شبكات الحواسيب

Computer Networks

Dr.-Eng. Samer Sulaiman

2023-2024

مفردات المنهاج

- أساسيات شبكات الحواسيب
  - بنية وهيكلية شبكات الحواسيب
- **طبقات شبكات الحواسيب (الشبكة، النقل، التطبيقات)**
  - **البروتوكولات والطرق والخوارزميات المستخدمة في كل طبقة**
- تطبيقات شبكات الحواسيب في مجال انترنت الأشياء IOT

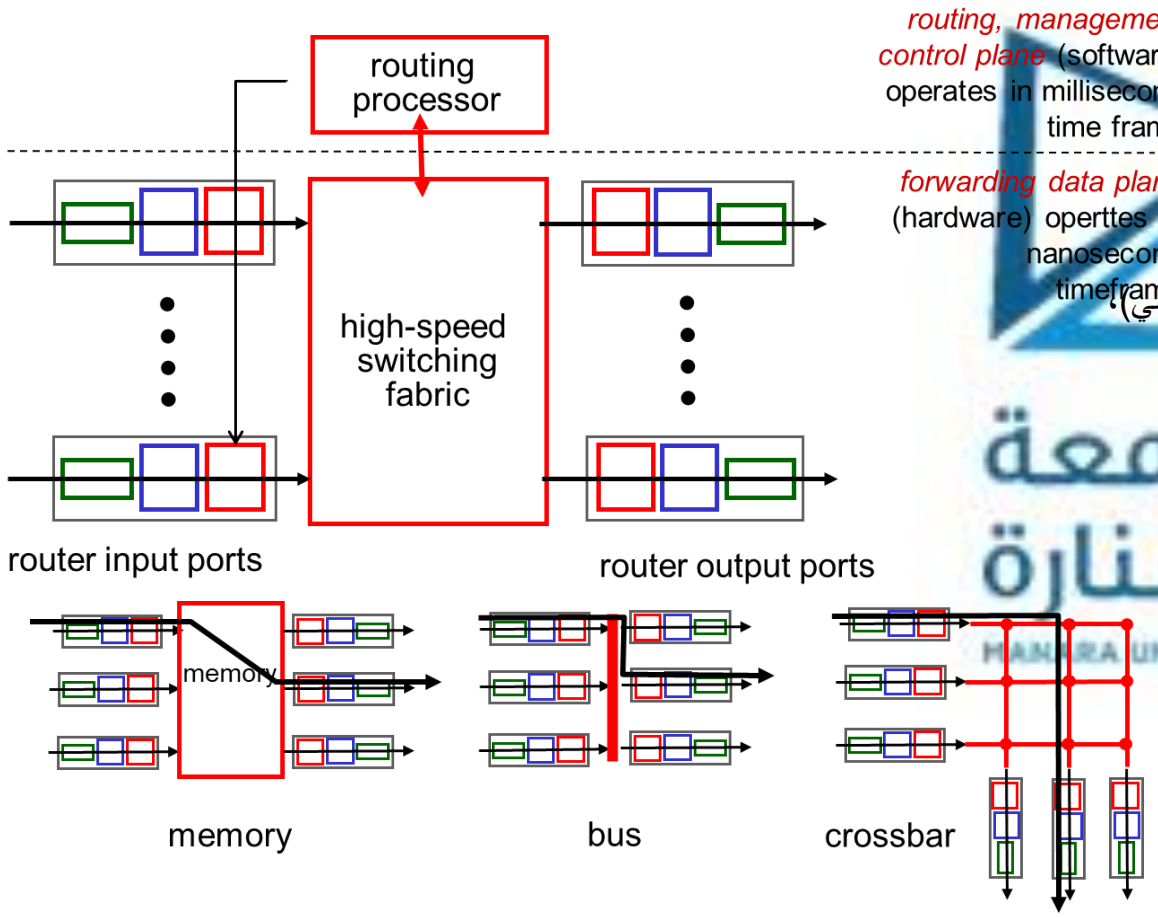
جامعة المنارة
MANARA UNIVERSITY

طبقات شبكات الحواسيب (الشبكة، النقل، التطبيقات)

- طبقة الشبكة:
  - هي المسؤولة عن عملية نقل البيانات من المرسل إلى المستقبل
  - على جانب الإرسال: يتم تغلف البيانات القادمة من الطبقة الأعلى
  - على جانب الاستقبال: يتم تسليم البيانات لطبقة النقل
  - يفحص الموجه (Router) حقول الترويسة في جميع حزم بيانات IP التي تمر عبره
  - وظائف طبقة الشبكة:
    - forwarding:
      - نقل حزم البيانات من مداخل الموجه إلى مخارجه المناسبة
    - التوجيه routing:
      - تحديد المسار الذي تسلكه حزم البيانات من المصدر إلى الهدف
      - خوارزميات التوجيه
    - Data plane
      - تقوم بالوظائف المحلية و per-router
      - تحدد كيفية إعادة توجيه حزم البيانات التي تصل إلى منفذ الدخل للموجه إلى منفذ الخرج
      - يقوم بوظيفة forwarding
    - Control plane
      - منطق الشبكات الواسعة
      - يحدد كيفية توجيه حزم البيانات بين الموجهات على طول المسار من المصدر إلى الهدف
      - يوجد منهجين لـ Control plane
        - خوارزميات التوجيه التقليدية: يتم تنفيذها في الموجهات
        - الشبكات المعرفة بالبرمجيات (SDN): تنفذ في الخوادم (البعيدة)

جامعة المنارة
MANARA UNIVERSITY

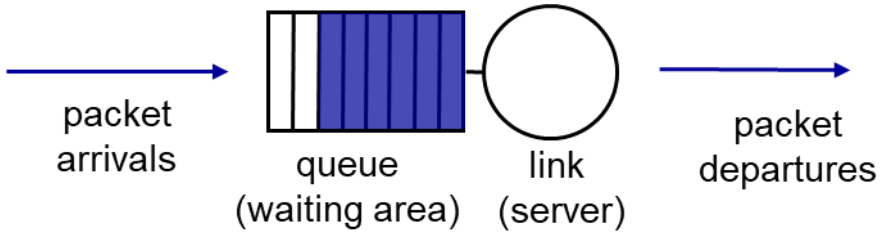
طبقات شبكات الحواسيب (الشبكة، النقل، التطبيقات)

