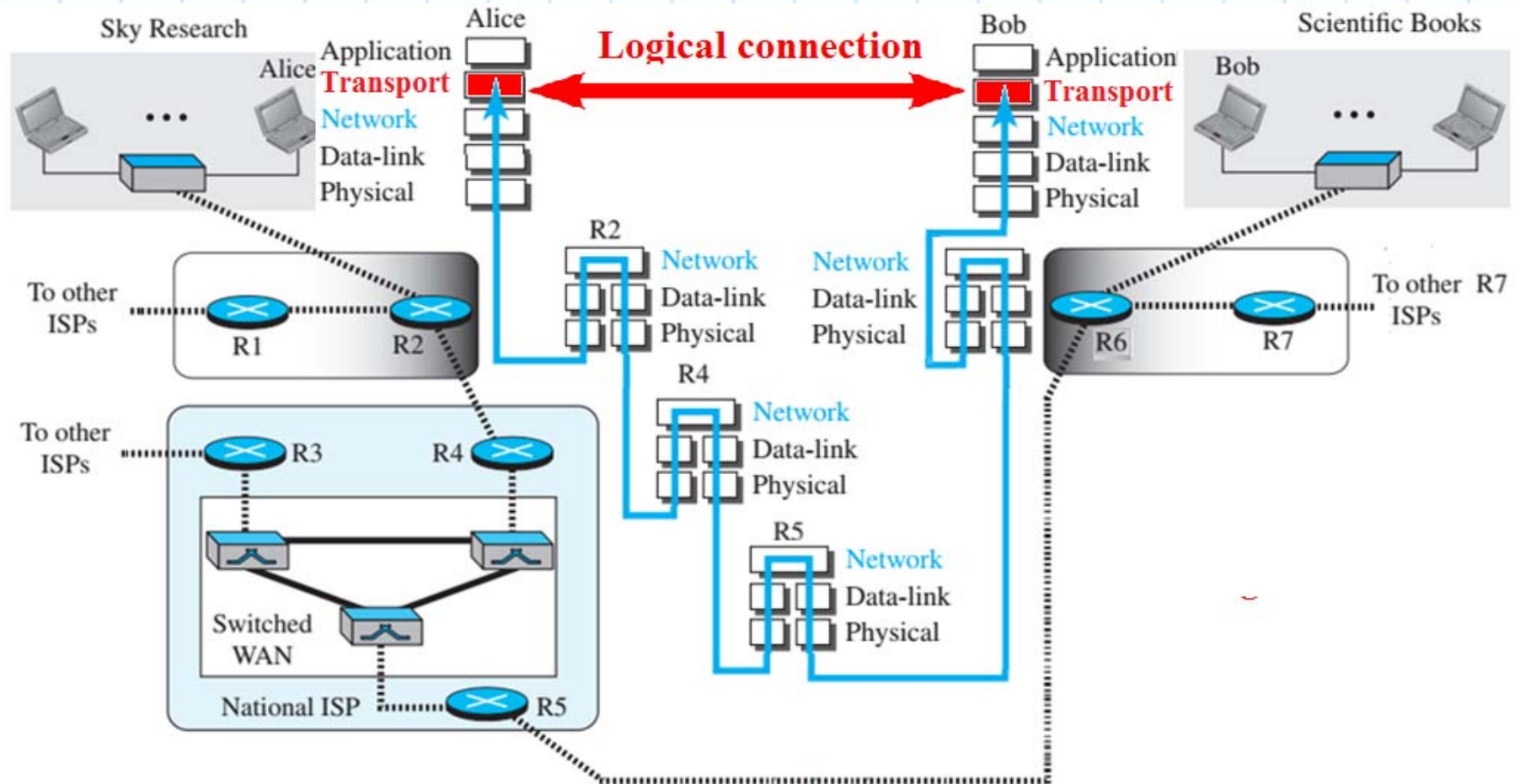


# Transport Layer

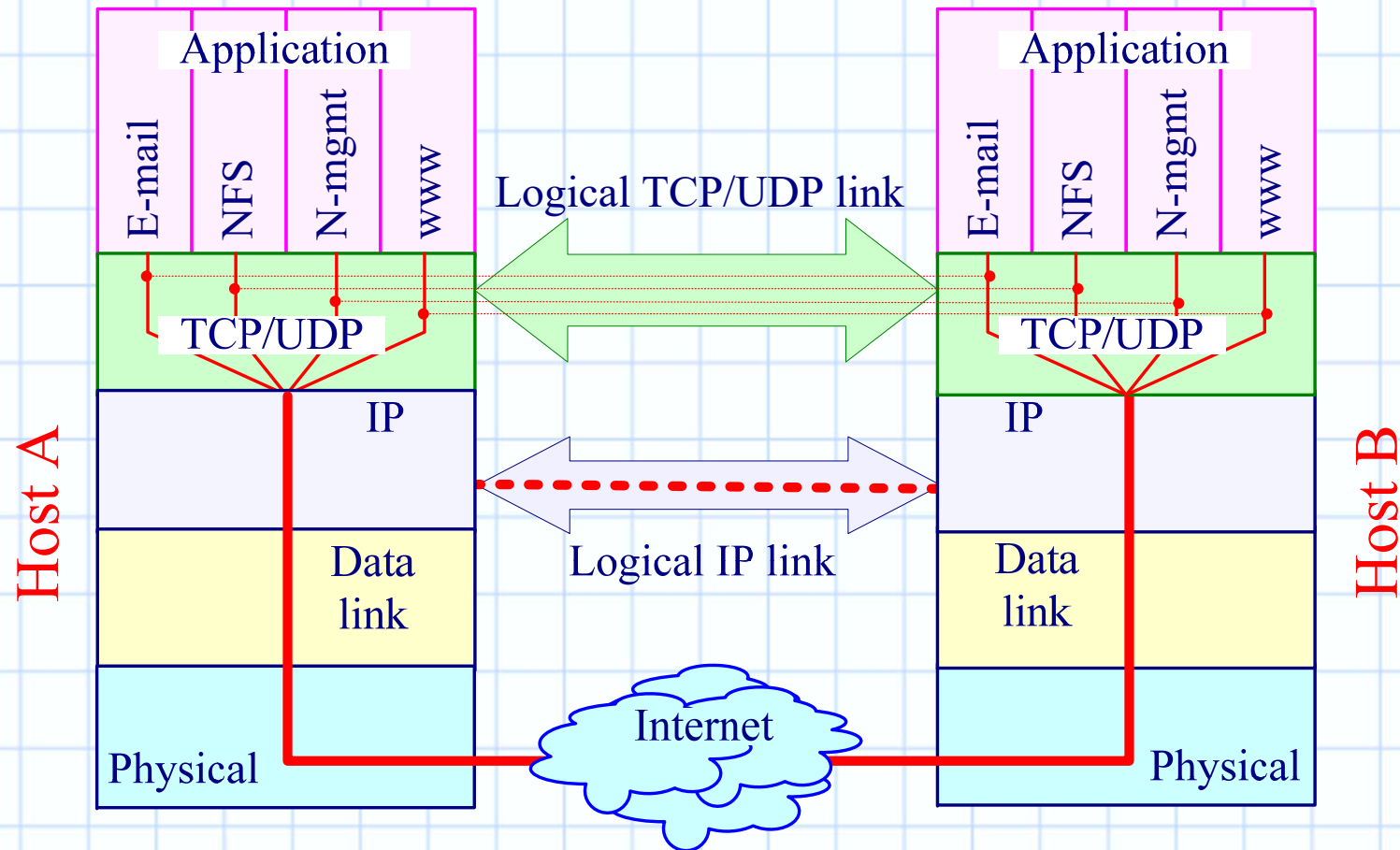
## Learning outcome

- ❖ Be familiar with the services provided by the transport layer protocols.
- ❖ Under stand the TCP structure, services and functions.
- ❖ Under stand the UDP structure, services and functions.
- ❖ Under stand the SCTP structure, services and functions.
- ❖ Explain the flow control mechanism and be familiar with its algorithms.
- ❖ Explain the principles of congestion control and be familiar with its algorithms.
- ❖ Make a right decision about where to use TCP, UDP.
- ❖ Be familiar with the socket concepts.

# Communication at the Transport layer



## Multiplexing function of TCP and UDP



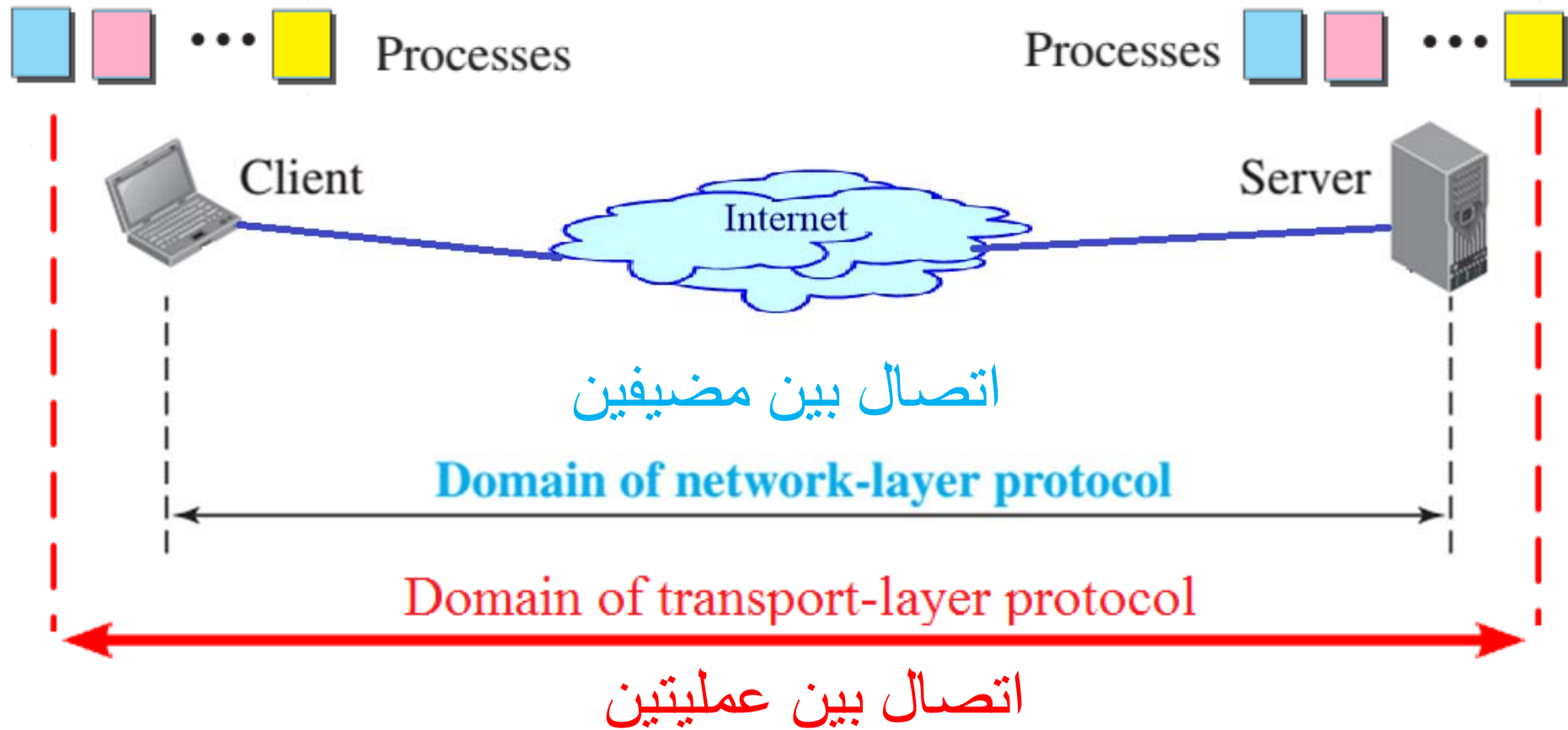
## Transport layer protocol

- ❖ يؤمن الاتصال المنطقي بين عمليتين نشطتين على مضيفين مختلفين.
- ❖ يتم تطبيقه في الأنظمة الطرفية أثناء عملية التراسل بين مضيفين وليس في العقد الوسيطة مثل الموجهات.
- ❖ يقوم في طرف الارسال بتغليف وحدات معطيات الطبقة الأعلى وتشكيل ترويسة مناسبة لتقديم خدماته، ثم يرسلها إلى الطبقة الأدنى.
- ❖ يقوم في طرف الاستقبال بتلقي وحدات المعطيات المخصصة له من الطبقة الدنيا وفك التغليف وإعادة تجميع المعطيات أحيانا وإرسالها إلى الطبقة الأعلى "إلى العملية أو التطبيق الملائم".
- ❖ تتيح الشبكات تطبيق أكثر من بروتوكول طبقة نقل لخدمة عدة تطبيقات في آن معاً.
- ❖ تسمح بروتوكولات طبقة النقل بإنشاء العديد من جلسات الاتصال بين المضيف والمضيفين الآخرين في نفس الوقت باستخدام بروتوكولات طبقة التطبيقات المختلفة والمتنوعة.



