

XARXES (GEINF i GDDV) CURS 2019/20
Segon examen parcial de teoria i problemes (13 de gener de 2020)

Nom: _____

Núm. UdG: _____

La duració de l'examen és 2 hores.

No es poden utilitzar apunts.

Test (5 punts)

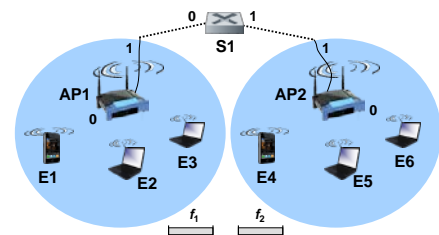
OPCIÓ A

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

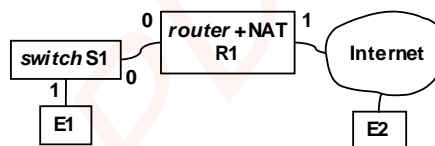
1)	a	b	c	d
2)	a	b	c	d
3)	a	b	c	d
4)	a	b	c	d
5)	a	b	c	d
6)	a	b	c	d
7)	a	b	c	d
8)	a	b	c	d
9)	a	b	c	d
10)	a	b	c	d

- 1) Sobre el mecanisme de datagrama i el de circuit virtual, quina és CERTA?
 - a. En datagrama, si les taules d'encaminament canvien, el camí que segueix un flux de paquets no canvia.
 - b. En circuit virtual, si les taules d'encaminament canvien, el camí que segueix un flux de paquets lligat a un circuit virtual no canvia.
 - c. En circuit virtual no es consulten mai les taules d'encaminament.
 - d. En datagrama no es consulten mai les taules d'encaminament.
- 2) Quant a les xarxes de commutació de circuits (XCC) basades en la FDM (*Frequency Division Multiplexing*), la WDM (*Wavelength DM*) o la TDM (*Time DM*) digital síncrona, quina és CERTA?
 - a. A través d'una XCC no es poden transportar fluxos de paquets.
 - b. En una XCC amb FDM o amb l'equivalent WDM, 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 una XCC amb TDM digital síncrona, l'amplada de banda de cada enllaç està dividida en "trossos", i per transportar un flux se li assigna un d'aquests trossos a cada enllaç del camí.
 - d. Són exemples de XCC les "velles" xarxes de telefonia fixa (primer amb FDM i després amb TDM digital síncrona) i les "noves" xarxes òptiques (amb WDM).
- 3) La xarxa de la figura està formada per les estacions E1, E2... E6, el commutador *Ethernet* S1 i els Punts d'Accés Wi-Fi AP1 i AP2. Quina és CERTA?
 - a. Quan la taula d'S1 està completa conté (amb el format [destí, interfície]): [@MACAP1₀, S1₀] i [@MACAP2₀, S1₁].
 - b. La taula d'AP1 conté (amb el format [destí, interfície]): [@MAC E1/E2/E3, AP1₀] i [@MAC AP2₀, AP1₁].
 - c. Si E5 envia un paquet d'informació Wi-Fi a E6, aquest paquet porta les @MAC d'E5, E6 i AP2₀, i l'AP2 el reenvia a través d'AP2₀.
 - d. Si E1 envia un paquet d'informació Wi-Fi a E5, aquest paquet porta les @MAC d'E1, E5 i AP2₀, i l'AP1 el reenvia a través d'AP1₁.



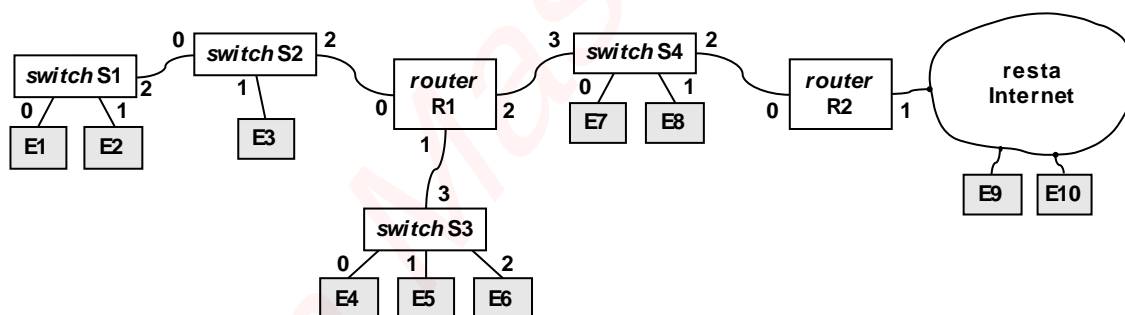
- 4) Quant a les tècniques d'accés múltiple d'una xarxa *Ethernet* (antiga) de difusió i d'una xarxa Wi-Fi, quina és FALSA?
- La detecció de col·lisions a *Ethernet* es basa en "escoltar mentre es transmet" i a Wi-Fi en "esperar una confirmació", i per tant, a *Ethernet* només cal un tipus de paquet i a Wi-Fi dos.
 - En comparació, la detecció de col·lisions a *Ethernet* és ràpida mentre que a Wi-Fi és lenta.
 - Ambdues fan CSMA (*Carrier Sense Multiple Access*); abans d'enviar s'escolta la línia; si està lliure es transmet; si està ocupada es segueix escoltant fins que està lliure: llavors a *Ethernet* es transmet de seguida, mentre que a Wi-Fi s'espera un temps aleatori, i es torna a escoltar.
 - La detecció de col·lisions a *Ethernet*, a diferència de la de Wi-Fi, necessita que el paquet (d'info) tingui una longitud màxima (cal això i el CSMA), la qual depèn del temps de propagació més gran a la xarxa.
- 5) En una xarxa hi ha 6 estacions, E1, E2, ... E6. Mentre E1 està enviant un paquet a E4, E2 vol enviar un paquet a E3 i E5 vol enviar un paquet a E6. Quina és CERTA?
- Si fos una xarxa *Ethernet* (antiga) de difusió, amb un repetidor de 6 ports i una estació a cada port, no hi hauria col·lisió entre els enviaments d'E2 i E5.
 - Si fos una xarxa *Ethernet* commutada (és a dir, un commutador amb una estació a cada port i *full-duplex*; suposeu encuament "il·limitat"), sí hi hauria col·lisió entre els enviaments d'E2 i E5.
 - Si fos una xarxa Wi-Fi, amb un Punt d'Accés al qual s'han associat les 6 estacions, és molt poc probable que hi hagués col·lisió entre els enviaments d'E2 i E5.
 - Si fos una xarxa *Ethernet*, amb E1, E2 i E3 unides a un repetidor, E4, E5 i E6 unides a un altre repetidor, i els dos repetidors units a un commutador (taula completa), sí hi hauria col·lisió entre els enviaments d'E2 i E5.
- 6) Quant a les adreces IP (@IP) i les adreces MAC (@MAC) d'*Ethernet* i/o Wi-Fi, quina és FALSA?
- La interfície de xarxa (p.e., *Ethernet* o Wi-Fi) d'una estació o d'un *router* té dues adreces: una @IP, de 4 bytes (si IPv4), i una @MAC, de 6 bytes.
 - La capa ARP d'una estació permet trobar l'@MAC (de la interfície de xarxa) d'una altra estació que es trobi en una altra xarxa IP, a partir de l'@IP (de la interfície de xarxa) d'aquesta estació.
 - Si una estació es mou d'una xarxa IP a una altra cal configurar una nova @IP; en canvi, l'@MAC no cal canviar-la, gràcies a l'estructura plana de les @MAC.
 - En la taula d'un commutador *Ethernet* hi ha una entrada per destí; en canvi, la grandària de la taula d'encaminament IP d'una estació és menor, gràcies a l'estructura jeràrquica de les @IP.
- 7) Una organització disposa del prefix de xarxa IP amb adreça de xarxa 84.88.154.0 i *mask* (màscara) 255.255.254.0. Si es fa *subnetting*, aquesta xarxa es pot dividir en:
- Dues xarxes, prefixos 84.88.154.0/23 i 84.88.155.0/23.
 - Dues xarxes, prefixos 84.88.154.0 i *mask* 255.255.255.0 i 84.88.154.1 i *mask* 255.255.255.0.
 - Dues xarxes, prefixos 84.88.154.0/24 i 84.88.154.128/24.
 - Tres xarxes, prefixos 84.88.154.0/25, 84.88.154.128/25 i 84.88.155.0/24.
- 8) Quant a l'aplicació DNS, quina és FALSA?
- Totes 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 pregunta al servidor DNS local de l'organització l'adreça IP del nom DNS bcds.udg.edu.
 - Els noms DNS estan organitzats de manera jeràrquica (arbre) i la informació (nom DNS, adreça IP) es troba dividida en "branques" (de l'arbre), cadascuna mantinguda en un servidor DNS.
 - Una estació fa preguntes DNS al servidor DNS local de la seva organització (la seva adreça IP forma part de la configuració de l'estació, el protocol és UDP i el número de port és 53) i aquest ho pregunta als servidors DNS d'Internet.