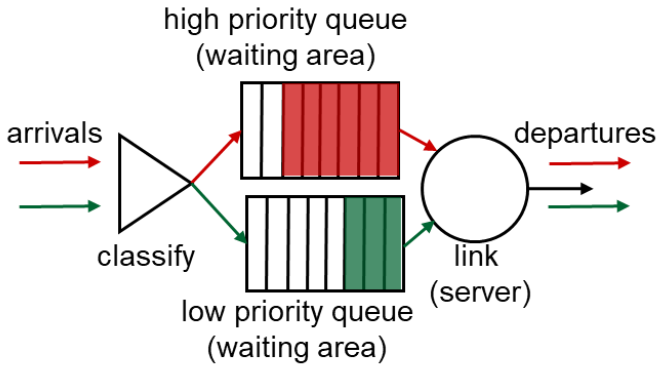


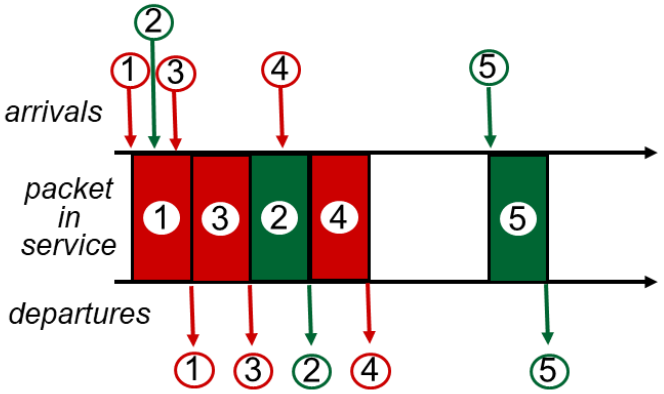
- طبقة الشبكة:
  - نظرة عامة على هيكلية الموجهات:
    - وظائف منفذ الدخل:
      - الطبقة الفيزيائية: استقبال على مستوى البت
      - طبقة الوصل: على سبيل المثال ، إيثرنت
      - Forwarding/switching:
        - باستخدام قيم حقل ترويسة حزم البيانات (عنوان الهدف بشكل أساسي)، منفذ lookup output باستخدام جدول إعادة التوجيه ؛
        - queuing: إذا وصلت حزم البيانات أسرع من معدل إعادة التوجيه إلى switch fabric
      - Switching fabrics:
        - نقل الحزمة من ذاكرة التخزين المؤقت لمنفذ الدخل إلى ذاكرة التخزين المؤقت لمنفذ الخرج المناسب
        - يوجد ثلاثة أنواع من Switching fabrics:
          - Memory
          - Bus
          - Crossbar
      - منافذ الخرج:
        - تحتاج إلى ذاكرة التخزين المؤقت عند وصول حزم البيانات من Switching fabrics بشكل أسرع من معدل الإرسال
        - يتم اختيار نظام الجدولة الخاص للإرسال

جامعة المنارة
MANARA UNIVERSITY

طبقات شبكات الحواسيب (الشبكة، النقل، التطبيقات)





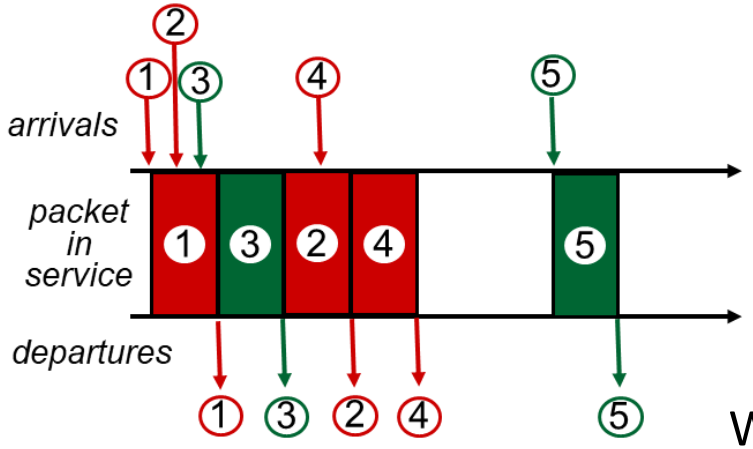


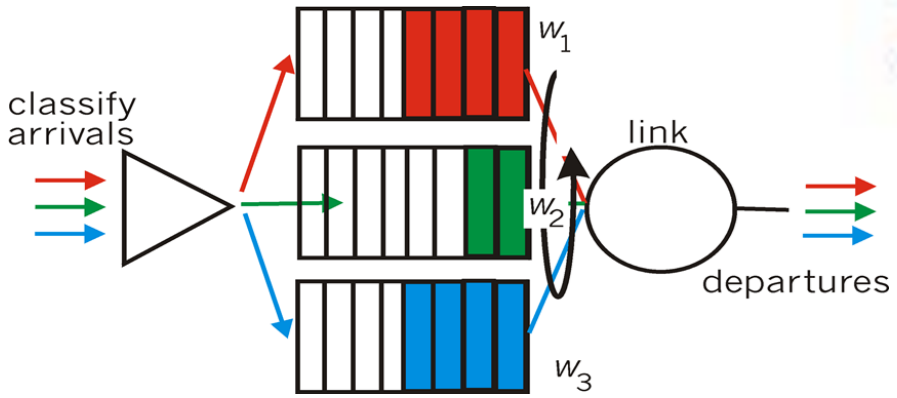
- طبقة الشبكة:
  - طرق وآليات الجدولة:
    - الجدولة: اختر الحزمة التالية ليتم إرسالها عبر وسيط النقل
      - جدولة FIFO (الوارد أولاً يخدم أولاً)
      - جدولة الأولوية (priority)
      - جدولة Round Robin (RR)
      - جدولة قائمة الانتظار العادلة الموزونة Weighted Fair Queuing (WFQ)
    - جدولة FIFO (الوارد أولاً يخدم أولاً)
      - يتم ارسال حزم البيانات بنفس ترتيب وصولها إلى الـ queue
      - تمتلك queue واحدة
    - جدولة الأولوية (priority)
      - تقوم بارسال حزمة البيانات ذات الأولوية الأعلى ضمن الـ queue
      - تمتلك أصناف متعددة بأولويات مختلفة
        - صنف لكل queue

جامعة المنارة
MANARA UNIVERSITY

طبقات شبكات الحواسيب (الشبكة، النقل، التطبيقات)

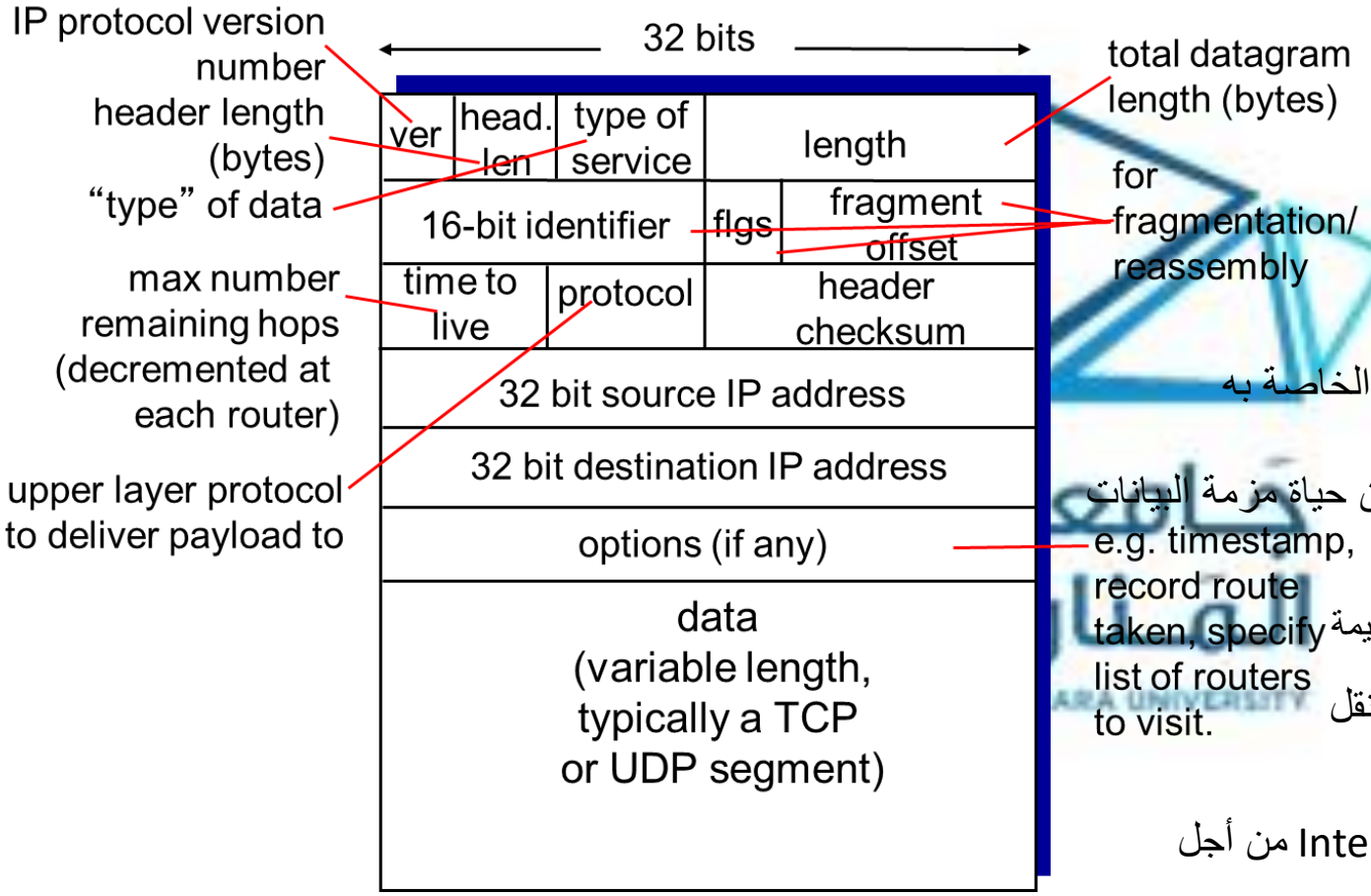
- طبقة الشبكة:
  - طرق وآليات الجدولة:
    - جدولة Round Robin (RR)
      - تمتلك أصناف متعددة و queue متعددة
      - تقوم بفحص دوري لأصناف الـ queue ومن ثم تقوم بارسال حزمة واحدة من كل صنف (في حال تواجدها)
    - جدولة قائمة الانتظار العادلة الموزونة Weighted Fair Queuing (WFQ)
      - تعتبر الطريقة المعممة عن Round Robin
      - تقوم بتخديم عدد محدد (موزون) لكل صنف خلال كل دورة