# Transport-Layer Services

*Process-to-Process Communication*



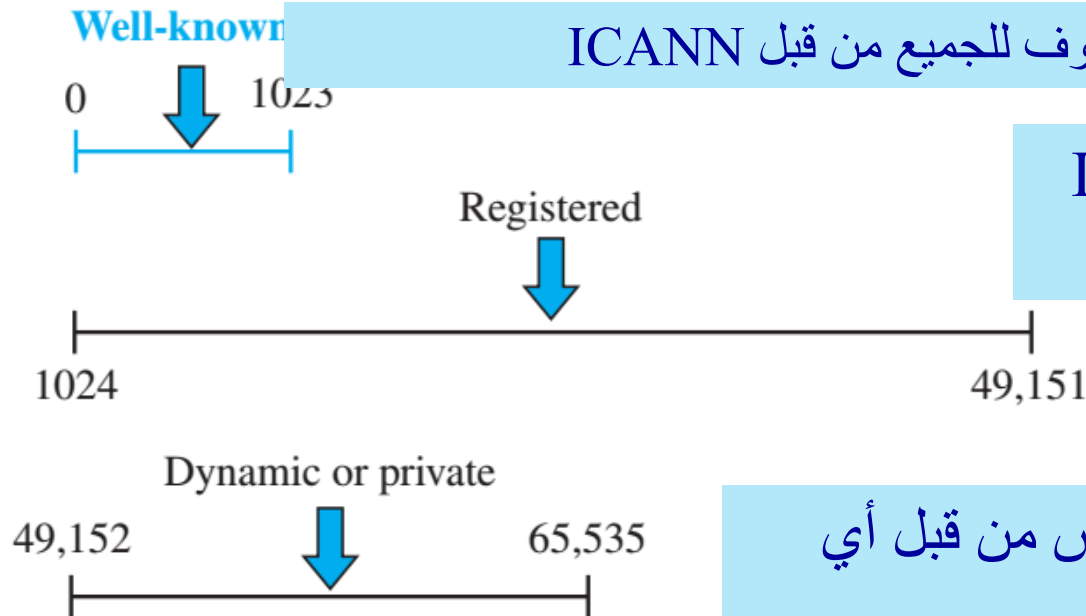
# Transport-Layer Services

## Addressing: Port Numbers

المعروفة جيداً: يتم تخصيصها بشكل دائم ومعروف للجميع من قبل ICANN

المسجلة: ويتم تسجيلها من قبل ICANN منعاً للازدواجية في الاستخدام

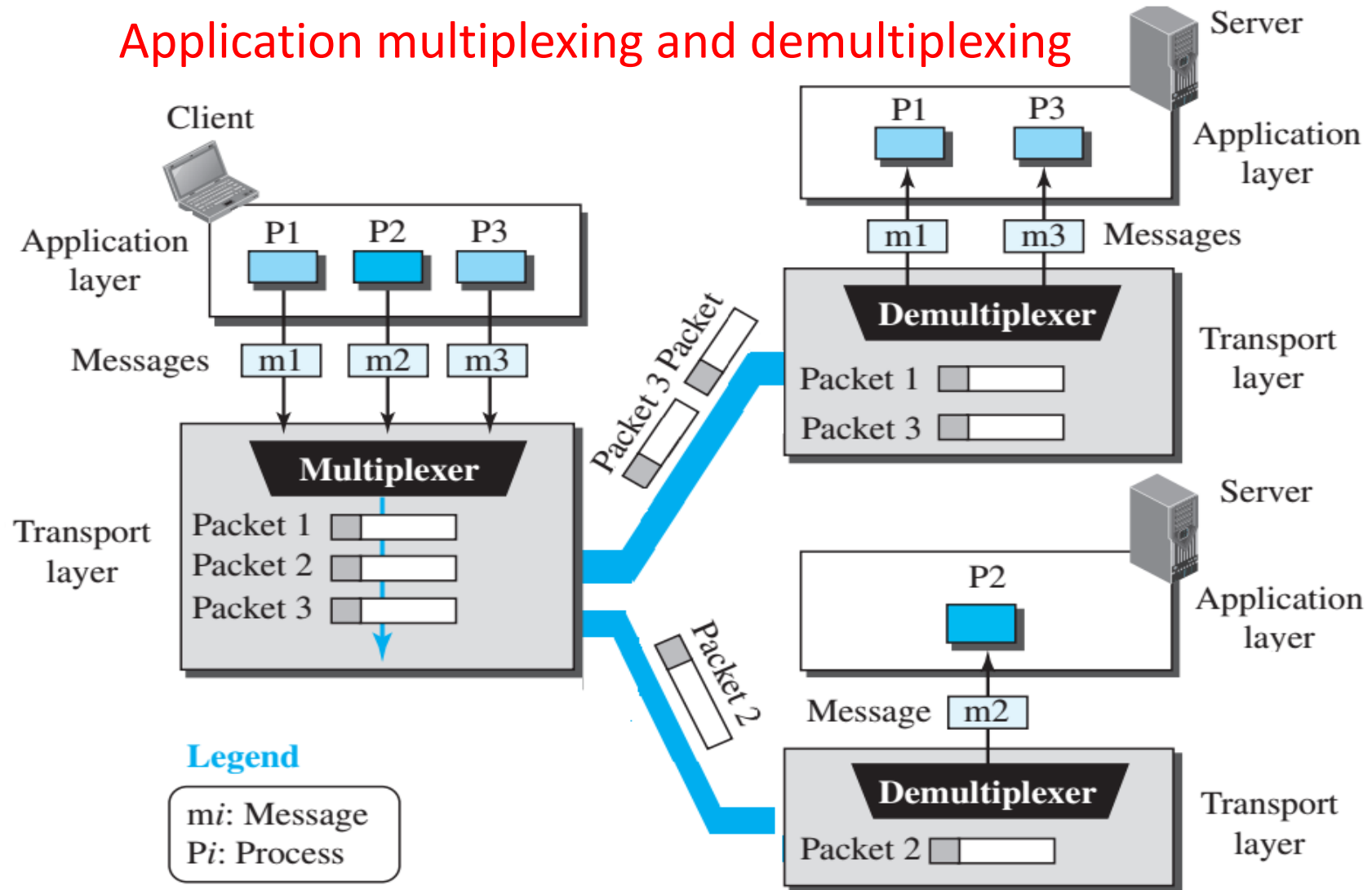
الديناميكية: ويمكن استخدامها بشكل خاص من قبل أي مرسل بشكل آني لكل تطبيق



تستخدم العمليات الخاصة بتطبيقات الزبون أرقام منافذ مؤقتة *ephemeral*  
تستخدم العمليات الخاصة بتطبيقات المخدمات أرقام منافذ معروفة جيداً *well-known*

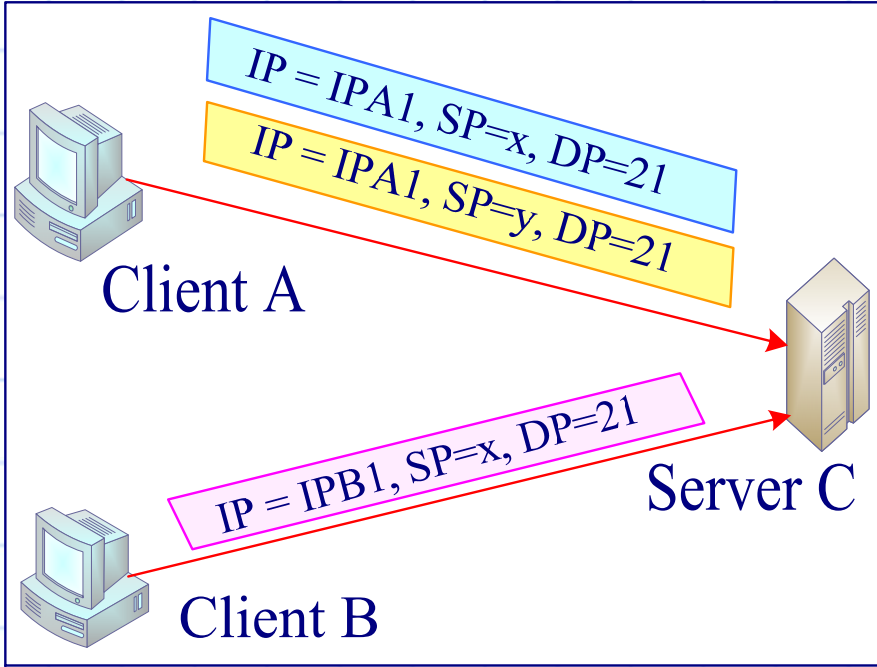
Internet Corporation for Assigned Names and Numbers ICANN