- 9) Quant al protocol ICMP (*Internet Control Message Protocol*), quina és CERTA?
- 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 destí un paquet ICMP indicant-ho.
 - 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 una estació rep un paquet TCP o UDP amb un #port destí que no està lligat a cap *socket*, envia a l'adreça origen un paquet ICMP per indicar-ho.
- 10) A l'estació E2 que es troba a Internet (veieu la figura) hi ha un servidor *web*, i a l'estació E1, que es troba en una xarxa unida a Internet via el *router* NAT R1, hi ha un navegador que ha fet una connexió TCP a aquest servidor per demanar-li una pàgina. Les adreces IP (@IP) són @IPE1 = 192.168.1.10, @IPR₁ = 192.168.1.1, @IPR₁ = 84.88.56.9, i @IPE2 = 23.23.15.7; el número de port (#port) TCP del navegador és 3000 i el del servidor és 443. Quant al contingut de la taula de traducció NAT amb el format [@IP: #port TCP intern, @IP: #port TCP extern], quina és CERTA?
- [192.168.1.10:3000, 84.88.56.9:2392].
 - [192.168.1.10:3000, 84.88.56.9:443].
 - [192.168.1.10:3000, 23.23.15.7:443].
 - [84.88.56.9:3000, 23.23.15.7:443].



Exercici (5 punts)

La xarxa d'una organització (veieu la figura) està formada per les estacions E1, E2, ...E8, els commutadors *Ethernet* S1, S2, S3 i S4, i els *routers* R1 i R2. Les adreces MAC de totes les interfícies es troben a la taula de sota.



interfície	@MAC
E1	00-13-D4-B5-4F-4B
E2	00-12-92-3B-7A-B3
E3	00-11-C8-62-E6-7E
R1 ₀	00-0A-4A-1B-79-03

interfície	@MAC
R1 ₁	00-1B-2A-0E-F3-00
R1 ₂	00-17-6A-EE-4E-53
E4	00-16-6A-45-1F-B9
E5	00-16-B6-F7-1D-51

interfície	@MAC
E6	00-16-B6-F7-A1-E5
E7	00-23-F4-62-F8-AA
E8	00-AA-3C-2A-3C-22
R2 ₀	00-C3-2D-FF-56-16

El *router* R2 uneix la xarxa de l'organització a la resta d'Internet (a través del seu *Internet Service Provider* o ISP). La seva interfície R2₁ és WiMAX, té l'adreça IP 65.2.10.23, la màscara 255.255.255.240 i un únic "següent" *router* d'adreça IP 65.2.10.17. L'organització disposa del prefix de xarxa IP 130.206.124.0/24, 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 64 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?
- Escriu 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) Feu l'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* R2, 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, S2, S3 i S4 estan totalment completes, i escriviu el contingut de les taules d'S1 i S2. 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 i E9 (que està a Internet i té l'adreça IP 25.26.27.28) i els que l'estació E5 ha enviat a E8, i escriviu el contingut de la taula ARP d'E1, E5 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 l'E8. Concretament, dibuixeu els paquets IP i ARP sobre *Ethernet* que es generen (amb adreces, etc.; feu servir la notació @IPE1, @IPR1₀, @MACE1, @MACR1₀, etc.), i expliqueu com actuen les estacions i dispositius de xarxa implicats (repetidors, commutadors 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, S2, S3 i S4 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, 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" 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).

XARXES (GEINF i GDDV) CURS 2019/20
Segon examen parcial de teoria i problemes (13 de gener de 2020)

Nom: _____

Núm. UdG: _____

La duració de l'examen és 2 hores.

No es poden utilitzar apunts.

Test (5 punts)

OPCIÓ B

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).

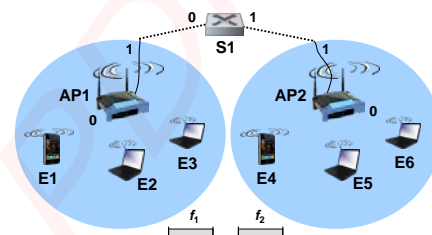
Respostes				
1)	a	b	c	d
2)	a	b	c	d
3)	a	b	c	d
4)	a	b	c	d
5)	a	b	c	d
6)	a	b	c	d
7)	a	b	c	d
8)	a	b	c	d
9)	a	b	c	d
10)	a	b	c	d

- 1) Quant al protocol ICMP (*Internet Control Message Protocol*), quina és CERTA?
 - (a) Quan una estació rep un paquet TCP o UDP amb un #port destí que no està lligat a cap *socket*, envia a l'adreça origen un paquet ICMP per indicar-ho.
 - b. 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 destí un paquet ICMP indicant-ho.
 - c. 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.
 - d. 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.
- 2) Quant a les tècniques d'accés múltiple d'una xarxa *Ethernet* (antiga) de difusió i d'una xarxa Wi-Fi, quina és FALSA?
 - a. La detecció de col·lisions a *Ethernet* es basa en "escoltar mentre es transmet" i a Wi-Fi en "esperar una confirmació", i per tant, a *Ethernet* només cal un tipus de paquet i a Wi-Fi dos.
 - (b) La detecció de col·lisions a *Ethernet*, a diferència de la de Wi-Fi, necessita que el paquet (d'info) tingui una longitud màxima (cal això i el CSMA), la qual depèn del temps de propagació més gran a la xarxa.
 - c. Ambdues fan CSMA (*Carrier Sense Múltiple Access*); abans d'enviar s'escolta la línia; si està lliure es transmet; si està ocupada es segueix escoltant fins que està lliure: llavors a *Ethernet* es transmet de seguida, mentre que a Wi-Fi s'espera un temps aleatori, i es torna a escoltar.
 - d. En comparació, la detecció de col·lisions a *Ethernet* és ràpida mentre que a Wi-Fi és lenta.
- 3) Una organització disposa del prefix de xarxa IP amb adreça de xarxa 84.88.154.0 i *mask* (màscara) 255.255.254.0. Si es fa *subnetting*, aquesta xarxa es pot dividir en:
 - (a) Tres xarxes, prefixos 84.88.154.0/25, 84.88.154.128/25 i 84.88.155.0/24.
 - b. Dues xarxes, prefixos 84.88.154.0/23 i 84.88.155.0/23.
 - c. Dues xarxes, prefixos 84.88.154.0/24 i 84.88.154.128/24.
 - d. Dues xarxes, prefixos 84.88.154.0 i *mask* 255.255.255.0 i 84.88.154.1 i *mask* 255.255.255.0.

- 4) En una xarxa hi ha 6 estacions, E1, E2, ... E6. Mentre E1 està enviant un paquet a E4, E2 vol enviar un paquet a E3 i E5 vol enviar un paquet a E6. Quina és CERTA?
- Si fos una xarxa Wi-Fi, amb un Punt d'Accés al qual s'han associat les 6 estacions, és molt poc probable que hi hagués col·lisió entre els enviaments d'E2 i E5.
 - Si fos una xarxa *Ethernet*, amb E1, E2 i E3 unides a un repetidor, E4, E5 i E6 unides a un altre repetidor, i els dos repetidors units a un commutador (taula completa), sí hi hauria col·lisió entre els enviaments d'E2 i E5.
 - Si fos una xarxa *Ethernet* commutada (és a dir, un commutador amb una estació a cada port i *full-duplex*; suposeu encuament "il·limitat"), sí hi hauria col·lisió entre els enviaments d'E2 i E5.
 - Si fos una xarxa *Ethernet* (antiga) de difusió, amb un repetidor de 6 ports i una estació a cada port, no hi hauria col·lisió entre els enviaments d'E2 i E5.