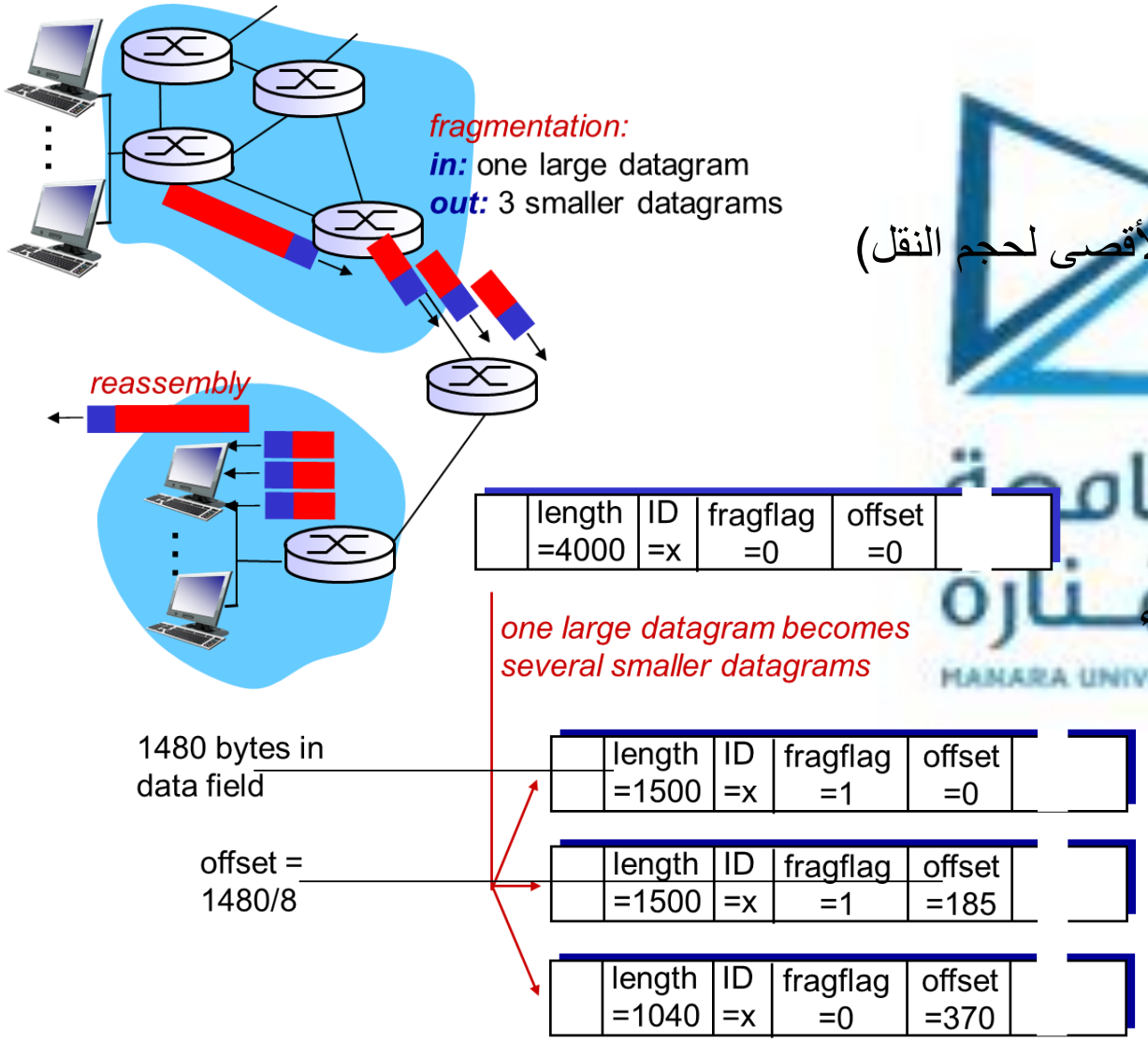
جامعة المنارة
MANARA UNIVERSITY

طبقات شبكات الحواسيب (الشبكة، النقل، التطبيقات)



- طبقة الشبكة:
  - بروتوكول الانترنيت (IP):
    - عديم الاتصالية connectionless
    - غير موثوق unreliable
    - يوفر اكتشاف أخطاء محدود (فقط ضمن الترويسية)
    - لا يقدم خدمة التحكم بالتدفق
    - يقوم بتغليف بيانات طبقة النقل ضمن حزمة البيانات الخاصة به
  - هيكلية حزمة البيانات لـ IP
    - Time-to-live TTL (1 byte): تستخدم لتحديد زمن حياة مزمة البيانات ضمن الشبكة
      - تتناقص قيمتها مع كل عملية توجيه للحزمة
      - يقوم الموجه باهمال حزمة البيانات بمجرد وصول قيمة TTL إلى الصفر
    - Protocol (1 byte): يحدد نوع بروتوكول طبقة النقل المستخدم
      - مثال: 6: TCP, 17: UDP
    - Header checksum: تستخدم Internet Checksum من أجل اكتشاف الأخطاء ضمن الترويسية
      - سيتم اهمال الحزمة التي يتم اكتشاف أخطاء ضمن الترويسية
      - يقوم الموجه بإعادة حساب الـ checksum قبل تمرير الحزمة إلى المنفذ المناسب