## Application multiplexing and demultiplexing





# Application multiplexing and demultiplexing



يقوم بروتوكول طبقة النقل بتجميع العمليات التابعة لتطبيقات مختلفة والتي يمكن أن يتم توجيهها إلى جهات مختلفة بالاعتماد على حقل رقم المنفذ في ترويسة مقطع المعطيات الخاص بطبقة النقل.

لاحظ كيف أن طريقة استخدام أرقام المنافذ وعناوين طبقة الشبكة تسمح بعملية التجميع وفك التجميع.

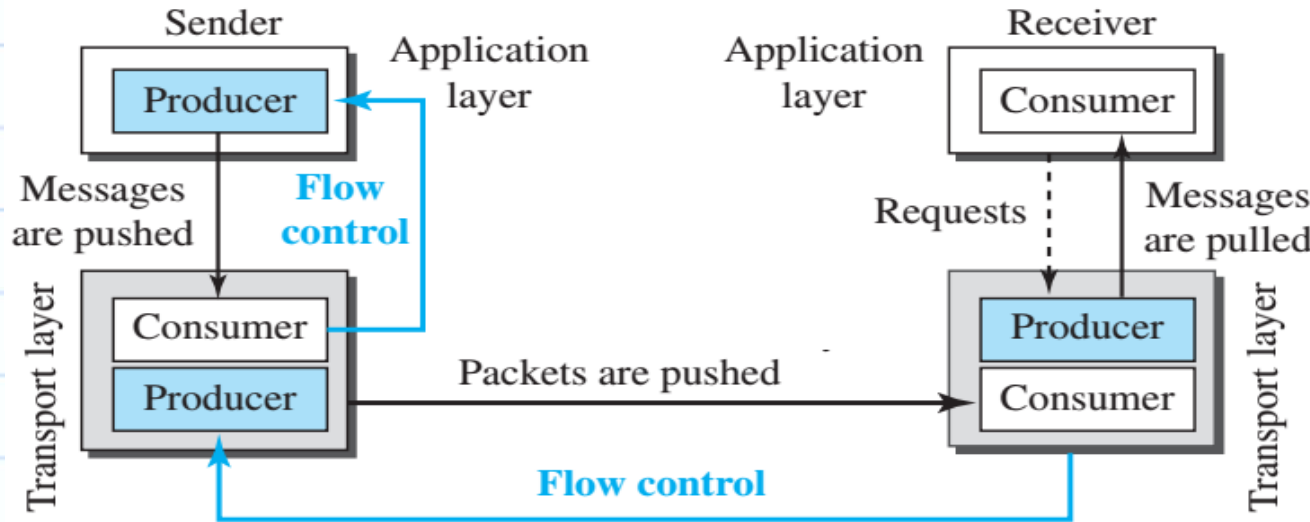
# Flow control at the transport layer

## التحكم بالتدفق في طبقة النقل

يوجد حالتين للتحكم بالتدفق في طبقة النقل:

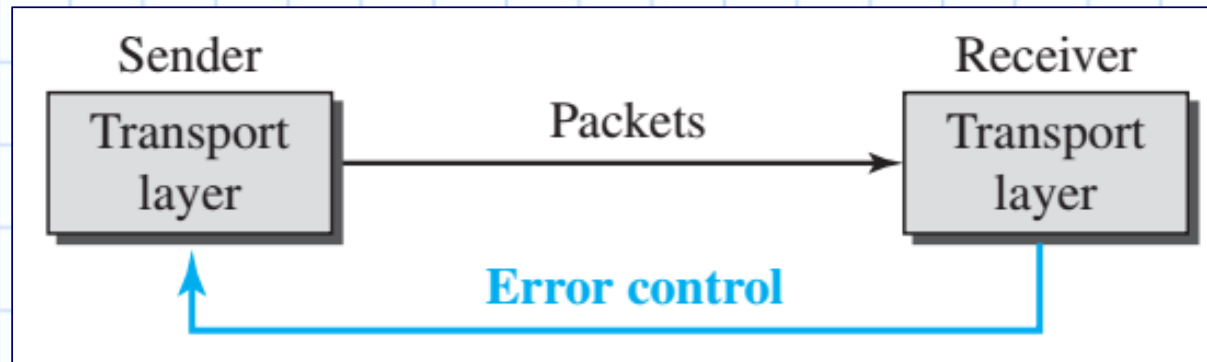
بين طبقة التطبيقات وطبقة النقل وهذا لا يشكل مشكلة أساسية في أي مضيف.

بين طبقتي النقل في مضيفين مختلفتين ويضمن أن لا يرسل المضيف في جهة الإرسال حجماً من المعطيات أكبر مما تستطيع طبقة النقل في طرف الاستقبال التعامل معه بشكل يضمن استقباله الصحيح.

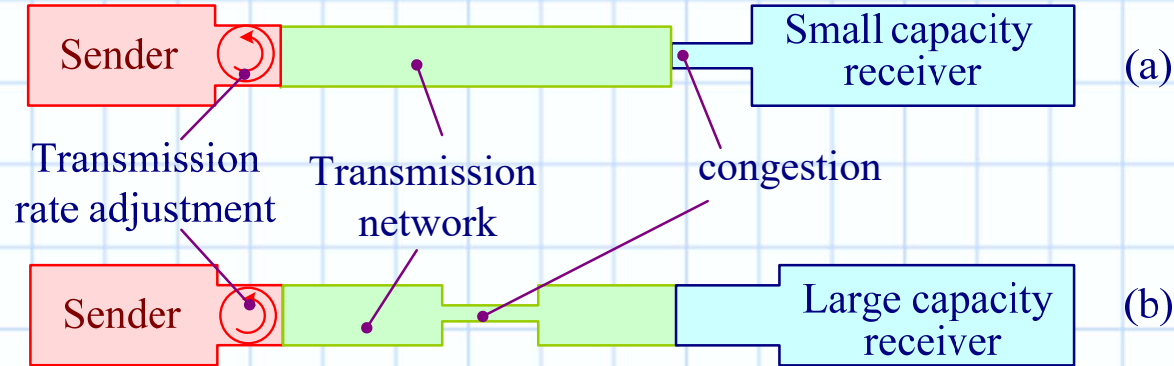


# Error Control

١. كشف الرزم المعطوبة وإهمالها.
  ٢. متابعة الأمر لإعادة إرسال الرزم الخاطئة والمهمة.
  ٣. التعرف على الرزم المزدوجة أي التي يصل منها نسختين.
  ٤. حفظ الرزم التي تصل في غير تسلسلها إلى أن تصل الرزم التي تجعل التسلسل صحيحا.
- كل ذلك يتطلب آلية للتواصل بين المرسل والمستقبل بما يؤمن تنفيذه بالشكل المناسب وهذا ما نسميه ضبط الأخطاء.