- 5) La xarxa de la figura està formada per les estacions E1, E2... E6, el commutador *Ethernet* S1 i els Punts d'Accés Wi-Fi AP1 i AP2. Quina és CERTA?

- Quan la taula d'S1 està completa conté (amb el format [destí, interfície]): [MACAP1₀, S1₀] i [MACAP2₀, S1₁].
- Si E5 envia un paquet d'informació Wi-Fi a E6, aquest paquet porta les @MAC d'E5, E6 i AP2₀, i l'AP2 el reenvia a través d'AP2₀.
- La taula d'AP1 conté (amb el format [destí, interfície]): [MAC E1/E2/E3, AP1₀] i [MAC AP2₀, AP1₁].
- Si E1 envia un paquet d'informació Wi-Fi a E5, aquest paquet porta les @MAC d'E1, E5 i AP2₀, i l'AP1 el reenvia a través d'AP1₁.



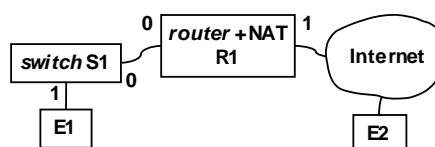
- 6) Quant a les adreces IP (@IP) i les adreces MAC (@MAC) d'*Ethernet* i/o Wi-Fi, quina és FALSA?
- La capa ARP d'una estació permet trobar l'@MAC (de la interfície de xarxa) d'una altra estació que es trobi en una altra xarxa IP, a partir de l'@IP (de la interfície de xarxa) d'aquesta estació.
 - La interfície de xarxa (p.e., *Ethernet* o Wi-Fi) d'una estació o d'un *router* té dues adreces: una @IP, de 4 bytes (si IPv4), i una @MAC, de 6 bytes.
 - En la taula d'un commutador *Ethernet* hi ha una entrada per destí; en canvi, la grandària de la taula d'encaminament IP d'una estació és menor, gràcies a l'estructura jeràrquica de les @IP.
 - Si una estació es mou d'una xarxa IP a una altra cal configurar una nova @IP; en canvi, l'@MAC no cal canviar-la, gràcies a l'estructura plana de les @MAC.

- 7) Quant a l'aplicació DNS, quina és FALSA?

- Els noms DNS estan organitzats de manera jeràrquica (arbre) i la informació (nom DNS, adreça IP) es troba dividida en "branques" (de l'arbre), cadascuna mantinguda en un servidor DNS.
- Totes les adreces IP d'Internet tenen associat un nom DNS.
- Una estació fa preguntes DNS al servidor DNS local de la seva organització (la seva adreça IP forma part de la configuració de l'estació, el protocol és UDP i el número de port és 53) i aquest ho pregunta als servidors DNS d'Internet.
- Quan un usuari vol veure la pàgina web <http://bcds.udg.edu/xc.html>, el navegador primer pregunta al servidor DNS local de l'organització l'adreça IP del nom DNS bcds.udg.edu.

- 8) A l'estació E2 que es troba a Internet (veieu la figura) hi ha un servidor *web*, i a l'estació E1, que es troba en una xarxa unida a Internet via el *router* NAT R1, hi ha un navegador que ha fet una connexió TCP a aquest servidor per demanar-li una pàgina. Les adreces IP (@IP) són @IPE1 = 192.168.1.10, @IPR₀ = 192.168.1.1, @IPR₁ = 84.88.56.9, i @IPE2 = 23.23.15.7; el número de port (#port) TCP del navegador és 3000 i el del servidor és 443. Quant al contingut de la taula de traducció NAT amb el format [@IP: #port TCP intern, @IP: #port TCP extern], quina és CERTA?

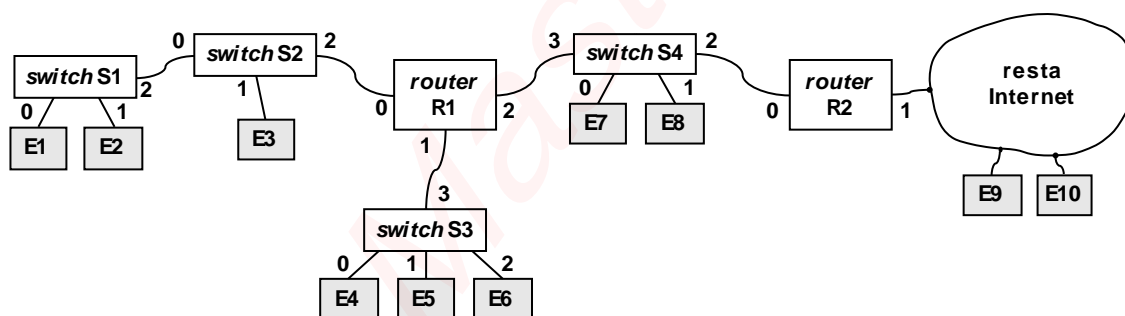
- [192.168.1.10:3000, 84.88.56.9:443].
- [192.168.1.10:3000, 84.88.56.9:2392].
- [84.88.56.9:3000, 23.23.15.7:443].
- [192.168.1.10:3000, 23.23.15.7:443].



- 9) Sobre el mecanisme de datagrama i el de circuit virtual, quina és CERTA?
- En circuit virtual no es consulten mai les taules d'encaminament.
 - En datagrama no es consulten mai les taules d'encaminament.
 - En datagrama, si les taules d'encaminament canvien, el camí que segueix un flux de paquets no canvia.
 - En circuit virtual, si les taules d'encaminament canvien, el camí que segueix un flux de paquets lligat a un circuit virtual no canvia.
- 10) Quant a les xarxes de commutació de circuits (XCC) basades en la FDM (*Frequency Division Multiplexing*), la WDM (*Wavelength DM*) o la TDM (*Time DM*) digital síncrona, quina és CERTA?
- A través d'una XCC no es poden transportar fluxos de paquets.
 - Són exemples de XCC les "velles" xarxes de telefonia fixa (primer amb FDM i després amb TDM digital síncrona) i les "noves" xarxes òptiques (amb WDM).
 - En una XCC amb TDM digital síncrona, l'amplada de banda de cada enllaç està dividida en "trossos", i per transportar un flux se li assigna un d'aquests trossos a cada enllaç del camí.
 - En una XCC amb FDM o amb l'equivalent WDM, 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.

Exercici (5 punts)

La xarxa d'una organització (veieu la figura) està formada per les estacions E1, E2, ...E8, els commutadors *Ethernet* S1, S2, S3 i S4, i els routers R1 i R2. Les adreces MAC de totes les interfícies es troben a la taula de sota.



interfície	@MAC
E1	00-13-D4-B5-4F-4B
E2	00-12-92-3B-7A-B3
E3	00-11-C8-62-E6-7E
R1 ₀	00-0A-4A-1B-79-03

interfície	@MAC
R1 ₁	00-1B-2A-0E-F3-00
R1 ₂	00-17-6A-EE-4E-53
E4	00-16-6A-45-1F-B9
E5	00-16-B6-F7-1D-51

interfície	@MAC
E6	00-16-B6-F7-A1-E5
E7	00-23-F4-62-F8-AA
E8	00-AA-3C-2A-3C-22
R2 ₀	00-C3-2D-FF-56-16

El router R2 uneix la xarxa de l'organització a la resta d'Internet (a través del seu *Internet Service Provider* o ISP). La seva interfície R2₁ és WiMAX, té l'adreça IP 65.2.10.23, la màscara 255.255.255.240 i un únic "següent" router d'adreça IP 65.2.10.17. L'organització disposa del prefix de xarxa IP 130.206.124.0/24, 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 64 adreces. Es demana el següent:

- Quantes xarxes IP hi ha a l'organització (anomenen-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?
- Escriu el rang d'adreces IP de la xarxa de l'organització (anomenen-la xorg).
- Feu el *subnetting* (de la manera descrita abans) i escriu el prefix de xarxa IP de cadascuna de les xarxes i el rang d'adreces IP corresponent.

