

IP Protocol

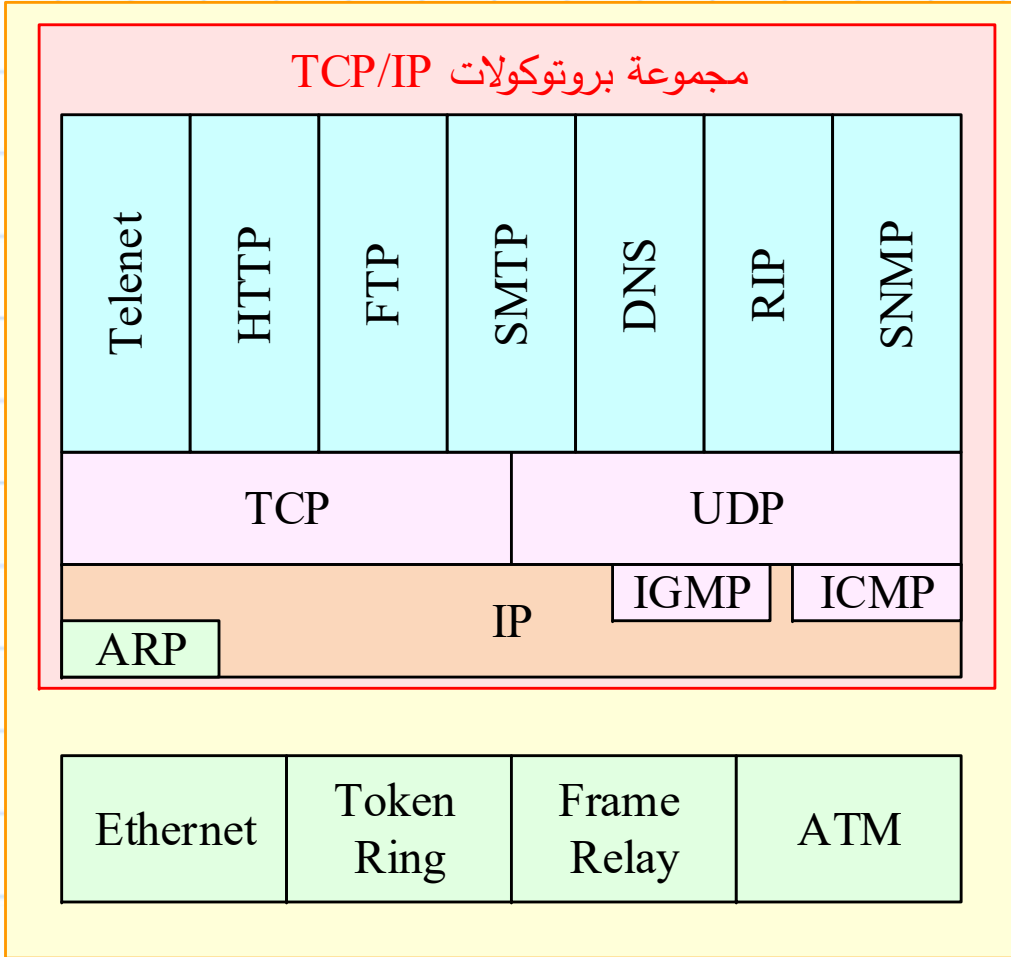
حول هذا الفصل

- ❖ سنقوم في هذا الفصل بإيضاح كيفية استخدام الشبكات الواسعة لبروتوكول IP والبروتوكولات التي تعمل معه ضمن نفس المجموعة. حيث سنتطرق بالتفصيل لكل من نسختي بروتوكول الإنترنت الرابعة والسادسة IPv4 و IPv6 بما في ذلك البنية التفصيلية لوحدات المعطيات في كلا البروتوكولين ووظيفة كل حقل من هذه الوحدات وكيفية معالجة المعطيات المستقبلية والصادرة ومسؤولية هذه البروتوكولات حين إمرار المعطيات من عقدة إلى أخرى بما في ذلك تجزئة هذه الوحدات وتجميعها حين يتطلب الأمر والخيارات التي يمكن أن تقدمها كل نسخة.
- ❖ كما سنقوم بتغطية أساسيات البروتوكولات ICMP و IGMP و ARP وأخيراً RARP بما في ذلك بنية وحدات المعطيات لهذه البروتوكولات ووظائفها وعملياتها الأساسية وكذلك خصائصها.