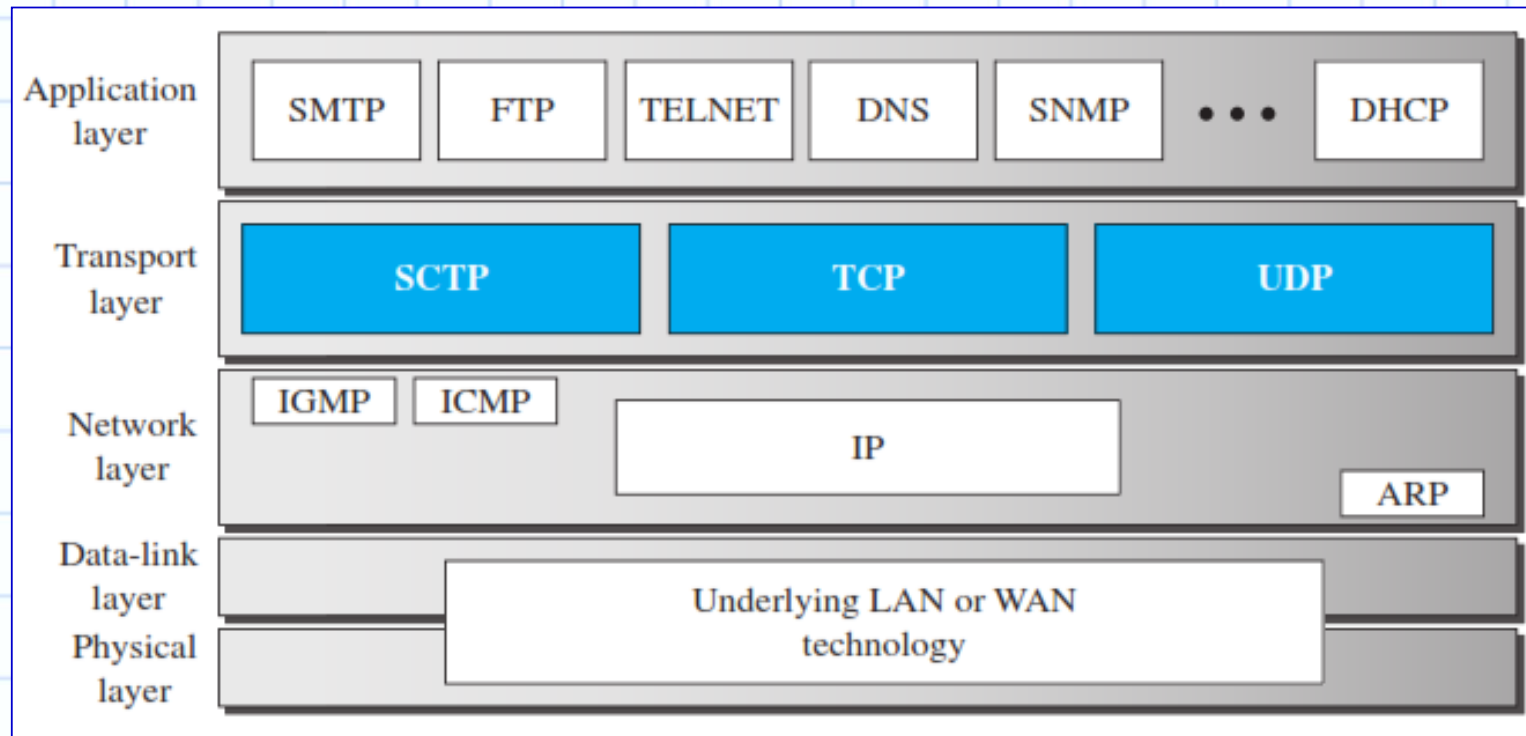
# التحكم بالاختناق TCP congestion control



- ❖ ينتج الاختناق في أي جزء من الشبكة بين مضيفين عندما يتواجد في هذا الجزء عددا من الرزم أكبر من قدرة هذا الجزء على التعامل معه
- ❖ يحدث الاختناق بسبب
- ❖ عدم قدرة المخزونات في طرف الاستقبال على تخزين العدد الكبير من المعطيات التي تصلها
- ❖ عدم قدرة الشبكة على استيعاب حجم المعطيات في الممر بين المرسل والمستقبل
- يحدد كل مرسل حجما لقدرته على التعامل الصحيح مع ما يستقبله من معطيات من خلال تحديد متغيرين يسميان نافذتي الاستقبال والاختناق.
- ويعتمد المرسل النافذة ذات الحجم الأدنى في أي مرحلة من مراحل الإرسال.

# بروتوكولات طبقة النقل في النماذج المعيارية

## مثال: "TCP/IP"





## *Transport-layer protocols in the TCP/IP protocol suite*

❖ **UDP:** وهو بروتوكول غير موثوق وغير مسبق التوصيل يستخدم لبساطته وكفاءته لخدمة التطبيقات التي تضمن طبقة التطبيقات وجود آلية للتحكم بالخطأ.

❖ **TCP:** وهو بروتوكول موثوق ومسبق التوصيل يضمن وثوقية نقل المعطيات على مستوى طبقة النقل.

❖ **SCTP:** وهو بروتوكول أحدث من السابقين يعتمد الجمع بين خصائص البروتوكولين السابقين.

# Popular applications and their transport protocols

Port	Protocol	UDP	TCP	SCTP	Description
7	Echo	√	√	√	Echoes back a received datagram
9	Discard	√	√	√	Discards any datagram that is received
11	Users	√	√	√	Active users
13	Daytime	√	√	√	Returns the date and the time
17	Quote	√	√	√	Returns a quote of the day
19	Chargen	√	√	√	Returns a string of characters
20	FTP-data		√	√	File Transfer Protocol
21	FTP-21		√	√	File Transfer Protocol
23	TELNET		√	√	Terminal Network
25	SMTP		√	√	Simple Mail Transfer Protocol
53	DNS	√	√	√	Domain Name Service
67	DHCP	√	√	√	Dynamic Host Configuration Protocol
69	TFTP	√	√	√	Trivial File Transfer Protocol
80	HTTP		√	√	HyperText Transfer Protocol
111	RPC	√	√	√	Remote Procedure Call
123	NTP	√	√	√	Network Time Protocol
161	SNMP-server	√			Simple Network Management Protocol
162	SNMP-client	√			Simple Network Management Protocol