- d) Feu l'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* R2, 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, S2, S3 i S4 estan totalment completes, i escriviu el contingut de les taules d'S1 i S2. 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 i E9 (que està a Internet i té l'adreça IP 25.26.27.28) i els que l'estació E5 ha enviat a E8, i escriviu el contingut de la taula ARP d'E1, E5 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 l'E8. Concretament, dibuixeu els paquets IP i ARP sobre *Ethernet* que es generen (amb adreces, etc.; feu servir la notació @IPE1, @IPR1₀, @MACE1, @MACR1₀, etc.), i expliqueu com actuen les estacions i dispositius de xarxa implicats (repetidors, commutadors 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, S2, S3 i S4 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, 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" d'un paquet IP (IPv4) és

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

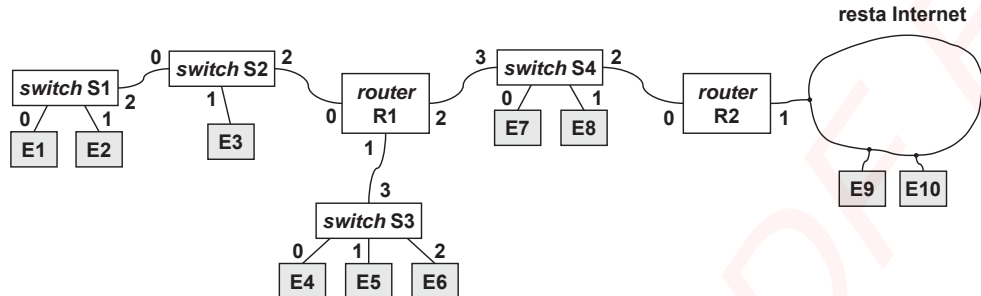
(CE no inclou "info."),
on "#protocol" indica el protocol usuari i "info." és el paquet del protocol usuari (TCP, UDP, etc.).
- El format "resumit" dels paquets ARP és

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

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

Quantes 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 els routers Rx. A sota d'IP, tots tenen una capa de xarxa Ethernet o WiMAX. Recordeu que cada capa de xarxa té les seves pròpies adreces de xarxa, p.e., a Ethernet (i Wi-Fi i WiMAX) les @MAC (IEEE 802 EUI-48).

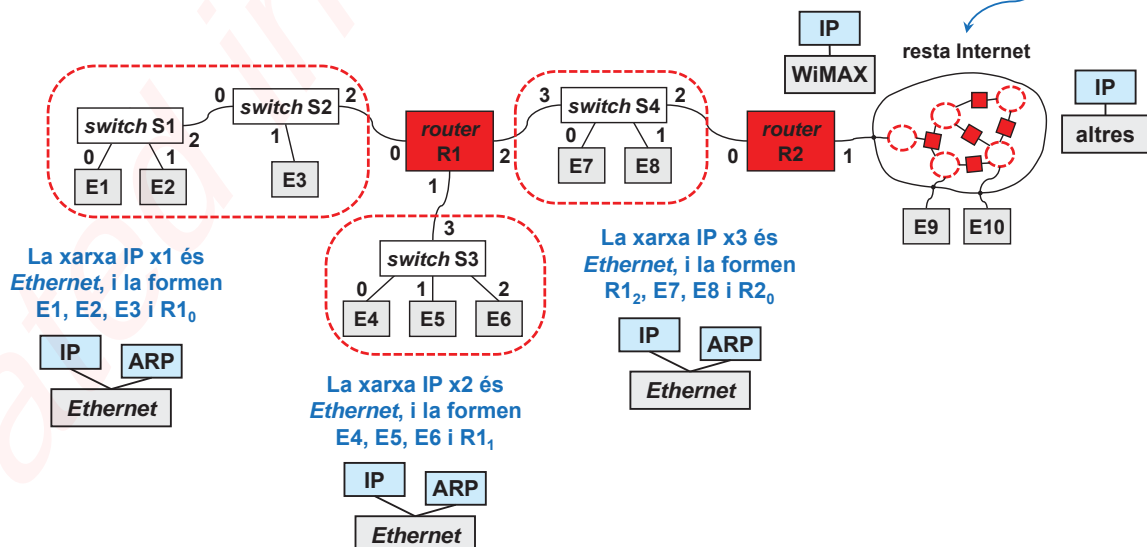
Quins "elements" no tenen capa IP?

Els switches Ethernet (S1, S2, S3 i S4. A més un switch no té @MAC (en canvi un Access Point sí tindria @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. "E11", unida al switch S1.

Quantes xarxes IP hi ha? (ii)

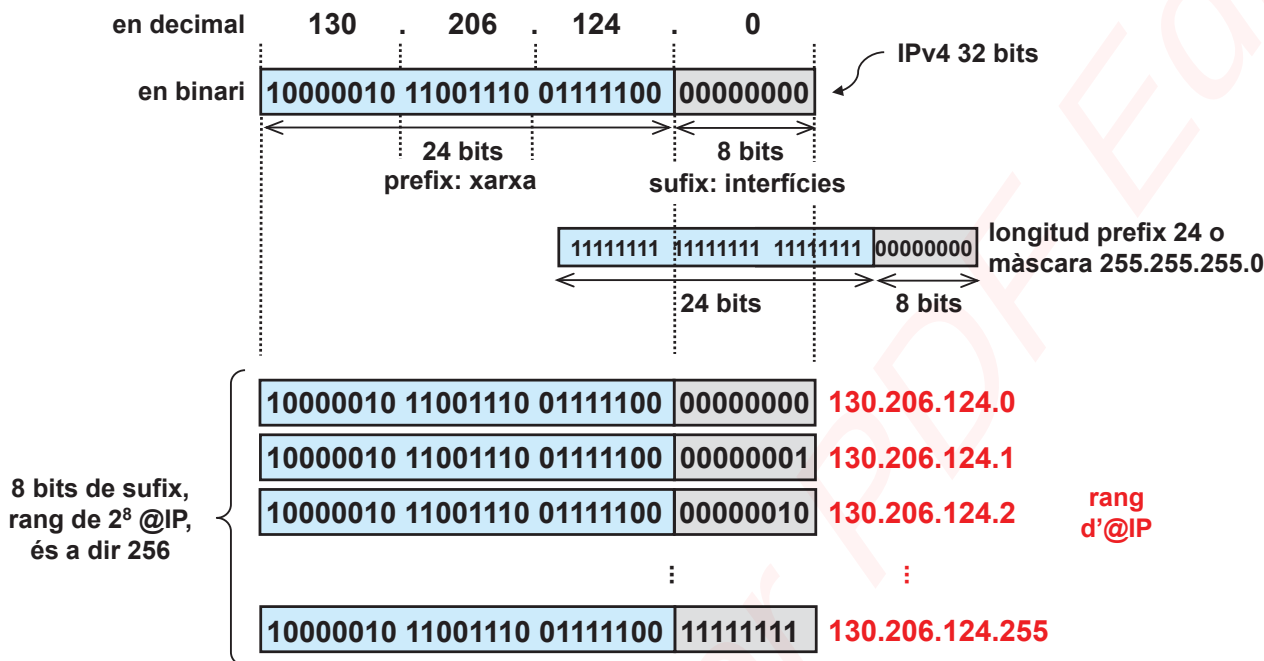
Una xarxa IP és un conjunt d'interfícies (de nodes, és a dir, d'estacions o routers) que tenen un mateix prefix d'@IP

Això (resta d'Internet), de fet, són moltíssimes xarxes IP unides per routers (entre elles hi ha la xarxa IP on està R2₁, que és WiMAX, la formen R2₁, potser altres estacions i la interfície d'un router)