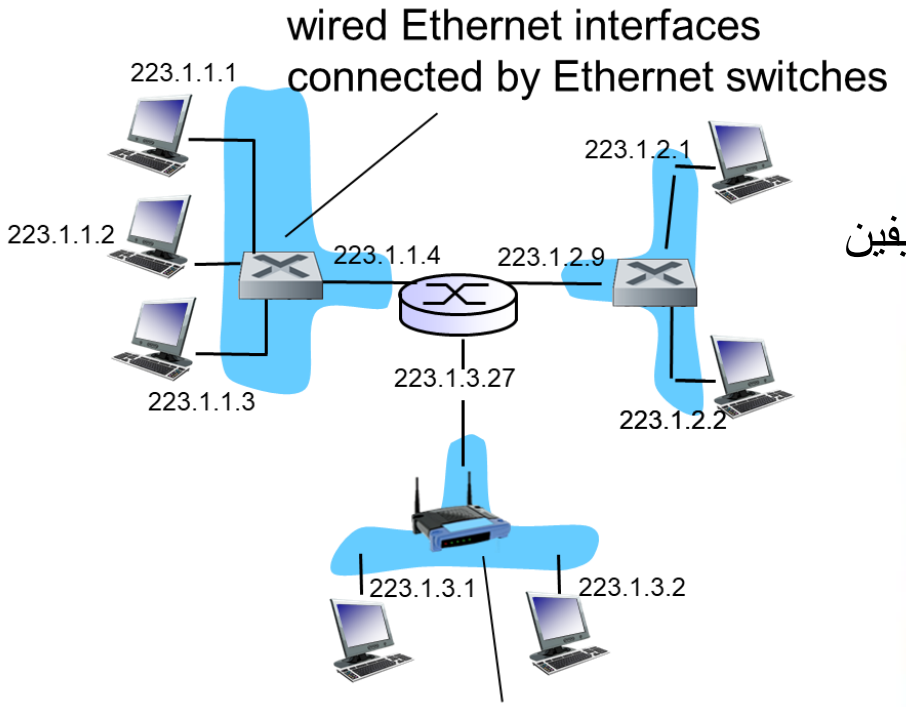
طبقات شبكات الحواسيب (الشبكة، النقل، التطبيقات)



- طبقة الشبكة
  - تجزئة وإعادة تجميع حزم الـ IP:
    - تحتوي وسائط النقل ضمن الشبكة على MTU (الحد الأقصى لحجم النقل) أكبر إطار ممكن على مستوى طبقة الوصل
      - أنواع وسائط نقل مختلفة تمتلك ووحدات MTU مختلفة
    - يتم تجزئة حزم بيانات الـ IP الكبيرة ضمن الشبكة
      - حزمة واحدة تصبح مجموعة من الحزم الجزئية
      - يتم إعادة التجميع فقط ضمن المستقبل
      - يتم تخصيص بيت ضمن ترويسية الـ IP لتحديد الأجزاء ذات الصلة وترتيبها
    - مثال:
      - 4000 byte datagram
      - MTU = 1500 bytes

جامعة المنارة
MANARA UNIVERSITY

طبقات شبكات الحواسيب (الشبكة، النقل، التطبيقات)



- طبقة الشبكة
  - عناوين الـ IPV4
    - يتألف عنوان الـ IP من 32 بت تستخدم لتعريف منافذ الموجهات والمضيفين
    - يقوم المنفذ بوصل المضيفين والموجهات مع وسيط النقل الفيزيائي
      - يمتلك الموجه بشكل عام منافذ متعددة
      - يمتلك المضيف (host) عادةً منفذ أو منفذين (مثال: wired Ethernet, wireless 802.11)
    - كل منفذ سيمتلك عنوان IP
    - يتم كتابة عناوين الـ IPV4 بالصيغة العشرية مفصولة بنقطة notation

223.1.1.1 = 11011111 00000001 00000001 00000001

223 1 1 1

- كل منفذ لأي مضيف أو موجه ضمن شبكة الانترنت العالمية يجب أن يمتلك عنوان IP عام وفريد

طبقات شبكات الحواسيب (الشبكة، النقل، التطبيقات)

- طبقة الشبكة:
  - عناوين الـ IPV4:
    - سؤال: كيف يمكن تحديد عنوان الـ MAC للمنفذ المعلوم عنوان الـ IP له؟
    - الجواب: عن طريق البروتوكول address resolution protocol (ARP) والذي يستخدم لترجمة كل عنوان IP إلى عنوان MAC
      - جدول الـ ARP: كل عقدة IP (مضيف أو موجه) ضمن الشبكة LAN يمتلك جدول
        - تعيينات عناوين IP / MAC لبعض عقد الشبكة الفرعية:
          - < IP address; MAC address; TTL>
        - TTL (Time To Live): هو الزمن الذي يبقى فيه أي سجل ضمن الجدول قبل حذفه (typically 20 min)

IP address	MAC address	TTL
137.196.7.23	71-65-F7-2B-08-53	13:45:00
137.196.7.14	58-23-D7-FA-20-B0	13:52:00

طبقات شبكات الحواسيب (الشبكة، النقل، التطبيقات)

- طبقة الشبكة
  - عناوين الـ IPV4:
    - جدول الـ ARP: كل عقدة IP (مضيف أو موجه) ضمن الشبكة LAN يمتلك جدول
    - مثال:
      - العقدة A تريد ارسال حزمة بيانات إلى العقدة B
      - B’s MAC address not in A’s ARP table.
      - A broadcasts ARP query packet, containing B's IP address
      - destination MAC address = FF-FF-FF-FF-FF-FF
      - all nodes on LAN receive ARP query
      - B receives ARP packet, replies to A with its (B's) MAC address
      - frame sent to A’s MAC address (unicast)
      - A caches (saves) IP-to-MAC address pair in its ARP table until information becomes old (times out)
      - soft state: information that times out (goes away) unless refreshed
    - البروتوكول ARPهو عبارة عن بروتوكول ”plug-and-play“:
      - تقوم العقد بانشاء جداول الـ ARP بدون تدخل من مدير الشبكة

طبقات شبكات الحواسيب (الشبكة، النقل، التطبيقات)