## TCP Services

- ❖ Process-to-Process Communication
- ❖ Stream Delivery Service
- ❖ Full-Duplex Communication
- ❖ Multiplexing and Demultiplexing
- ❖ Connection-Oriented Service
- ❖ Reliable Service

## Connection-Oriented Service

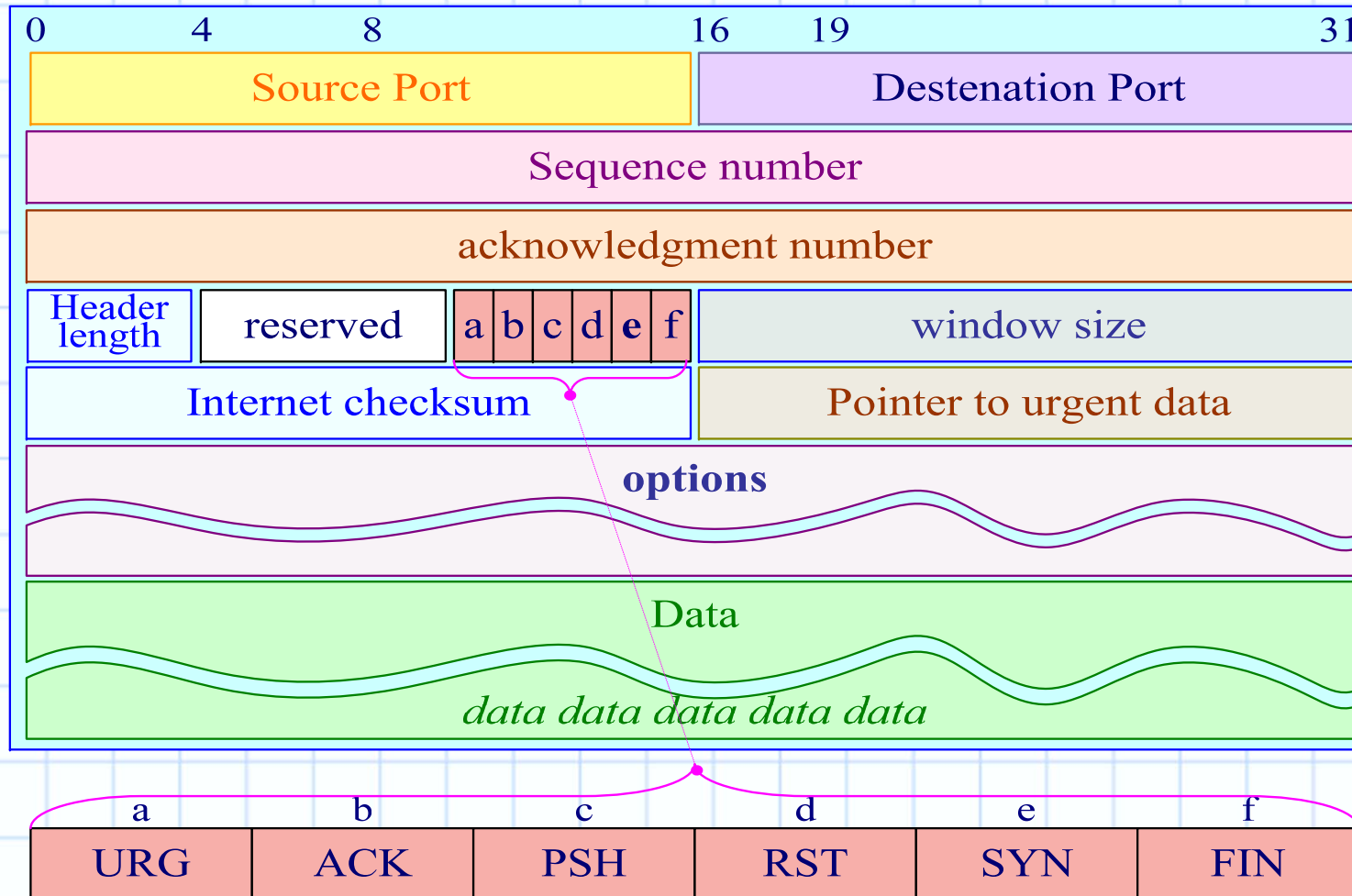
- ❖ Note that this is a logical connection, not a physical connection and the following three phases occur:
  - The two TCP's establish a logical connection between them.
  - Data are exchanged in both directions.
  - The connection is terminated.
- ❖ The TCP segment is encapsulated in an IP datagram and can be sent out of order, or lost or corrupted, and then resent. Each may be routed over a different path to reach the destination.
- ❖ TCP creates a byte stream-oriented to the other site.

## The Transport Control Protocol (TCP)

- ❖ يعتمد على إرسال سلسلة من البايتات المرتبة بما يشكل حجوما مختلفة للرمز حسب ما هو متوفر في مخزنات طبقة النقل في المرسل.
- ❖ يقدم الخدمات الرئيسية التالية:
- ❖ إقامة ضمان استمرار وإنهاء الوصلات بين مضيفين
- ❖ استخدام آلية تأكيد الاستلام لضمان استلام الرمز في طرف الاستقبال
- ❖ استخدام ترقيم الرمز لضمان وصول الرمز في ترتيبها الأصلي ضمن الملف.
- ❖ ضمان التحكم بالاختناق
- ❖ تأمين آلية للتحكم بالخطأ.
- ❖ تأمين آلية لتجميع عدة تطبيقات لإرسالها معا لمختلف التطبيقات على مختلف الطرفيات وضمان فك هذا التجميع بالشكل السليم.
- ❖ ضمان إقامة اتصال مزدوج full Duplex بين الطرفيات.



# TCP Data Unit structure



# TCP Data Unit fields

- ❖ **منفذ المنبع Source port** : (0-65 535)
- ❖ **منفذ الوجهة Destination port** : (0-65 535)
- ❖ **رقم التسلسل Sequence number**: وهو رقم تسلسل أول بايت في المقطع ويعطى بشكل عشوائي لأول مقطع ثم تتم زيادته حسب حجم كل مقطع.
- ❖ **رقم تأكيد الاستلام Acknowledgment number**: وهو رقم البايت التالي الذي ينتظر المضيف استقباله.
- ❖ **طول الترويسة Header length (HL)**: وهو عدد الأسطر المكونة للترويسة وكل سطر ٤ بايتات.
- ❖ **بيئات التحكم Control Bits**: وهي ٦ بيتاكل منها يشكل علامة لتبيان وجود أو عدم وجود حالة ما
- **Urgent (URG)**: ويدل عندما يكون ١ على أن Urgent pointer موجود ويجب قراءته من بداية المعطيات وحتى البايت التي يشير إليها.
- **Acknowledgment (ACK)**: ويشير إلى أن المقطع المعني يحوي رقم تأكيد استلام
- **Push (PSH)**: ويشير إلى ضرورة إرسال المعطيات فوراً إلى التطبيق المعني
- **Reset (RST)**: يستخدم من أجل قطع الاتصال
- **Synchronize (SYN)**: ويشير إلى أن المقطع يحوي رقم التسلسل الأولي.
- **Finished (FIN)**: ويعني أن المرسل أنهى إرساله.
- ❖ **Window size**: ويستخدم للتعريف بحجم نافذة الاستقبال المتوفر.
- ❖ **Checksum**: ويستخدم هذا الحقل لتفحص الخطأ.
- ❖ **Urgent pointer (URG)**: وهو حقل يستخدم كمؤشر لنهاية المعطيات التي يجب أن يتم تمريرها إلى التطبيق المناسب دون إبطاء
- ❖ **Options**: ويضم ما لا يمكن وصفه في الحقول الأساسية.