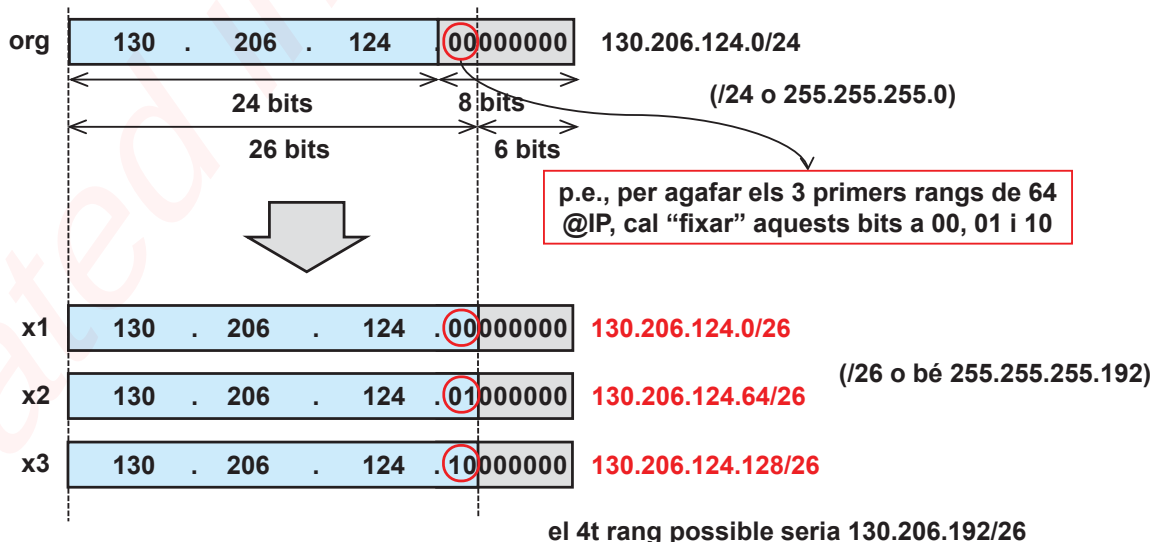
Rang d'adreces IP de l'organització

- L'organització té el **prefix de xarxa IP 130.206.124.0/24**:



Subnetting (i)

- L'organització fa **subnetting** de 130.206.124.0/24 (256 @IP) en rangs de 64 @IP
 - 64 = 2^6 , és a dir, cada rang resultant tindrà un sufix de 6 bits i un prefix de 26 bits
 - quants rangs de 64 @IP hi ha? $26-24 = 2$ bits $\rightarrow 2^2 = 4$ (256/64 = 4)
 - cal 3 rangs de 64 @IP per les 3 xarxes IP, p.e., els 3 primers rangs:

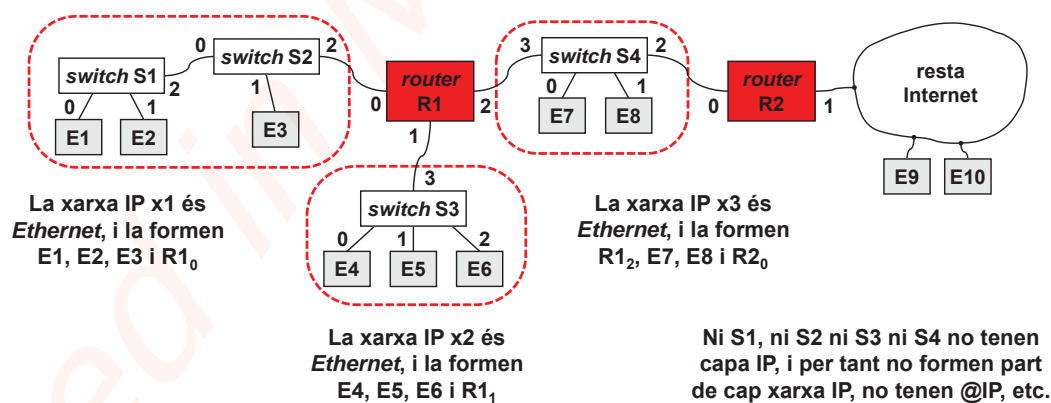


(fixeu-vos que existiria una "xarxa x1x2" 130.206.124.0/25)

Subnetting (ii)

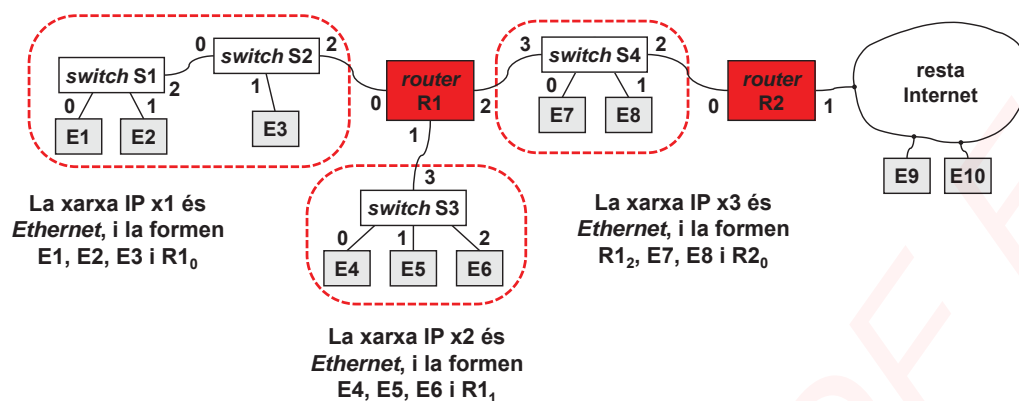
- Per cada xarxa IP, el prefix de xarxa IP i el rang d'adreces IP són:
 - xarxa **x1**: prefix **130.206.124.0/26**, rang **130.206.124.0 a 130.206.124.63** (64 @IP)
 - xarxa **x2**: prefix **130.206.124.64/26**, rang **130.206.124.64 a 130.206.124.127** (64 @IP)
 - xarxa **x3**: prefix **130.206.124.128/26**, rang **130.206.124.128 a 130.206.124.191** (64 @IP)

Assignació de les adreces IP (i)



- 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., 130.206.124.64 a la xarxa x2)
 - l'última (prefix +1s) indica *broadcast* a la xarxa IP (p.e., 130.206.124.127 és *broadcast* en x2)
 - la resta d'adreces es poden assignar a interfícies d'estacions i *routers* com es vulgui

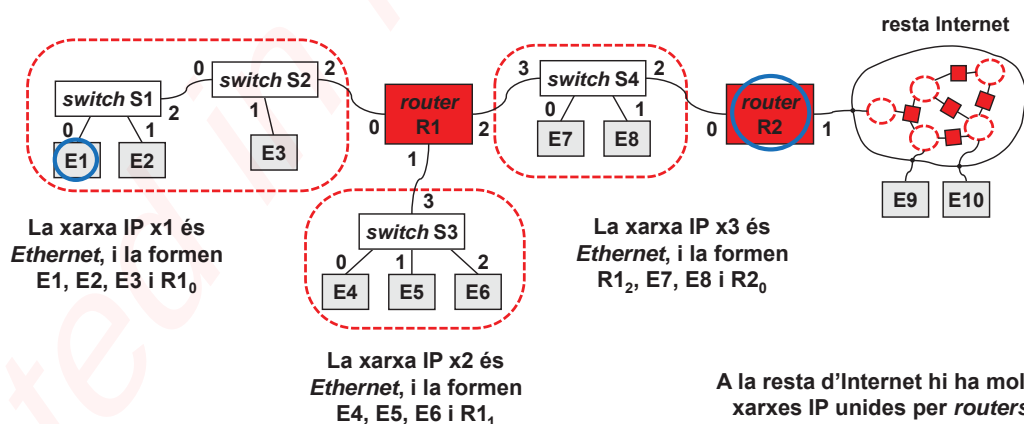
Assignació de les adreces IP (ii)



• P.e., una possible assignació

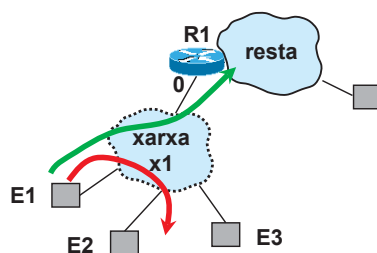
- x1: @IPE1 = 130.206.124.2, @IPE2 = 130.206.124.3, @IPE3 = 130.206.124.4, @IPR1₀ = 130.206.124.1
 - x2: @IPE4 = 130.206.124.66, @IPE5 = 130.206.124.67, @IPE6 = 130.206.124.68, @IPR1₁ = 130.206.124.65
 - x3: @IPE7 = 130.206.124.131, @IPE8 = 130.206.124.132, @IPR1₂ = 130.206.124.129, @IPR2₀ = 130.206.124.130
- (R2₁ no forma part de cap d'aquestes xarxes; ens diuen que té @IPR2₁ = 65.2.10.9)

Taules d'encaminament IP: E1 i R2



A la resta d'Internet hi ha moltíssimes xarxes IP unides per routers. Entre elles hi ha la xarxa IP on està R2₁, que és WiMAX, la formen R2₁, potser altres estacions i la interfície d'un router

Taules d'encaminament IP: E1



Ei! Els *switchs 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 4 @MAC d'E1, E2, E3 i R1₀!