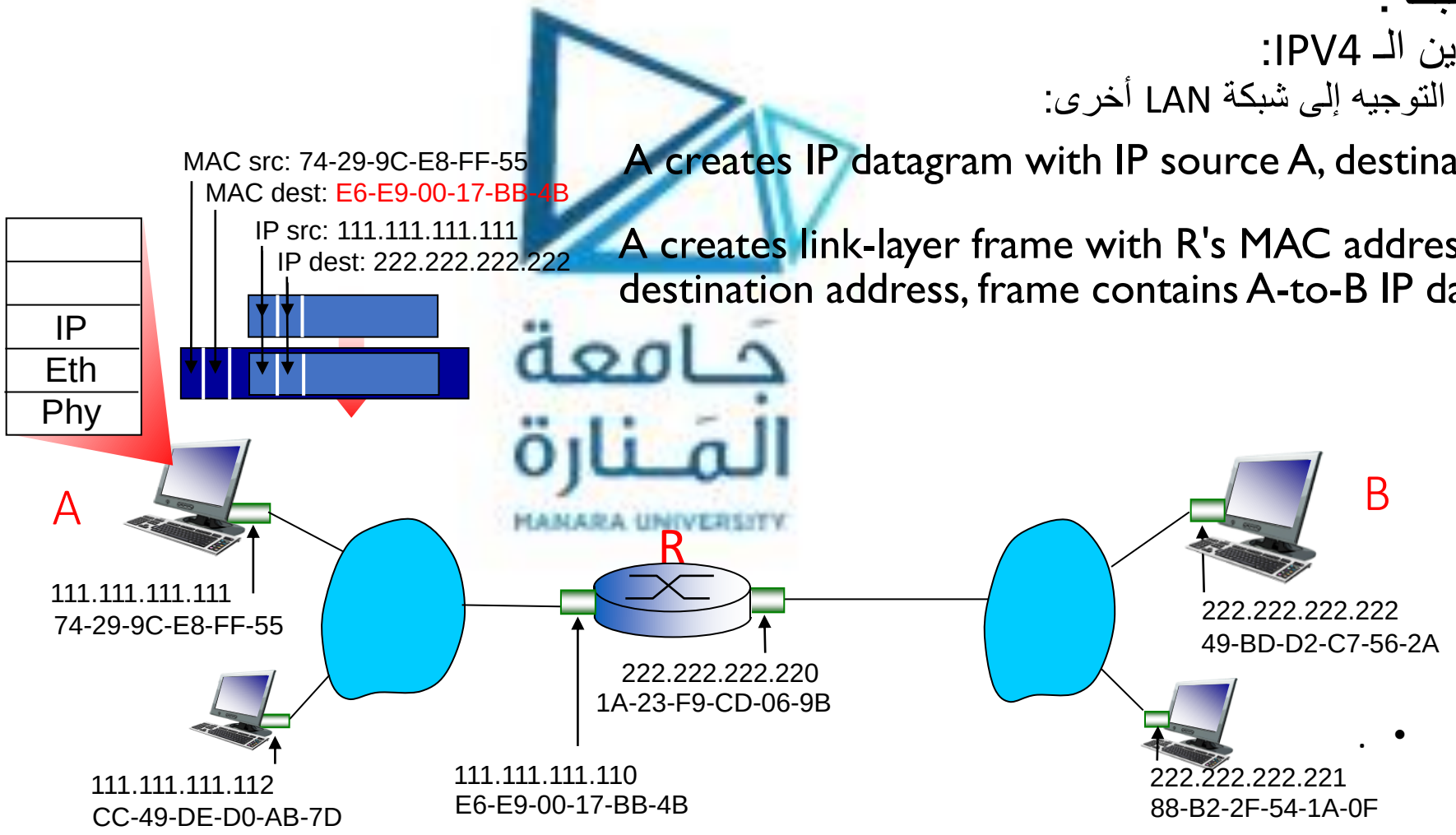
- طبقة الشبكة:
  - عناوين الـ IPV4:
  - التوجيه إلى شبكة LAN أخرى:
    - أرسال حزمة بيانات من A إلى B عبر الموجه R
    - التركيز على العنونة – ضمن الـ IP (حزمة البيانات) وطبقة MAC(الإطار)
    - بفرض أن "A" يعرف عنوان الـ IP الخاص بـ "B"
    - بفرض أن A يعرف عنوان IP للموجه الأول، R (كيف؟)
    - بفرض أن A يعرف عنوان الـ MAC الخاص بـ R (كيف؟)

طبقات شبكات الحواسيب (الشبكة، النقل، التطبيقات)

- طبقة الشبكة:
  - عناوين الـ IPV4:
    - التوجيه إلى شبكة LAN أخرى:

A creates IP datagram with IP source A, destination B

A creates link-layer frame with R's MAC address as destination address, frame contains A-to-B IP datagram

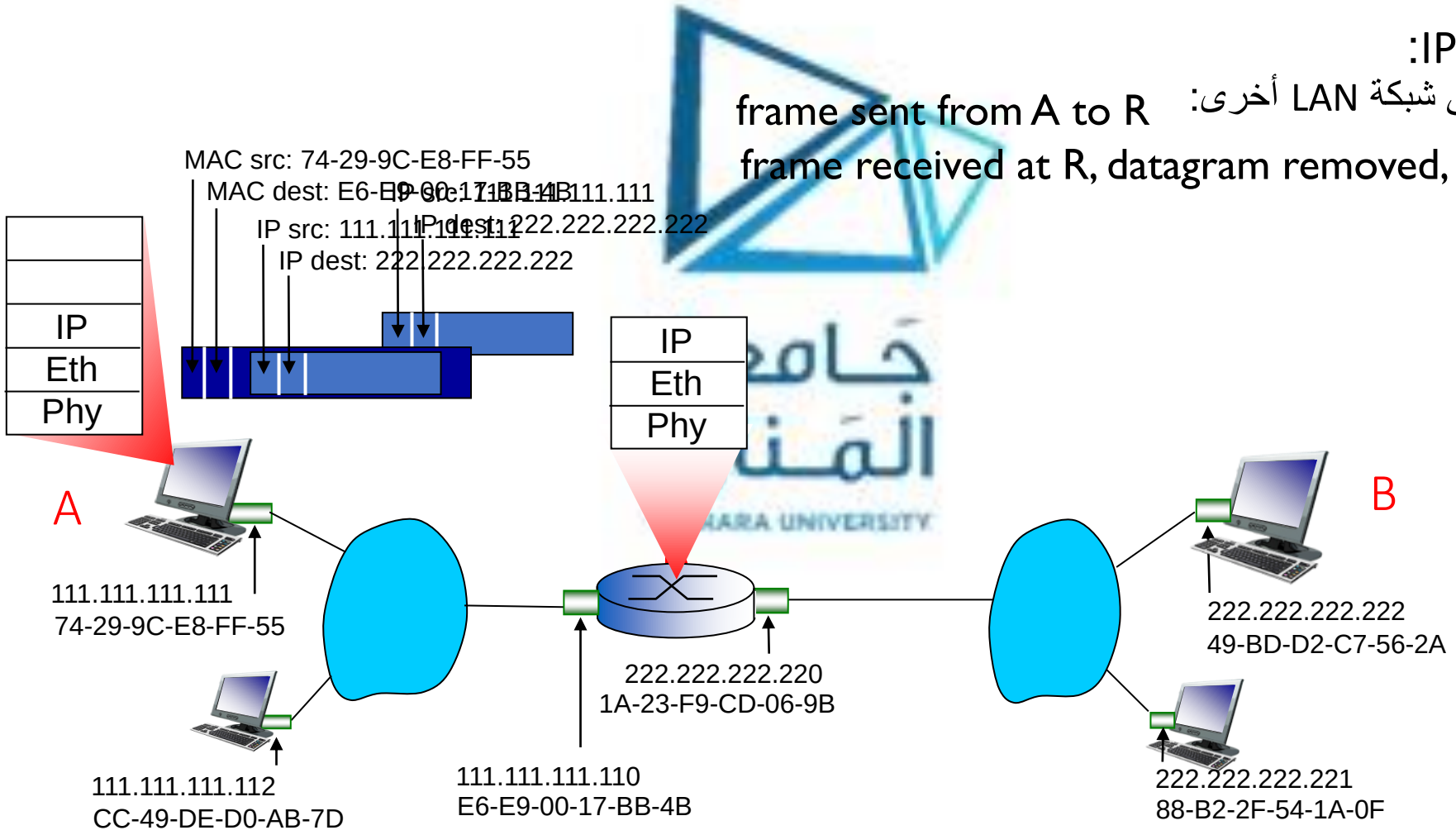


طبقات شبكات الحواسيب (الشبكة، النقل، التطبيقات)