## Numbering System

- ❖ The sequence number and the acknowledgment number are two fields refer to a byte number and not a segment number.
- ❖ Numbering is independent in each direction.
- ❖ TCP chooses an arbitrary number between 0 and  $2^{32}-1$  for the number of the first byte.
- ❖ TCP assigns a sequence number to each segment that is being sent in each direction as follows:
  - The ISN (initial sequence number) is a random number.
  - The sequence number of any other segment is the sequence number of the previous segment plus the number of bytes carried by the previous segment.

## Numbering System

If a party uses 5643 as an acknowledgment number, does it mean that it has received all bytes from 0 up to 5642?

# Constructing segments

File of  $10^5$  bytes

100	101	598	599
600	601	1098	1099
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div> <p>...</p> <p>...</p> <p>...</p> </div> <div> <p>...</p> <p>...</p> <p>...</p> </div> </div>			
99500	99501	99998	99999

1<sup>st</sup> segment

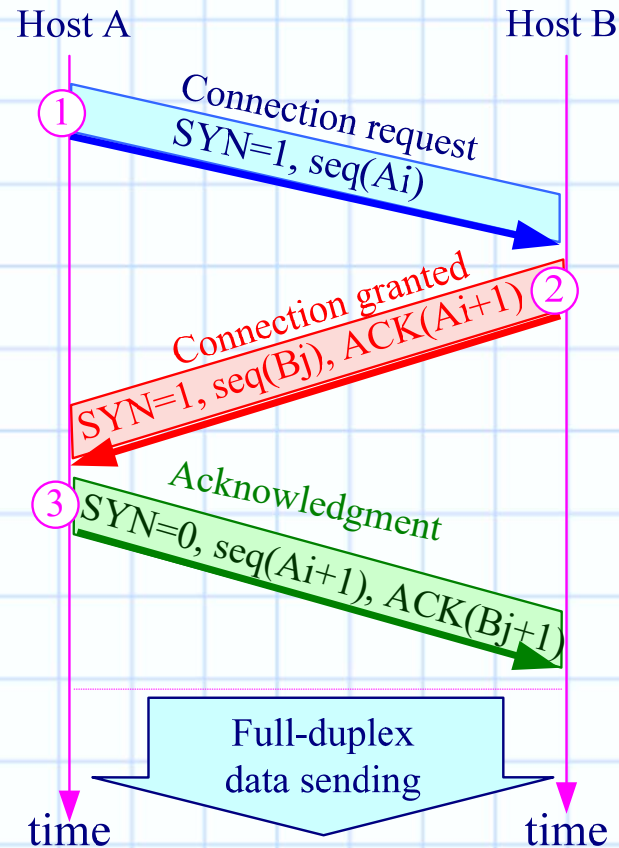
2<sup>nd</sup> segment

Last segment

- ❖ يعتمد رقم التسلسل على رقم التسلسل الابتدائي ISN الذي يتم اختياره عشوائيا من قبل المرسل.
- ❖ كل مقطع يكون رقمه أعلى من رقم المقطع السابق بقيمة تساوي حجم المقطع السابق.
- ❖ يحدد رقم المقطع كل مقطع بشكل فريد
- ❖ حين يصل الرقم إلى  $2^{32} - 1$  فإنه يبدأ من جديد بشكل يؤمن تسلسل المقاطع دون أن يفقد الدلالة على حجم كل مقطع.



## TCP connection establishment



- ❖ **Step1:** Sender sends a TCP connection request to the destination. (no application-layer data).
- ❖ **Step2:** The destination receipts the connection request extracts the TCP segment from the datagram, allocates the TCP buffers and variables to the connection, and sends a connection-granted segment to sender. (no application-layer data).
- ❖ **Step3:** sender receives the connection-granted segment allocates buffers and variables to the connection and returns an acknowledgment segment

## User Datagram Protocol

❖ يتصف بروتوكول UDP بما يلي:

❖ بروتوكول غير موثوق يعتمد التوصيل غير المسبق

❖ لا يعتمد على تأكيد الاستلام

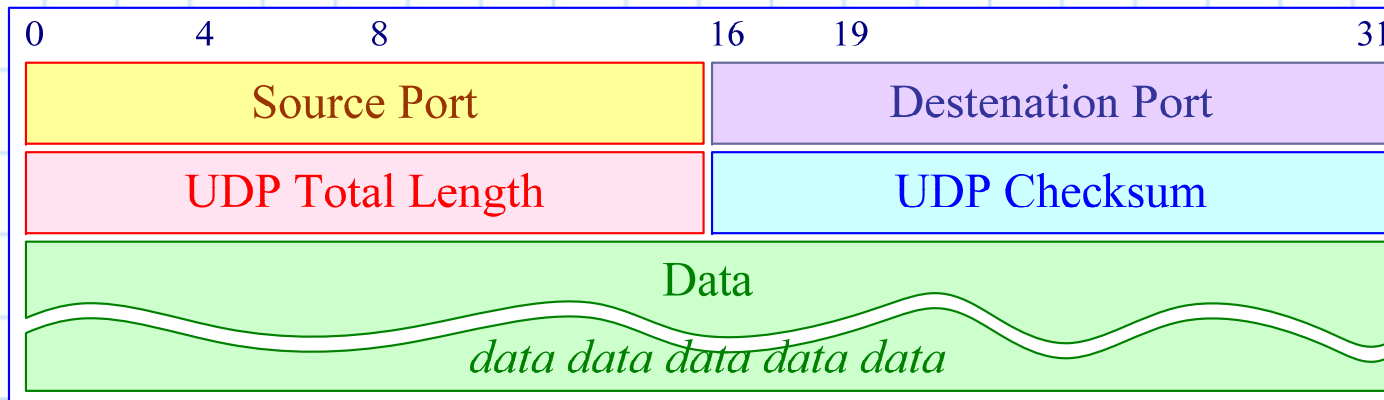
❖ لا يستخدم رقما تسلسليا وبالتالي لا يضمن تسلسل البيانات.

❖ لا يضمن استقبال الرزم بشكل خال من الأخطاء ولا يتأكد من فقدانها ولا يضمن عدم تكرارها.

❖ يضمن وصول المعطيات بشل أسرع من TCP لأن الترويسة التي يستخدمها أقصر.

❖ يستخدم في إيصال المعطيات في الزمن الحقيقي.