أهداف الفصل

- ❖ ستكون قادراً بعد انتهائك من قراءة هذا الفصل واستيعاب محتوياته على:
- ❖ التعرف على بروتوكولات المجموعة TCP/IP.
- ❖ فهم ضرورة استخدام IP بروتوكول.
- ❖ تقديم عرض للنسخة IPv4
- ❖ تقديم عرض للنسخة IPv6
- ❖ التمييز بين عمليات إمكانات كل من النسختين
- ❖ فهم أسس ICMP
- ❖ فهم أسس IGMP
- ❖ فهم دور العنوان الفيزيائية والعنونة المنطقية وأهمية وكيفية تخصيص عنوان من أحدهما للآخر.

- ❖ ويتم الانتقال الموثوق للمعطيات ليس بفعل تطبيق IP بمفرده بل بالتشارك مع مجموعة من بروتوكولات طبقة الشبكة وهي:
- ❖ بروتوكول الإنترنت المعروف IP
- ❖ بروتوكول رسالة ضبط الانترنت (ICMP) Internet Control Message Protocol: ويقوم بالإعلام عن الحالات غير الطبيعية التي يمكن أن تواجهها الرزم أثناء انتقالها من عقدة إلى أخرى.
- ❖ بروتوكول الإنترنت لإدارة المجموعة (IGMP) Internet Group Management Protocol: ويفيد في حالات التسيير المتعدد للرزم إلى أكثر من مشترك يشكلون مجموعة واحدة.
- ❖ بروتوكول تحديد العناوين (ARP) Address Resolution Protocol: ويستخدم لتحديد العنوان الفيزيائي المكافئ للعنوان المنطقي للمستقبل.
- ❖ بروتوكول تحديد العناوين العكسي (RARP) Reverse Address Resolution Protocol: ويستخدم لتحديد العنوان المنطقي المكافئ للعنوان الفيزيائي المطلوب.