- طبقة الشبكة:
  - عناوين الـ IPV4:
  - التوجيه إلى شبكة LAN أخرى:

frame sent from A to R

frame received at R, datagram removed, passed up to IP

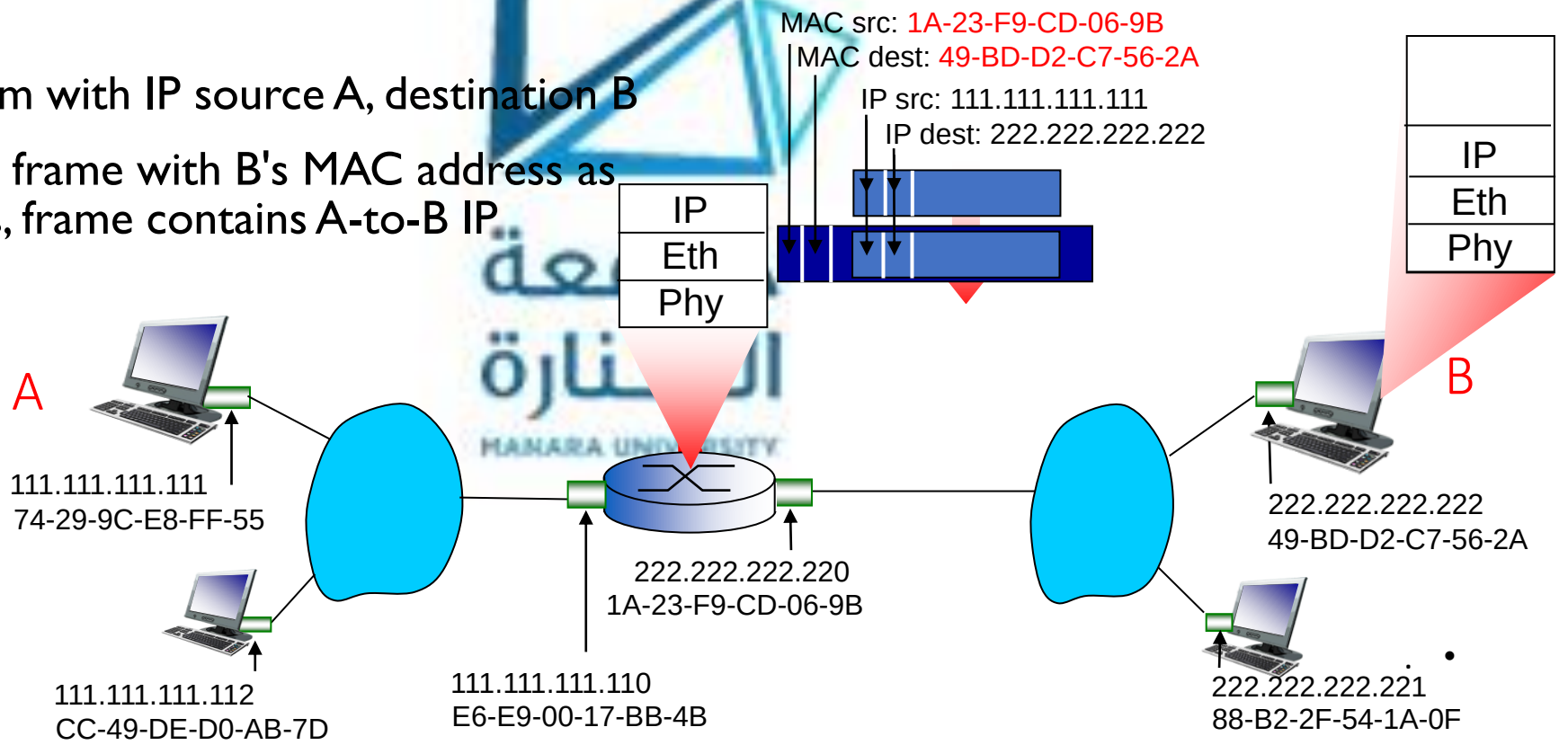


طبقات شبكات الحواسيب (الشبكة، النقل، التطبيقات)

- طبقة الشبكة:
  - عناوين الـ IPV4:
    - التوجيه إلى شبكة LAN أخرى:

R forwards datagram with IP source A, destination B

R creates link-layer frame with B's MAC address as destination address, frame contains A-to-B IP datagram

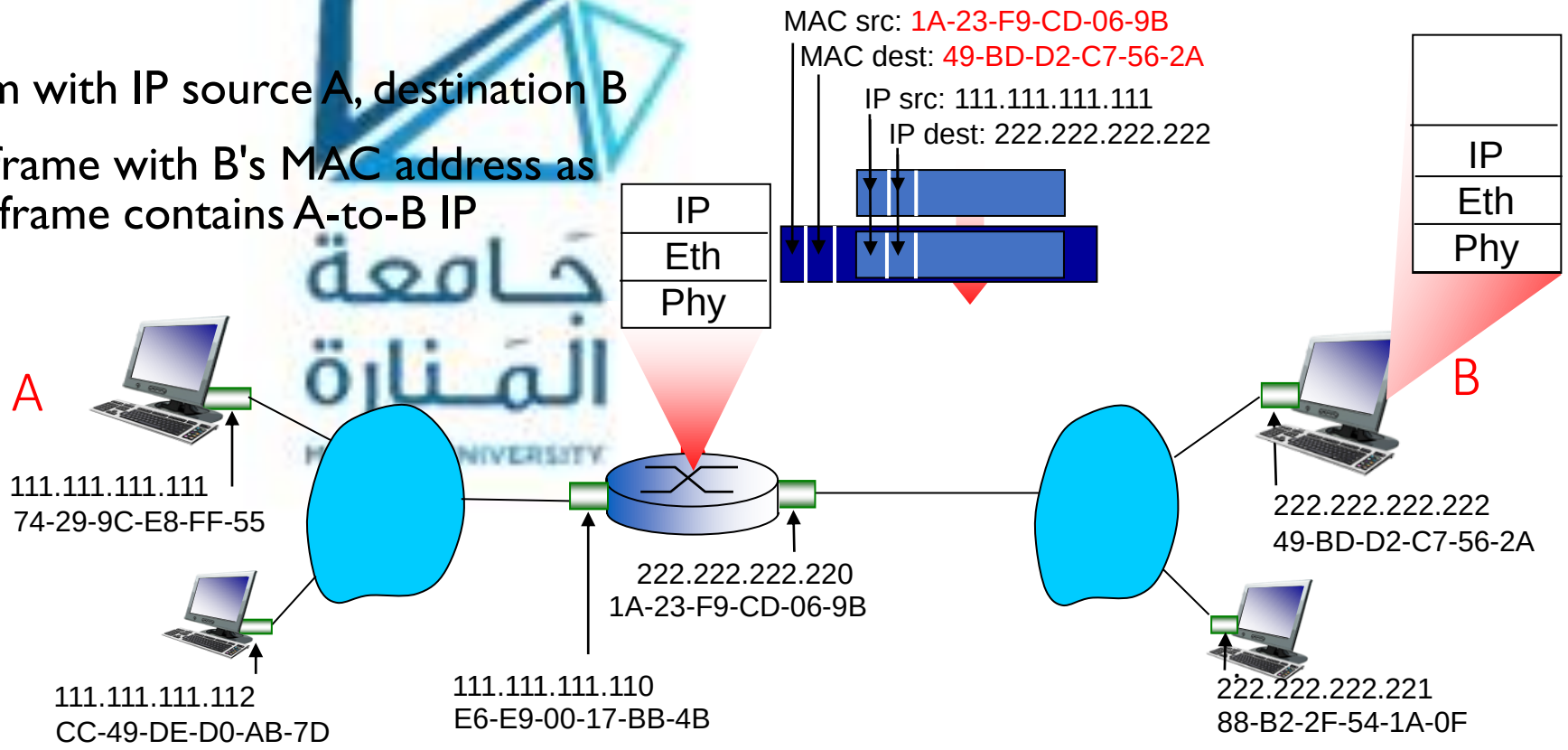


طبقات شبكات الحواسيب (الشبكة، النقل، التطبيقات)