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

Són E1, E2, E3 i R1₀, i també la resta d'@IPs "lliures" del rang de 64 @s d'x1 ²

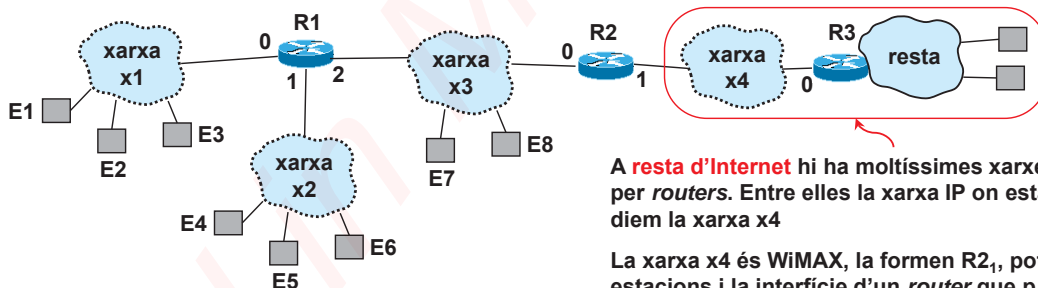
si el destí és algú altre, el lliurament és indirecte via *router*:
següent = *router*_i (la interfície del *router* a la meua xarxa)

estació E1		
destí	següent	interfície
x1 (130.206.124.0/26)	directe	E1 (130.206.124.2)
resta	R1 ₀ (130.206.124.1)	E1 (130.206.124.2)

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. "E11", unida al *switch* S1

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

Taules d'encaminament IP: R2 (i)



A *resta* d'Internet hi ha moltíssimes xarxes IP unides per *routers*. Entre elles la xarxa IP on està R2₁: en diem la xarxa x4

La xarxa x4 és WiMAX, la formen R2₁, potser altres estacions i la interfície d'un *router* que p.e., en diem R3₀

@IPR2₁ = 65.2.10.23 mask 255.255.255.240

⇒ xarxa x4: 65.2.10.16/28

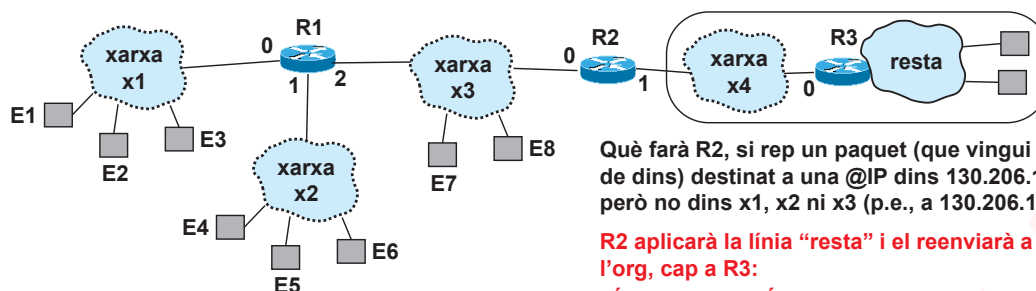
Un únic "següent" *router* amb @IPR3₀ = 65.2.10.17

router R2		
destí	següent	interfície
x1 (130.206.124.0/26)	R1 ₂ (130.206.124.129)	R2 ₀ (130.206.124.130)
x2 (130.206.124.64/26)	R1 ₂ (130.206.124.129)	R2 ₀ (130.206.124.130)
x3 (130.206.124.128/26)	directe	R2 ₀ (130.206.124.130)
x4 (65.2.10.16/28)	directe	R2 ₁ (65.2.10.23)
resta	R3 ₀ (65.2.10.17)	R2 ₁ (65.2.10.23)

* Aquestes 2 línies es podrien compactar en 1 única línia així:

x1x2 (130.206.124.0/25), R1₂ (130.206.124.129), R2₀ (130.206.124.130)

Taules d'encaminament IP: R2 (ii)



Fixeu-vos que l'org tenia 130.206.124.0/24, del qual només en fa servir una part, els prefixos d'x1, x2 i x3, i no la resta.

Què farà R2, si rep un paquet (que vingui de fora o de dins) destinat a una @IP dins 130.206.124.0/24 però no dins x1, x2 ni x3 (p.e., a 130.206.124.200)?

R2 aplicarà la línia "resta" i el reenviarà a fora de l'org, cap a R3:

És incorrecte! És una @IP de l'org!

Pot causar *routing loops*: R3 tindrà una línia que el reenviarà cap a R2, R2 a R3, etc.

El que hauria de fer R2 és eliminar-lo!

router R2		
destí	següent	interfície
x1 (130.206.124.0/26)	R1 ₂ (130.206.124.129)	R2 ₀ (130.206.124.130)
x2 (130.206.124.64/26)	R1 ₂ (130.206.124.129)	R2 ₀ (130.206.124.130)
x3 (130.206.124.128/26)	directe	R2 ₀ (130.206.124.130)
x4 (65.2.10.16/28)	directe	R2 ₁ (65.2.10.23)
resta	R3 ₀ (65.2.10.17)	R2 ₁ (65.2.10.23)

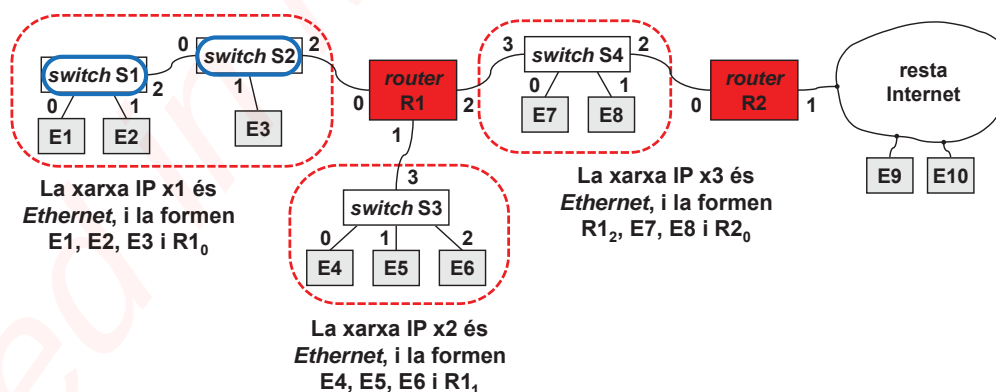
Solució? Afegir a la taula d'R2 una línia org (130.206.124.0/24), directe, interfície *null*:

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 130.206.124.0/24 però no dins x1 ni x2 ni x3 (p.e., destinat a 130.206.124.200), se'ls aplicarà aquesta línia (pels paquets destinats a x1, x2 o x3, 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 S1 i S2

... quan les taules dels switchs S1, S2, S3 i S4 estan totalment completes



commutador S1	
destí	interfície
E1 (00-13-D4-B5-4F-4B)	S1 ₀
E2 (00-12-92-3B-7A-B3)	S1 ₁
E3 (00-11-C8-62-E6-7E)	S1 ₂
R1 ₀ (00-0A-4A-1B-79-03)	S1 ₂

commutador S2	
destí	interfície
E1 (00-13-D4-B5-4F-4B)	S2 ₀
E2 (00-12-92-3B-7A-B3)	S2 ₀
E3 (00-11-C8-62-E6-7E)	S2 ₁
R1 ₀ (00-0A-4A-1B-79-03)	S2 ₂

