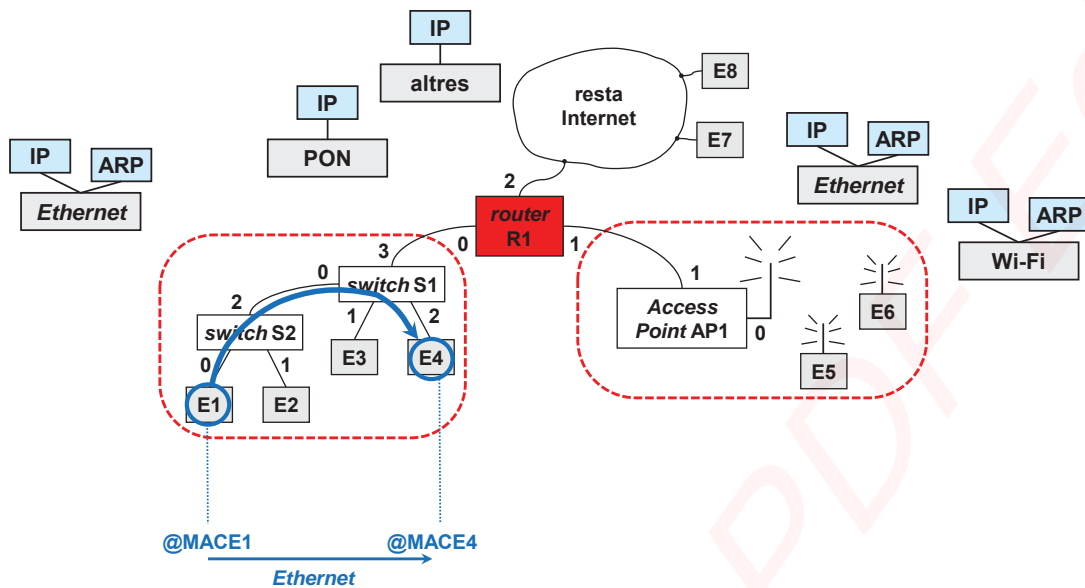


E1 → E2: camí **E1 – E2**; a E1, següent = “directe”, és a dir E2; per enviar-ho al “següent”, E1 haurà après l'@MAC d'E2 (trobad via el protocol ARP), i per tant la taula ARP d'E1 contindrà [@IPE2, @MACE2]

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

Taules ARP d'E1 i R1 (iii)

... si darrerament* només l'estació **E1** ha enviat paquets IP a E2, **E4** i E5

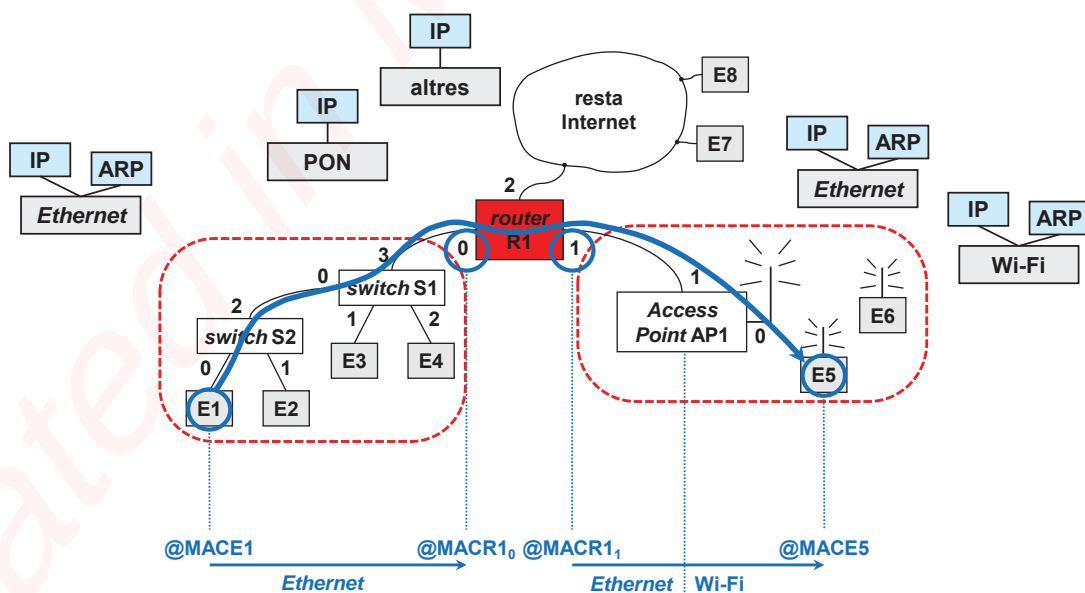


E1 → E4: camí **E1 – E4**; a E1, següent = “directe”, és a dir E4; per enviar-ho al “següent”, E1 après l’@MAC d’E4 (trobadà via el protocol ARP), i per tant la taula ARP d’E1 contindrà [@IPE4, @MACE4]