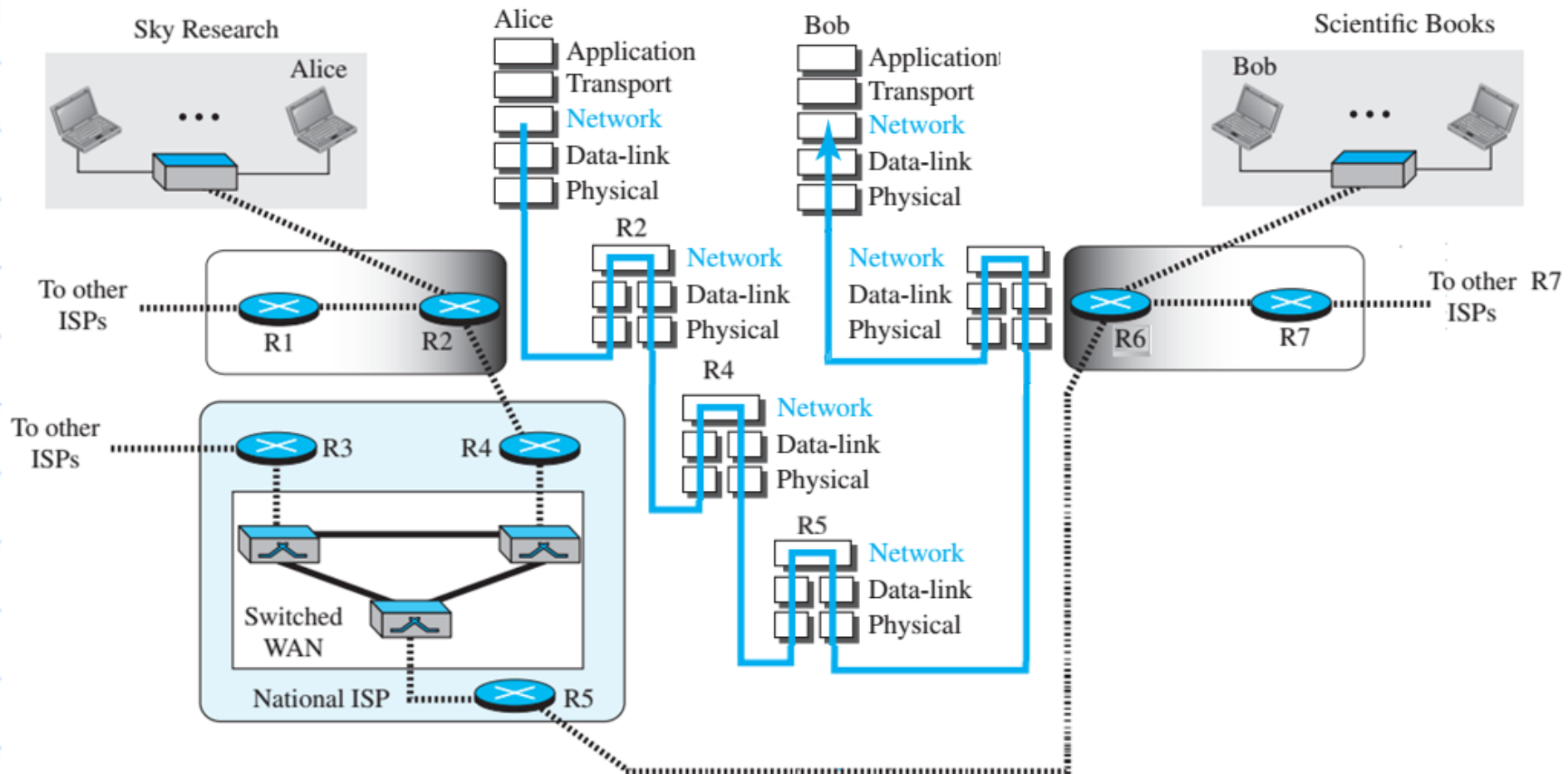




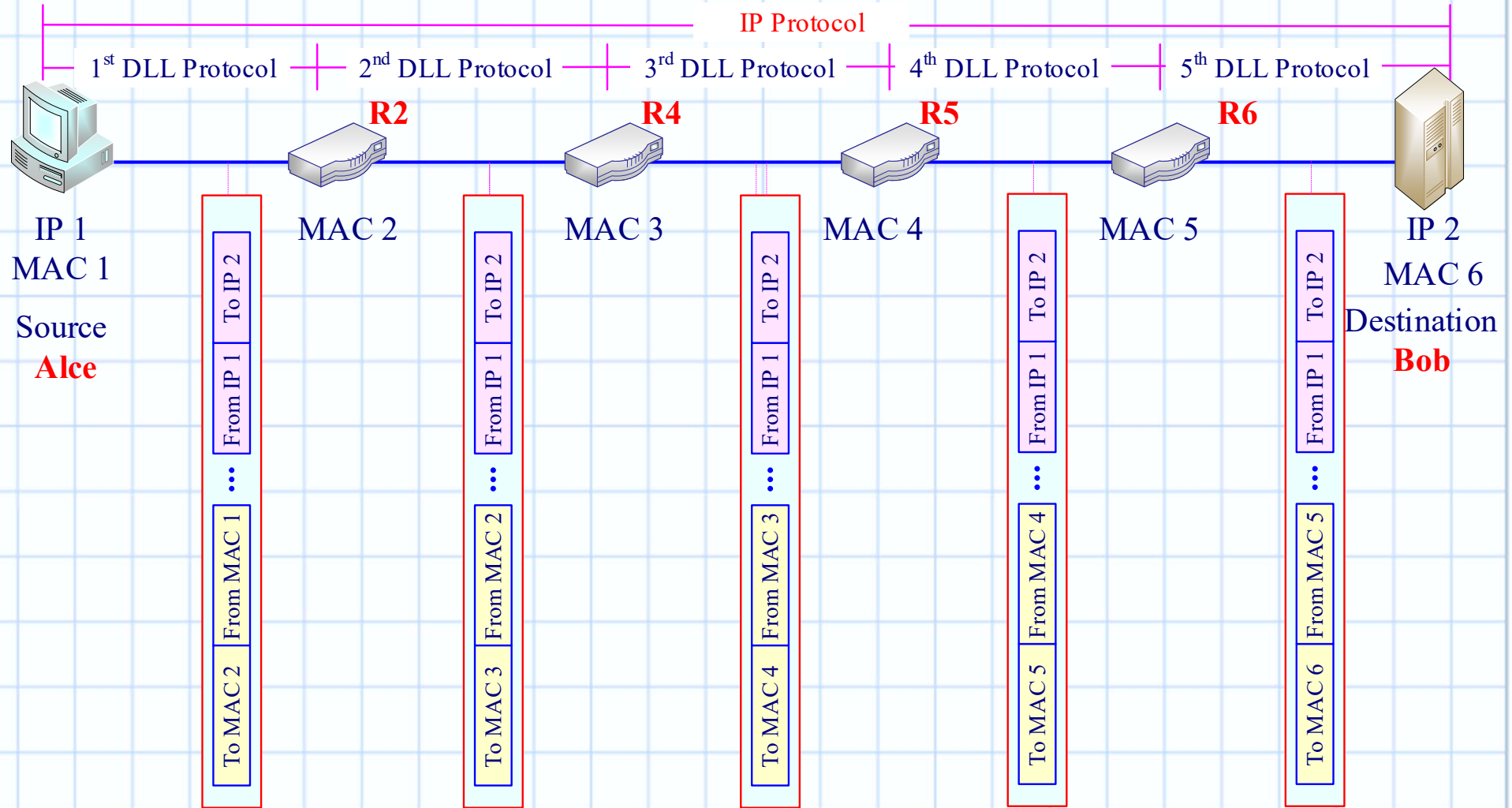
هذا البروتوكول من البروتوكولات الأساسية للطبقة الثالثة (طبقة الشبكة) ويقدم أربع وظائف رئيسية وهي:

- ❖ تشكيل الرزم وهي وحدات المعطيات التي يستخدمها هذا البروتوكول.
- ❖ القيام بالعنونة أي تعبئة الحقول الخاصة بالعناوين المنطقية
- ❖ تسيير الرزم وفقاً للعناوين المنطقية
- ❖ تجزئة الرزم لتلائم حجم الحقل المخصص للمعطيات في الإطار المستخدمة من قبل بروتوكولات طبقة توصيل المعطيات وذلك في طرف الإرسال ومن ثم استخلاص هذه الرزم من الأطر في طرف الاستقبال وإعادة تجميعها لتشمل الرزم الأساسية.

Communication at the Network layer



Sending IP datagram encapsulated into frame



مدخل إلى الشبكات


د. جمال خليفة

IP Addressing

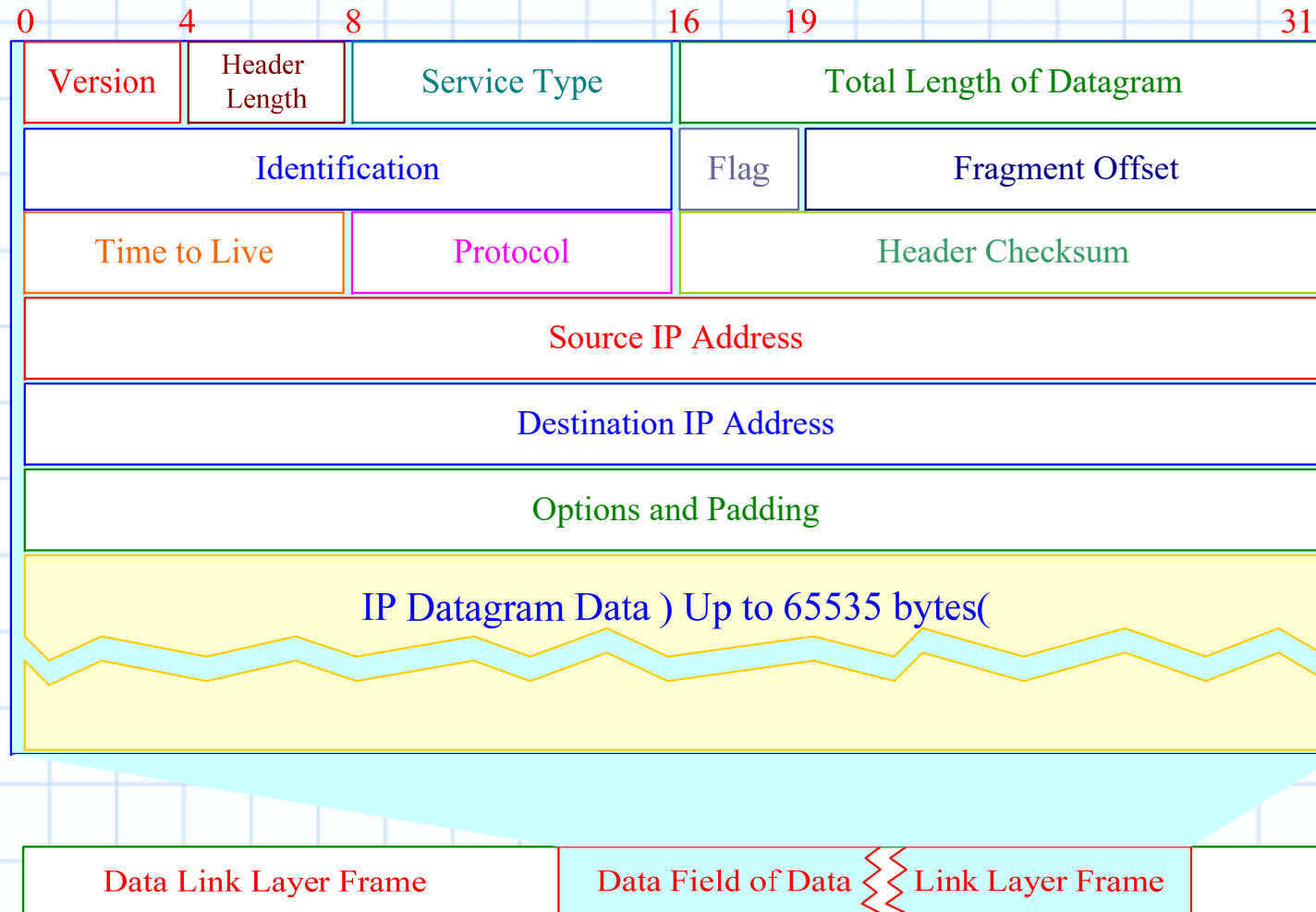
Every device that exchanges information using the TCP/IP protocol suite needs a unique IP address. ❖

An IP header contains the IP addresses of a source node and a destination node, respectively. ❖

There are two IP addressing schemes. (32-bit IPv4 and 128-bit IPv6) ❖

 Note that always a unique IP address must always be assigned to each host as client or server or router interface (input port or output port).

IP v4 Data Unit





وحدة معطيات البروتوكول IP v4

- ❖ **حقل النسخة:** وهو حقل مكون من ٤ بيتات ويحتوي على رقم يبين رقم النسخة المستخدمة من IP لتشكيل هذه الرزمة. وبالتالي فإن أي جهاز يقوم باستقبال هذه الرزمة في طريقها إلى وجهتها سيتعرف إلى البروتوكول المستخدم في إنشائها وبالتالي سيتمكن من القراءة الصحيحة لها باستخدام مبادئ هذا البروتوكول.
- ❖ **نوع الخدمة:** وهو مكون من ٨ بيت: يتم في هذا الحقل تخصيص أفضلية ما لكل رزمة حيث أن المسير لا يقوم بتسيير الرزم وفق قاعدة من يأتي أولاً يرسل أولاً بل يقوم بتسييرها وفق أهميتها وأفضلية تسييرها التي تكون محددة في هذا الحقل.
- ❖ **الطول الكلي:** وهو مكون من ١٦ بيت ويبين الطول الكلي لوحدة المعطيات بالبايت. ويمكن باستخدام هذا الحقل تحديد طول وحدة المعطيات بـ 65,535 بايت على الرغم من أن القليل من التطبيقات تستخدم اليوم هذا الحجم ولكن التطور السريع في عالم تراسل المعطيات سيجعل من استخدام هذا الحجم أمراً عادياً.
- ❖ **حقل المحدد ID:** وهو رقم ناتج عن خلط رقم ما مع عنوان المرسل بحيث ينتج رقم يحدد الرزمة بشكل فريد. ويستخدم هذا الرقم عند تجزئ الرزمة بحيث يدل على أن الأجزاء المكونة للرزمة الواحدة تحمل نفس الرقم المحدد ID.