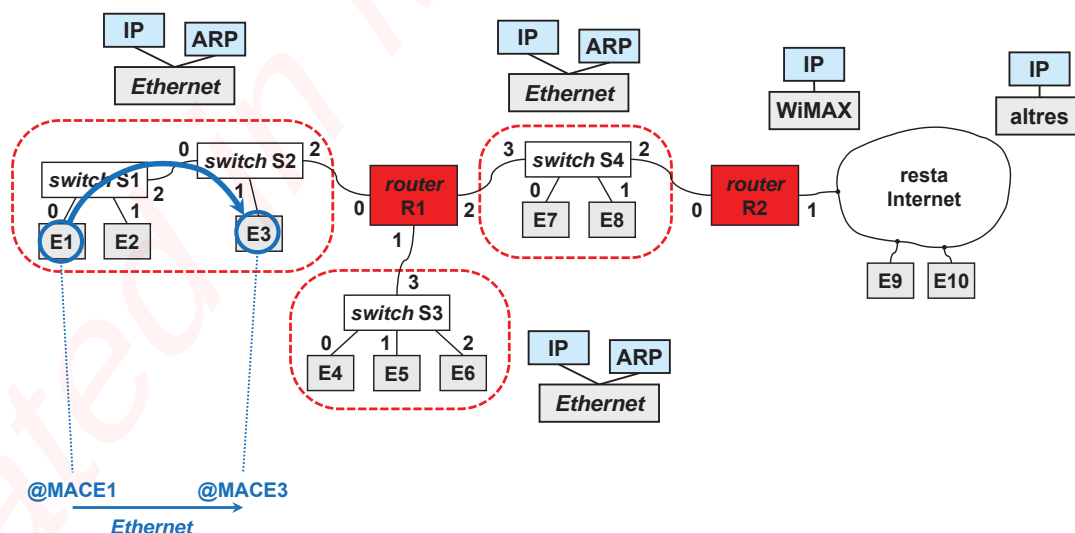
Les taules indiquen la "interfície" (port) on es troba una estació "destí", és a dir, la "interfície" a la qual cal reenviar un paquet dirigit a "destí"

Taules ARP d'E1, E5 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 tothom, *broadcast*) 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 E3 i E9, i l'estació E5 n'ha enviat a E8**
 - recordeu que les entrades de la taula tenen un temps de vida, passat el qual s'esborren

Taules ARP d'E1, E5 i R1 (ii)

... si darrerament* només l'estació E1 ha enviat paquets IP a **E3** i E9, i l'estació E5 n'ha enviat a E8

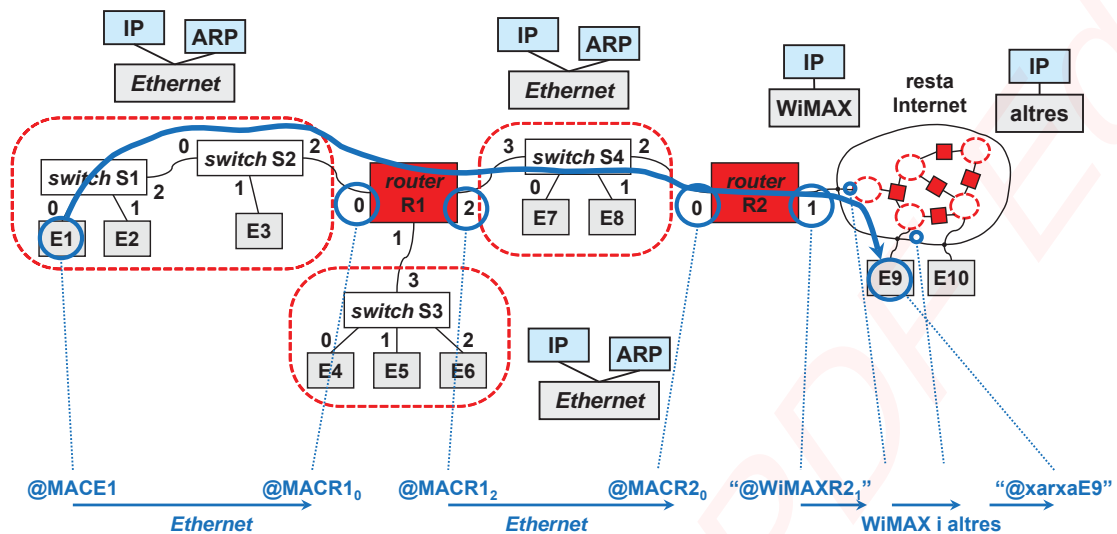


E1 → E3: camí **E1 – E3**; a E1, següent = “directe”, és a dir E3; per enviar-ho al “següent”, E1 haurà après l'@MAC d'E3 (trobadà via el protocol ARP), i per tant la taula ARP d'E1 continuarà [@IPE3, @MACE3]

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

Taules ARP d'E1, E5 i R1 (iii)

... si darrerament* només l'estació E1 ha enviat paquets IP a E3 i E9 i l'estació E5 n'ha enviat a E8

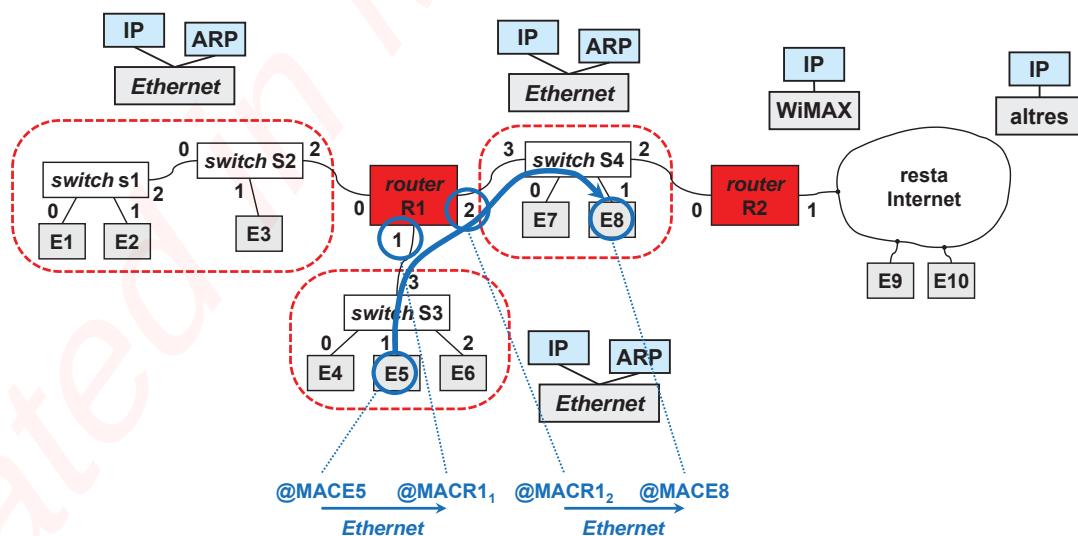


E1 → E9: camí **E1 – R1 – R2 – R3 ... – Rn – E9**; a E1, següent = R1₀, a R1, següent = R2₀, a R2, següent = R3₀, ..., i al final, a un router Rn, següent = "directe", és a dir E9; per enviar-ho al "següent", E1 haurà après l'@MAC d'R1₀ i R1 haurà après l'@MAC d'R2₀ (trobades via el protocol ARP), i per tant la taula ARP d'E1 contindrà [@IPR1₀, @MACR1₀] i la d'R1 contindrà [@IPR2₀, @MACR2₀]

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

Taules ARP d'E1, E5 i R1 (iv)

... si darrerament* només l'estació E1 ha enviat paquets IP a E3 i E9, i l'estació E5 n'ha enviat a E8



E5 → E8: camí **E5 – R1 – E8**; a E5, següent = R1₁, a R1, següent = "directe", és a dir E8; per enviar-ho al "següent", E5 haurà après l'@MAC d'R1₁ i R1 haurà après l'@MAC d'E8 (trobades via el protocol ARP), i per tant la taula ARP d'E5 contindrà [@IPR1₁, @MACR1₁] i la d'R1 contindrà [@IPE8, @MACE8]

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

Taules ARP d'E1, E5 i R1 (v)

... si darrerament* només l'estació E1 ha enviat paquets IP a E3 i E9, i l'estació E5 n'ha enviat a E8