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

Taules ARP d'E1 i R1 (iv)

... si darrerament* només l'estació **E1** ha enviat paquets IP a E2, E4 i **E5**



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 après l’@MAC d’R1₀ i R1 l’@MAC d’E5 (trobadès via el protocol ARP), i per tant la taula ARP d’E1 contindrà [@IPR1₀, @MACR1₀] i la d’R1 contindrà [@IPE5, @MACE5]

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

Taules ARP d'E1 i R1 (v)

... si darrerament* només l'estació E1 ha enviat paquets IP a E2, E4 i E5

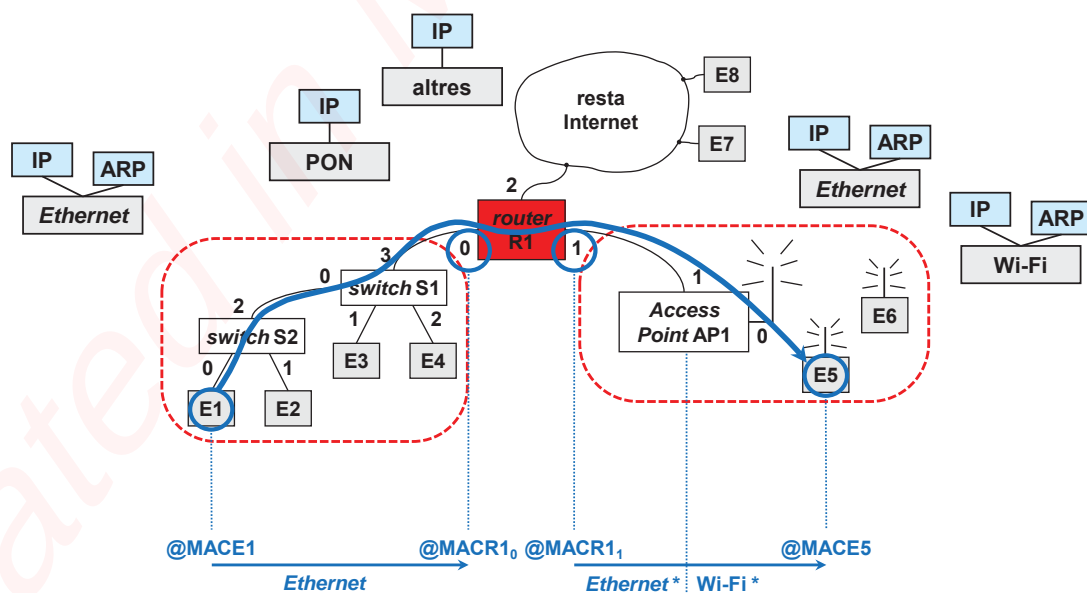
- En resum, els 3 paquets han seguit un camí segons les taules d'encaminament IP, i per enviar-ho al "següent", E5 i R1 han après via el protocol ARP unes @MAC:
 - E1 → E2: camí **E1 – E2**; a E1, següent = "directe", és a dir E2; per enviar-ho al "següent", E1 haurà après l'**@MAC d'E2**
 - E1 → E4: camí **E1 – E4**; a E1, següent = "directe", és a dir E4; per enviar-ho al "següent", E1 haurà après l'**@MAC d'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 après l'**@MAC d'R1₀** i R1 l'**@MAC d'E5**
 - per tant, al final les taules ARP d'E1 i d'R1 contenen el següent:

estació E1		
	@IP	@MAC
E2	E2 (223.1.2.146)	E2 (00-A3-61-5B-B5-04)
E4	E4 (223.1.2.153)	E4 (00-16-6C-FA-F1-B9)
R1 ₀	R1 ₀ (223.1.2.129)	R1 ₀ (00-C3-2D-FF-56-16)

router R1		
	@IP	@MAC
E5	E5 (223.1.2.172)	E5 (00-22-15-FA-F1-B9)

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

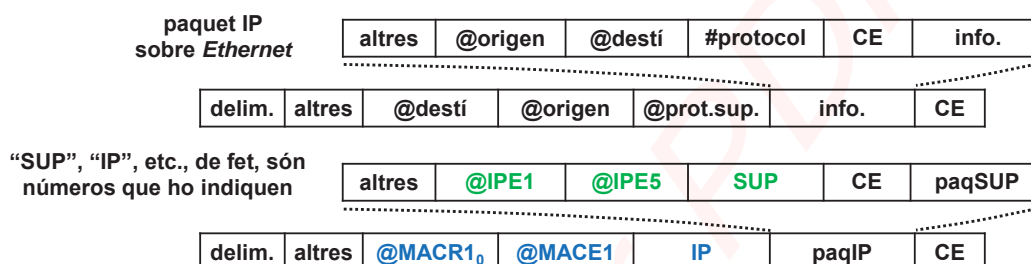
Transport d'un paquet IP d'E1 a E5 (i)