وحدة معطيات البروتوكول IP v4

- ❖ **حقل الأعلام flags:** عندما تستدعي الضرورة تجزيء الرزمة إلى أكثر من جزء، فإن جميع الأجزاء تحمل نفس الرأس تقريباً باستثناء هذا الحقل المكون من ٣ بيتات. يستخدم البيت الثاني منها للدلالة على وجود تجزيء أو لا، و تسمى هذه الخانة (لاتجزيء) DF حيث يعني وجود الرقم ١ في هذه الخانة على عدم الحاجة إلى التجزيء. وتدل الخانة الثالثة على وجود أو عدم وجود أجزاء أخرى بعد هذا الجزء.
- ❖ **حقل تسلسل الأجزاء fragment offset:** يستخدم هذا الحقل لاستخدامه عند إعادة تجميع الرزمة حيث يعطى كل جزء رقماً تسلسلياً بحيث يأخذ الجزء الأول رقم 0 وتأخذ بقية الأجزاء أرقاماً تصاعدية كل منها هو من مضاعفات 64 أي ٨ بايتات أي أن الجزء الثاني رقم 64 والثالث 128 وهكذا...
- ❖ **حقل زمن حياة الرزمة (TTL) time to live:** مهمة هذا الحقل منع الرزمة من التواجد في الشبكة أكثر من زمن محدد وذلك منعاً لحدوث اختناقات نتيجة دوران الرزم إلى أجل غير مسمى في حال عدم امكانية وصولها إلى وجهتها النهائية. حيث تعطى كل رزمة رقماً يتم تخزينه في هذا الحقل. ويبدأ هذا الرقم بالتناقص حتى يصل إلى القيمة الصفرية حيث يتم عندها تدمير الرزمة وإزالتها من الشبكة. كما يفيد هذا الرقم بتحديد الزمن الذي تستغرقه الرزمة في الوصول إلى كل وجهتها أو إلى أي عقدة وسيطية.
- ❖ **حقل البروتوكول:** ويحدد نوع البروتوكول المستخدم في الطبقة الأعلى والذي يقوم IP بالتعامل مع وحدة معطياته. فمثلاً يكون هذا الحقل 6 عندما يكون بروتوكول طبقة النقل TCP ويكون 10 حين كون بروتوكول طبقة النقل UDP.