# UDP Segment



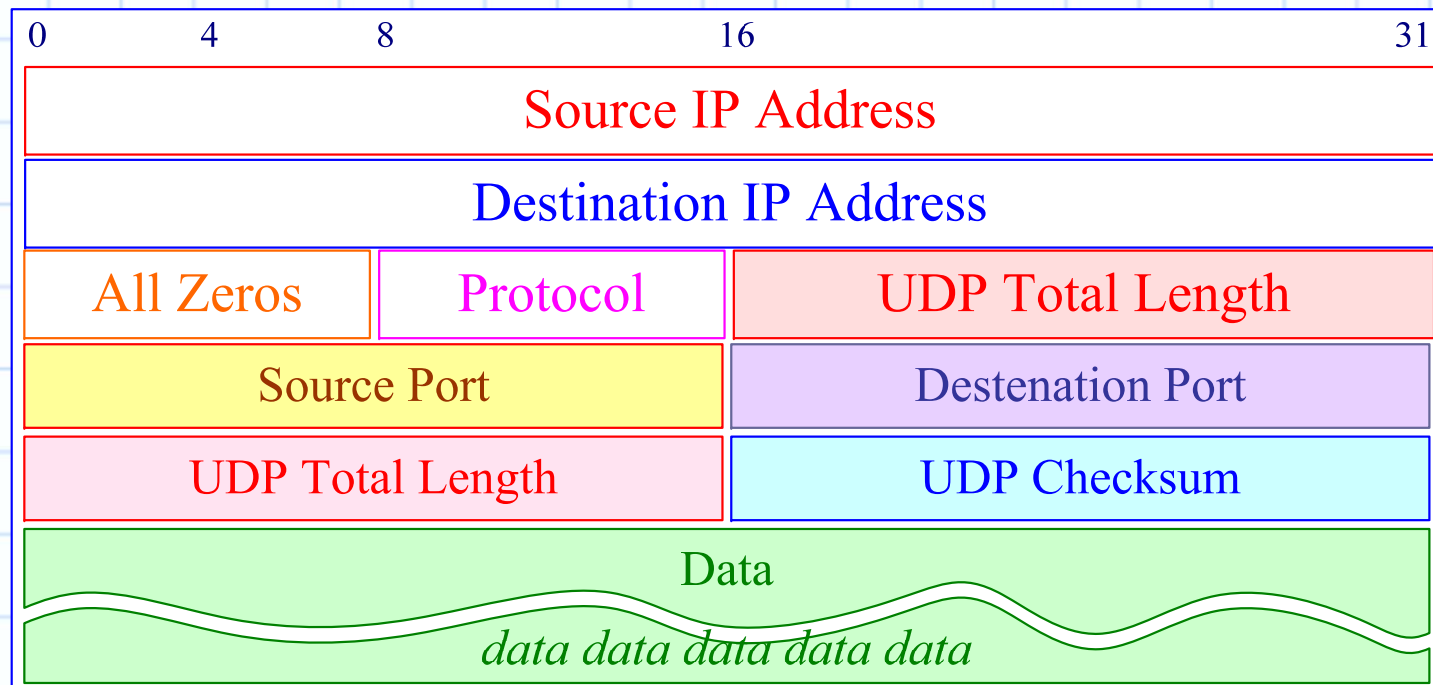
❖ منفذ المنبع **Source port** : (0-65 535)

❖ منفذ الوجهة **Destination port** : (0-65 535)

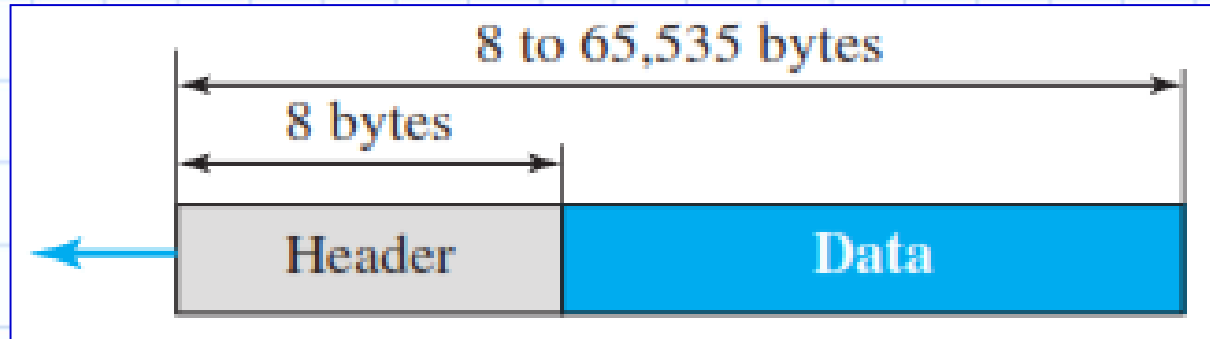
❖ الطول الكلي **Total length** : ويشير إلى طول المقطع كاملاً بما فيه الترويسة

❖ **Checksum** يستخدم هذا الحقل لتفحص الخطأ. وهو غير إلزامي هنا.

# Pseudoheader for checksum calculation



## Example



- ❖ The following is the content of a UDP header in hexadecimal format.  
CB84000D001C001C
- A. What is the source port number?
- B. What is the destination port number?
- C. What is the total length of the user datagram?
- D. What is the length of the data?
- E. Is the packet directed from a client to a server or vice versa?
- F. What is the client process?



## Solution

- A. The source port number is the first four hexadecimal digits (CB84) 16, which means that the source port number is 52100.
- B. The destination port number is the second four hexadecimal digits (000D)16, which means that the destination port number is 13.
- C. The third four hexadecimal digits (001C)16 define the length of the whole UDP packet as 28 bytes.
- D. The length of the data is the length of the whole packet minus the length of the header, or  $28 - 8 = 20$  bytes.
- E. Since the destination port number is 13 (well-known port), the packet is from the client to the server.
- F. The client process is the Daytime.

# UDP Typical Applications

- ❖ يستخدم UDP من أجل التطبيقات التي لا تهتم بالتحكم بالتدفق والتي تعتمد على آلية بسيطة في الطلب والاستجابة.
- ❖ لا يستخدم في التطبيقات التي تحتاج إلى إرسال كتل متسلسلة من المعطيات.
- ❖ يستخدم بفعالية مع التطبيقات التي تمتلك آلية داخلية للتحكم بالتدفق والخطأ مثل Trivial File Transfer Protocol (TFTP)
- ❖ يستخدم مع التطبيقات متعددة الإرسال
- ❖ يستخدم لإرسال معطيات بعض بروتوكولات طبقة التطبيقات التي لا تحتاج لأكثر من إرسال رزمة واحدة للطلب أو الاستجابة مثل SNMP
- ❖ يستخدم في نقل معطيات بعض بروتوكولات تحديث جداول التوجيه مثل RIP.
- ❖ يستخدم في التطبيقات التي تحتاج تفاعلاً في الزمن الحقيقي لعدم اعتماده على آليات تنتج تأخيراً زمنياً وحاجة إلى التخزين المؤقت مثل تأكيد الاستلام والتحكم بالتدفق وإعادة الإرسال.