- En resum, els 3 paquets han seguit un camí segons les taules d'encaminament IP, i per enviar-ho al "següent", E1, E5 i R1 han après via el protocol ARP unes @MAC:
 - E1 → E3: camí **E1 – E3**; a E1, següent = "directe", és a dir E3; per enviar-ho al "següent", E1 haurà après l'**@MAC d'E3**
 - E1 → E9 (que està a Internet): camí **E1 – R1 – R2 – R3 ... – Rn – E9**; a E1, següent = R1₀, a R1, següent = R2₀, ..., i al final, a un router Rn següent = "directe", és a dir E9; per enviar-ho al "següent", E1 haurà après l'**@MAC d'R1₀** i R1 l'**@MAC d'R2₀**
 - E5 → E8: camí **E5 – R1 – E8**; a E5, següent = R1₁, a R1 següent = "directe", és a dir, E8; per enviar-ho al "següent", E5 haurà après l'**@MAC d'R1₁** i R1 l'**@MAC d'E8**
 - per tant, al final les taules ARP d'E1, E5 i R1 contenen el següent:

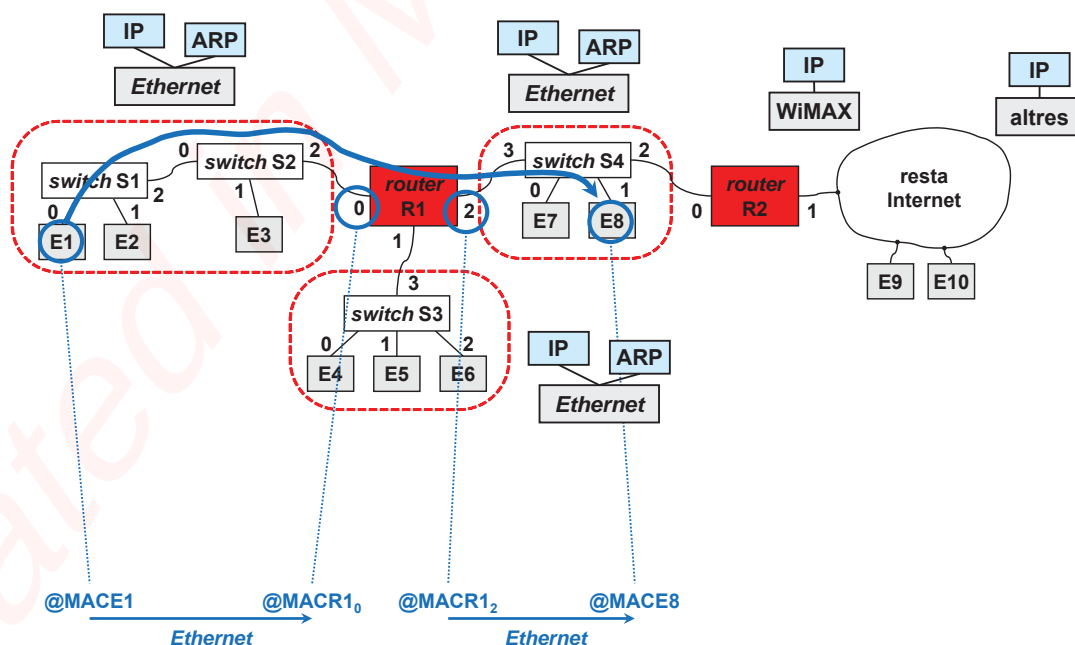
estació E5	
@IP	@MAC
R1 ₁ (130.206.124.65)	R1 ₁ (00-1B-2A-0E-F3-00)

estació E1	
@IP	@MAC
E3 (130.206.124.4)	E3 (00-11-C8-62-E6-7E)
R1 ₀ (130.206.124.1)	R1 ₀ (00-0A-4A-1B-79-03)

router R1	
@IP	@MAC
R2 ₀ (130.206.124.130)	R2 ₀ (00-C3-2D-FF-56-16)
E8 (130.206.124.132)	E8 (00-AA-3C-2A-3C-22)

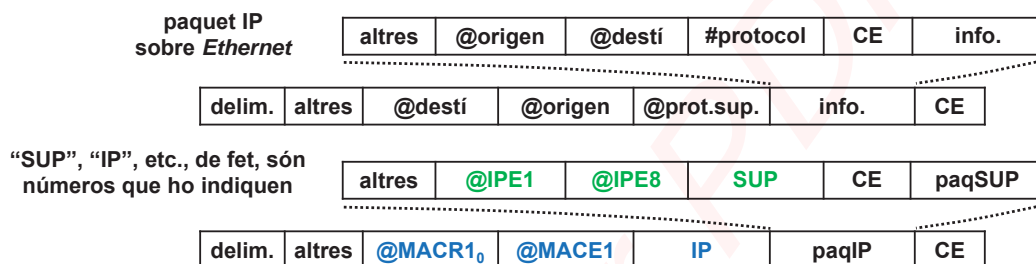
* Recordeu que les entrades de la taula tenen un temps de vida, passat el qual s'esborren

Transport del paquet IP d'E1 a E8 (i)



Transport del paquet IP d'E1 a E8 (ii)

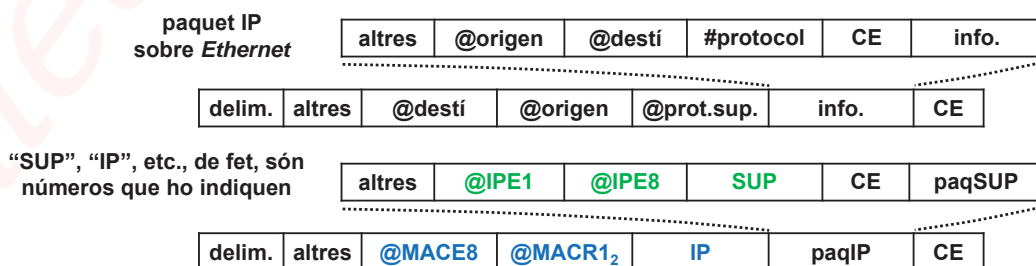
- La capa superior "SUP" (p.e., TCP, UDP, etc.) usuària de la capa IP d'E1 vol enviar un paquet "paqSUP" a l'"@IPdestí" = @IPE8
 - la **capa "SUP" crida IPEnv(@IPE8, "paqSUP")**; la capa IP construeix un paquet IP amb @origen=@IPE1, @destí=@IPE8, #prot="SUP", info="paqSUP", etc., i consulta la taula d'encaminament IP per saber "següent": per @IPE8 = 130.206.124.132 la 2a línia aplica ("resta"), i llavors següent = R1₀, amb @IPR1₀ = 130.206.124.1; 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 ARP, i si no hi fos es faria servir ARP. En aquest cas SÍ hi és:
@IPR1₀ (130.206.124.1) ---- @MACR1₀ (00-0A-4A-1B-79-03)
 - 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 *switch* S1 (per la interfície 0) d'x1, i el reenvia a la interfície 2, cap al *switch* S2; el *switch* S2 el rep (per la interfície 0), llegeix que l'@destí = @MACR1₀, consulta la seva taula, i el reenvia només a la interfície 2, cap a R1₀

Transport del paquet IP d'E1 a E8 (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" = @IPE8
 - la capa IP consulta la taula d'encaminament IP per saber el "següent": per @IPE8 = 130.206.124.132 la 3a línia aplica ("xarxa x3"), i llavors **següent = directe**, és a dir, següent = destí (@IPE8 = 130.206.124.132), al destí E8 directament, via la interfície R1₂; ara la capa IP cridaria ETHenv(@MACE8, "paqIP") via R1₂ però no sap l'@MACE8
 - per descobrir-ho la **capa IP crida a ARPResol(@MACE8?, @IPE8)**; 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:
@IPE8 (130.206.124.132) ---- @MACE8 (00-AA-3C-2A-3C-22)
 - la **capa IP crida ETHenv(@MACE8, "paqIP")**; la capa *Ethernet* construeix un paquet amb @origen=@MACR1₂, @destí=@MACE8, prot="IP", info="paqIP", etc., i l'envia



- el paquet *Ethernet* arriba al **switch S4**, que el rep per la interfície 3, llegeix que l'@destí=@MACE8, consulta la seva taula, i el reenvia només a la interfície 1, cap a E8