- طبقة الشبكة:
  - عناوين الـ IPV4:
    - التوجيه إلى شبكة LAN أخرى:

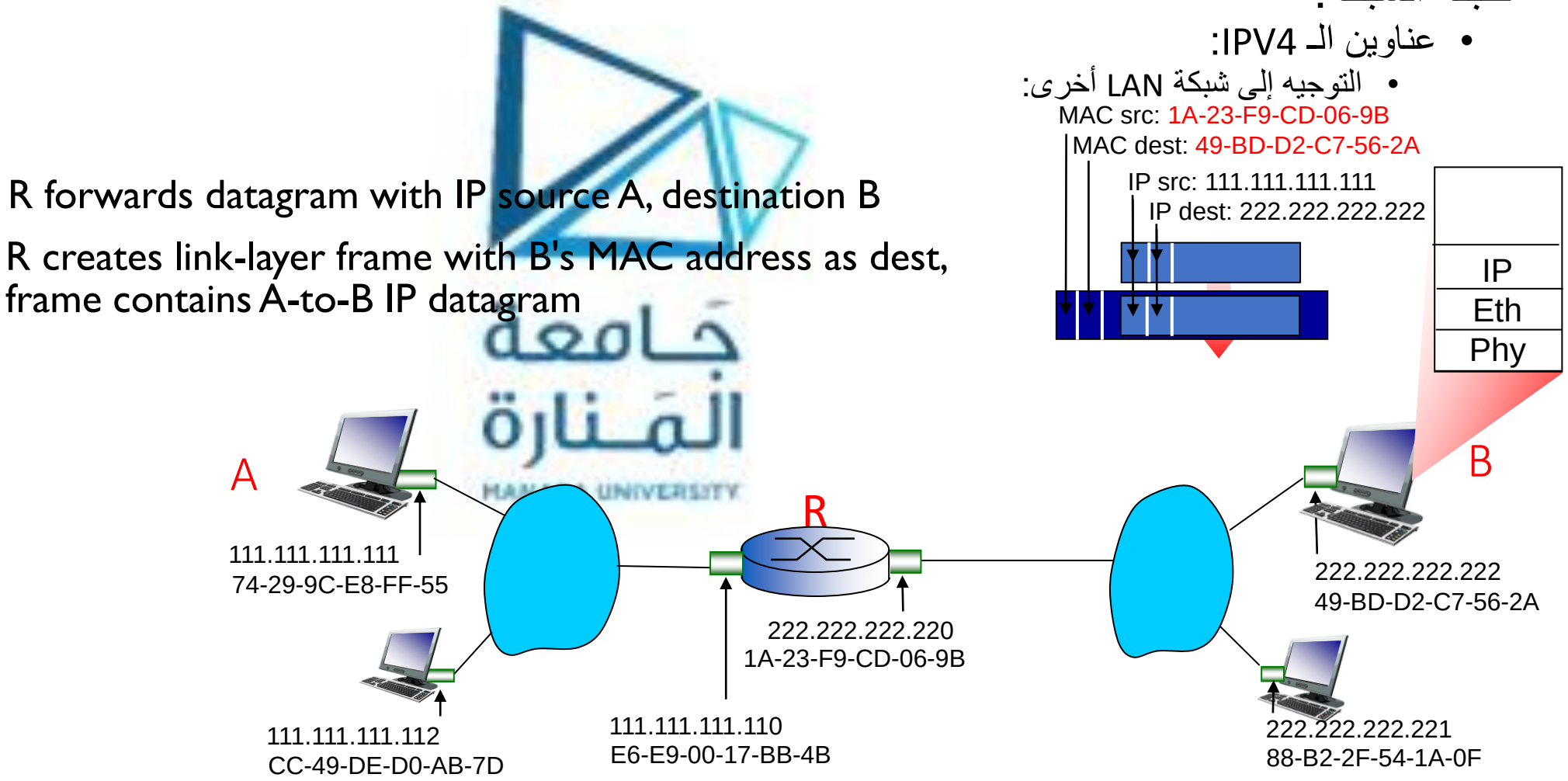
R forwards datagram with IP source A, destination B

R creates link-layer frame with B's MAC address as destination address, frame contains A-to-B IP datagram



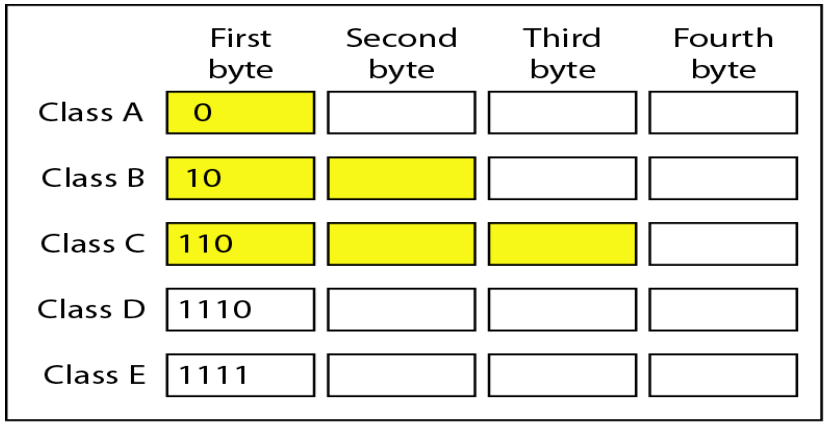
طبقات شبكات الحواسيب (الشبكة، النقل، التطبيقات)

- طبقة الشبكة:
  - عناوين الـ IPV4:
    - التوجيه إلى شبكة LAN أخرى:

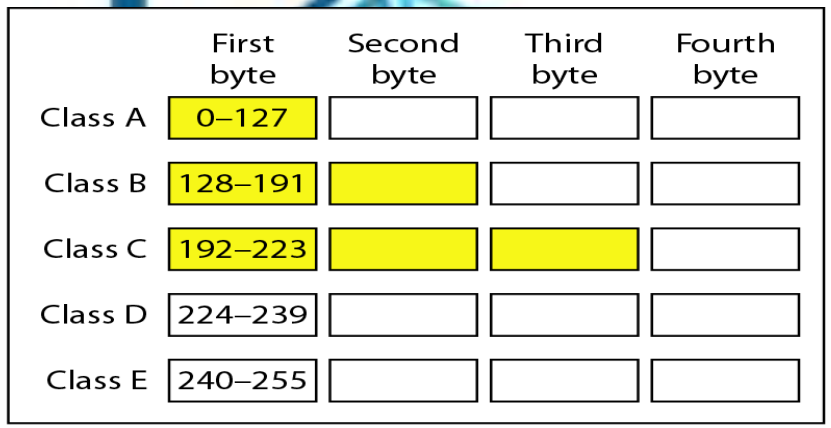


طبقات شبكات الحواسيب (الشبكة، النقل، التطبيقات)

- طبقة الشبكة:
  - عناوين الـ IPV4:
    - أصناف العناوين:



a. Binary notation



b. Dotted-decimal notation

HAMARA UNIVERSITY

Class	*Number of Blocks*	*Block Size*	*Application*
A	128	16,777,216	Unicast
B	16,384	65,536	Unicast
C	2,097,152	256	Unicast
D	1	268,435,456	Multicast
E	1	268,435,456	Reserved