* 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 d'un paquet IP d'E1 a E5 (ii)

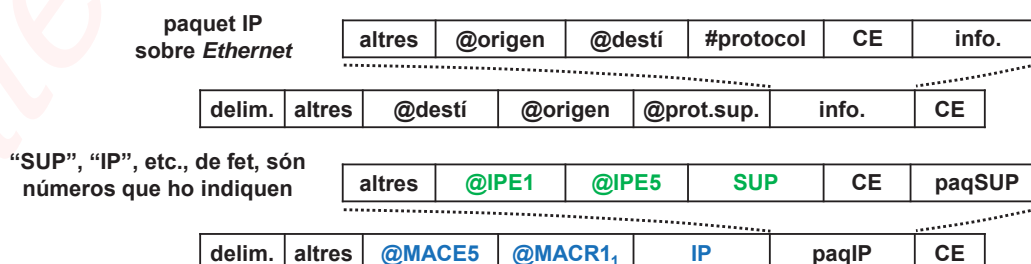
- La capa superior "SUP" (p.e., TCP, UDP, etc.) usuària de la capa IP d'E1 vol enviar un paquet "paqSUP" a l'"@IPdestí" = @IPE5
 - la **capa "SUP" crida IP_Envia(@IPE5, "paqSUP")**; la capa IP construeix un paquet IP amb @origen=@IPE1, @destí=@IPE5, #prot="SUP", info="paqSUP", etc., i consulta la taula d'encaminament IP per saber "següent": per @IPE5 = 223.1.2.172 la 2a línia aplica ("resta"), i llavors següent = R1₀, amb @IPR1₀ = 223.1.2.129; ara la capa IP cridaria Eth_Envia(@MACR1₀, "paqIP") però no sap l'@MACR1₀
 - per descobrir-ho la **capa IP crida a ARP_Resol(@MACR1₀?, @IPR1₀)**; la capa ARP ho busca primer a la seva taula ARP, i si no hi fos es faria servir ARP. En aquest cas SÍ hi és: @IPR1₀ (223.1.2.129) ---- @MACR1₀ (00-C3-2D-FF-56-16)
 - la **capa IP crida Eth_Envia(@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 *switch* S2 (per interfície 0), llegeix que l'@destí = @MACR1₀, consulta la seva taula i el reenvia només a la interfície 2 cap a S1; S1 el rep (per interfície 0), llegeix que l'@destí = @MACR1₀, consulta la seva taula, i el reenvia només a la interfície 3, cap a R1₀

Transport d'un 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 = 223.1.2.172 la 2a línia aplica ("xarxa x2"), i llavors **següent = directe**, és a dir, següent = destí (@IPE5 = 223.1.2.172), al destí E5 directament, via la interfície R1₁; ara la capa IP cridaria Eth_Envia(@MACE5, "paqIP") via R1₁, però no sap l'@MACE5
 - per descobrir-ho la **capa IP crida a ARP_Resol(@MACE5?, @IPE5)**; la capa ARP ho busca primer a la seva taula ARP, i si no hi fos es faria servir ARP. En aquest cas SÍ hi és: @IPE5 (223.1.2.172) ---- @MACE5 (00-22-15-FA-F1-B9)
 - la **capa IP crida Eth_Envia(@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 *Ethernet* arriba a l'Access Point AP1; AP1 llegeix que l'@destí = @MACE5, consulta la taula, veu que és una estació associada, i per tant l'ha de reenviar a la interfície Wi-Fi AP1₀

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

- l'AP1 construeix un paquet Wi-Fi d'info amb @origen=@MACR1₁, l'@ de l'AP1₀ (@MACAP1₀ o BSSID1), @destí=@MACE5, prot="IP", info="paqIP", etc., i l'envia a través d'AP1₀

paquet IP
sobre Wi-Fi

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

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

"SUP", "IP", "inf", "de l'AP", etc., de
fet, són números que ho indiquen

altres	@IPE1	@IPE5	SUP	CE	paqSUP
--------	-------	-------	-----	----	--------

delim.	altres	inf	de l'AP	@MACE5	BSSID1	@MACR1 ₁	#seq.	IP	paqIP	CE
--------	--------	-----	---------	--------	--------	---------------------	-------	----	-------	----

recordeu que ara E5 respondria un BEN cap a AP1

- el paquet arriba a totes les estacions de la xarxa Wi-Fi d'AP1, és a dir, E5 i E6, de les quals, **només E5 el "pren" i la resta el descarten**
(recordeu que ara E5 enviarà un paquet Wi-Fi de tipus "BEN" a l'AP1 per indicar-li que ha rebut bé el paquet; i que l'AP1 periòdicament envia paquets Wi-Fi de tipus "beacon", etc.)