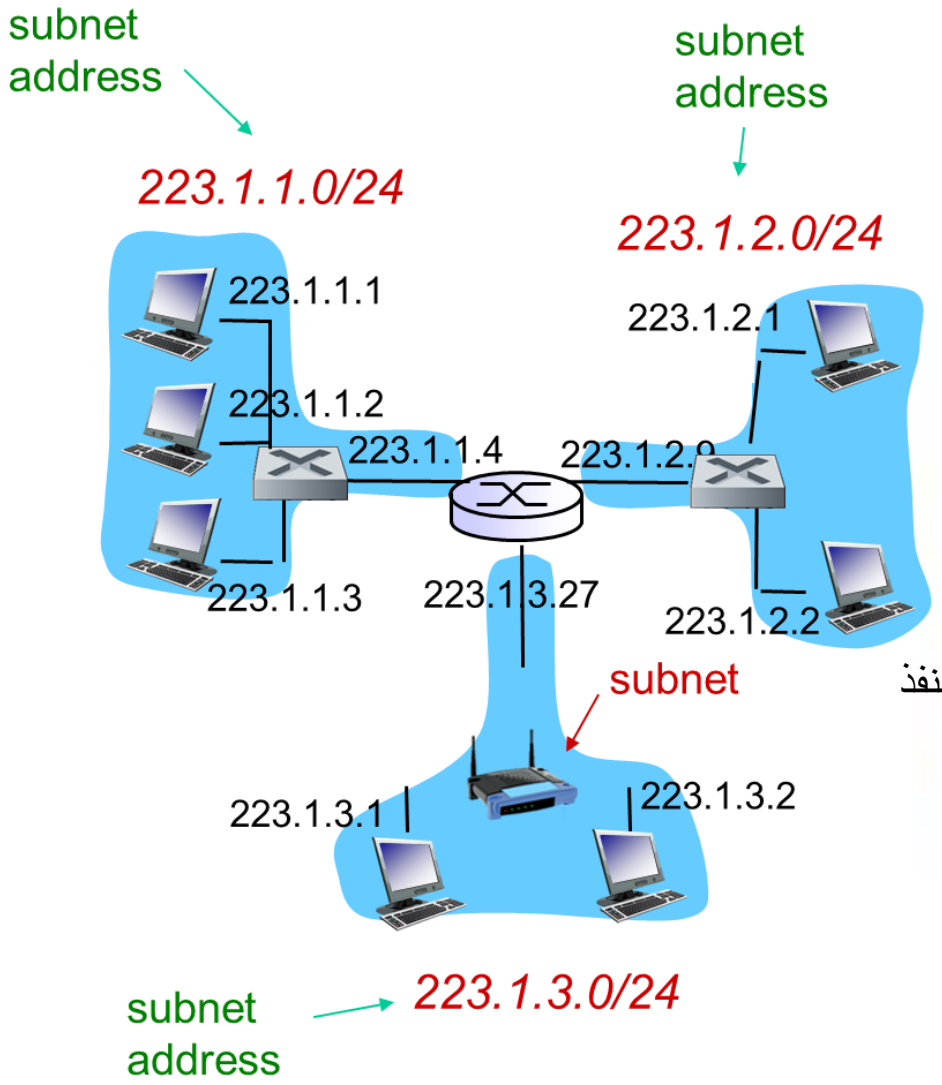
- .

طبقات شبكات الحواسيب (الشبكة، النقل، التطبيقات)

- طبقة الشبكة:
  - عناوين الـ IPV4
    - عناوين الـ IP الخاصة
      - عناوين الـ IP الخاصة هي عناوين تم حجزها للاستخدام الداخلي (المحلي) خلف الموجه
        - تسمى ايضاً بعناوين الـ IP المحلية
        - يمكن استخدامها ضمن الشبكات بدون عملية حجز لها
        - تسمى العناوين الأخرى بعناوين الـ IP العامة
      - مجالات عناوين الـ IP الخاصة (private IP addresses)
        - 10.0.0.0 to 10.255.255.255
        - 172.16.0.0 to 172.31.255.255
        - 192.168.0.0 to 192.168.255.255
      - مجال عناوين الـ IP: 127.255. 255.255 – 127.0. 0.0 تم حجزها من أجل الـ loopback

جامعة المنارة
MANARA UNIVERSITY

طبقات شبكات الحواسيب (الشبكة، النقل، التطبيقات)

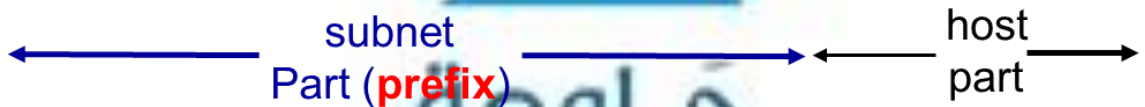


- طبقة الشبكة:
  - عناوين الـ IPV4:
  - تقسيم الشبكات:
    - يتألف عنوان الـ ip من جزئين أساسيين
      - subnet part - high order bits
        - مثال: 223.1.1.xxx
      - host part - low order bits
    - يحدد الجزء subnet من العنوان عنوان الشبكة الفرعية المتصلة مع المنفذ
    - تحتوي الشبكة الفرعية على عنوان مكتوب باستخدام a.b.c.d / n، حيث يمثل n طول جزء الشبكة الفرعية للعنوان ، ويسمى عنوان الشبكة الفرعية ويكون على الشكل
      - مثال: 223.1.1.0/24

جامعة المنارة MANARA UNIVERSITY

طبقات شبكات الحواسيب (الشبكة، النقل، التطبيقات)

- طبقة الشبكة:
  - عناوين الـ IPV4:
    - تقسيم الشبكات:
      - Classless InterDomain Routing (CIDR)
      - تنسيق العنوان: a.b.c.d / x، حيث xهي عدد البتات في جزء الشبكة الفرعية من العنوان



- مثال:

200.23.16.0/23

ISP's block	11001000 00010111 00010000 00000000	200.23.16.0/20
Organization 0	11001000 00010111 0001000**0** 00000000	200.23.16.0/23
Organization 1	11001000 00010111 0001001**0** 00000000	200.23.18.0/23
Organization 2	11001000 00010111 0001010**0** 00000000	200.23.20.0/23
…	…. ….	….
Organization 7	11001000 00010111 0001111**0** 00000000	200.23.30.0/23

طبقات شبكات الحواسيب (الشبكة، النقل، التطبيقات)

- طبقة الشبكة:
  - عناوين الـ IPV4:
    - تقسيم الشبكات
      - Classless InterDomain Routing (CIDR)
        - مثال:
          - بفرض مؤسسة تمتلك شبكة ذات العنوان 130.34.12.64/26.وبفرض أن هذه المؤسسة تحتاج إلى أربع شبكات فرعية والمطلوب ما هي عناوين ومجالات هذه الشبكات؟
        - الحل:

We need 4 subnets, which means we need to add two more 1s (log2 4 = 2) to the site prefix. The subnet prefix is then /28.

- What are the subnet addresses and the range of addresses for each subnet?
- The site has 232−226 = 64 addresses. Each subnet has 232–228 = 16 addresses. Now let us find the first and last address in each subnet.
- Subnets' Addresses:
  - 1st subnet: 1st address 130.34.12.64 and last address is 130.34.12.79. the subnet address is 130.34.12.64/28
  - 2nd subnet: 1st address 130.34.12.80 and last address is 130.34.12.95. the subnet address is 130.34.12.80/28
  - 3rd subnet: 1st address 130.34.12.96 and last address is 130.34.12.111. the subnet address is 130.34.12.96/28
  - 4th subnet: 1st address 130.34.12.112 and last address is 130.34.12.127. the subnet address is 130.34.12.112/28