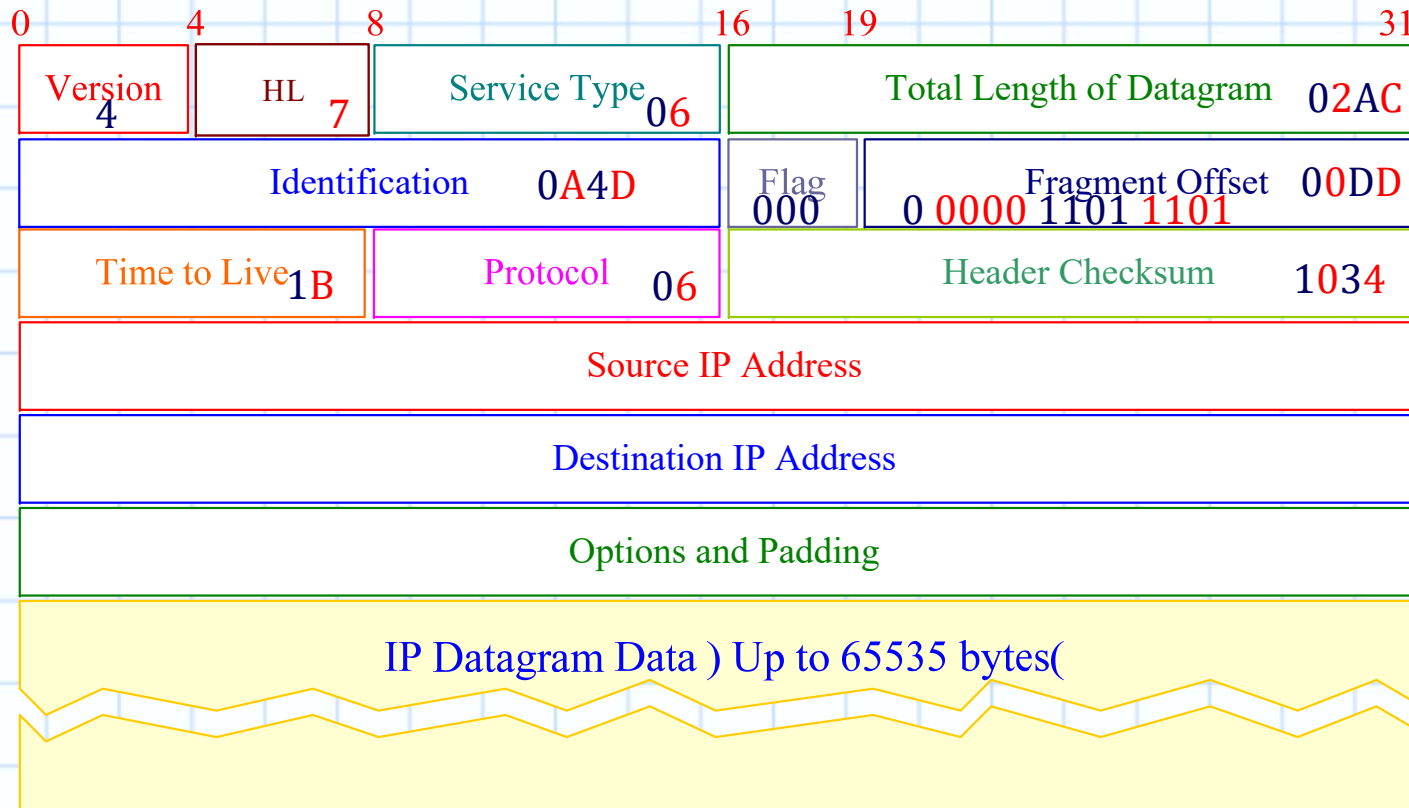
وحدة معطيات البروتوكول IP v4

- ❖ **حقل فحص المجموع للرأس header checksum:** وهو حقل يتألف من ١٦ بيت تستخدم لوضع ناتج فحص المجموع للرأس فقط حيث أن محتويات الرأس هي التي تتغير فقط على طول الطريق. فمثلاً تتغير قيمة TTL في كل عقدة يمر بها الرزمة وبالتالي ناتج فحص المجموع ولا بد من القيام بهذه العملية عند كل عقدة.
- ❖ **حقل عنوان المصدر وحقل عنوان الوجهة:** وكل منهما ٣٢ بيت ويوضع فيهما عنوان المرسل وعنوان المستقبل. ويمكن لهذه الحقول ١، تحتوي عناوين محددة في حالة البث العام والبث المتعدد وفي حالات تفحص الشبكة وغيرها.
- ❖ **حقل الخيارات:** ويتم استخدام هذا الحقل لتحديد بعض الخيارات الإضافية كأن يتم تحديد المسار الذي على الرزمة السير فيه أو لتسجيل المسار أو لتسجيل الزمن في كل عقدة أو من أجل تحديد مستوى الأمن والسرية. يتم استخدام من ٠ وحتى ٣٢ كحد أعلى من هذا الحقل وفي حال عدم استخدام ٣٢ بيت يتم تعبئة بقية الخانات بحشوة متفق عليها Padding.
- ❖ **الجزء الأخير من الرزمة هو حقل المعطيات.**

470602AC0A4D00DD1B0610349C702
D75DD587B0C.....

0100 0111 0000 0110 0000 0010 1010
1100 0000 1010 0100 1101 0000 0000
1101 1101 0001 1011 0000 0110

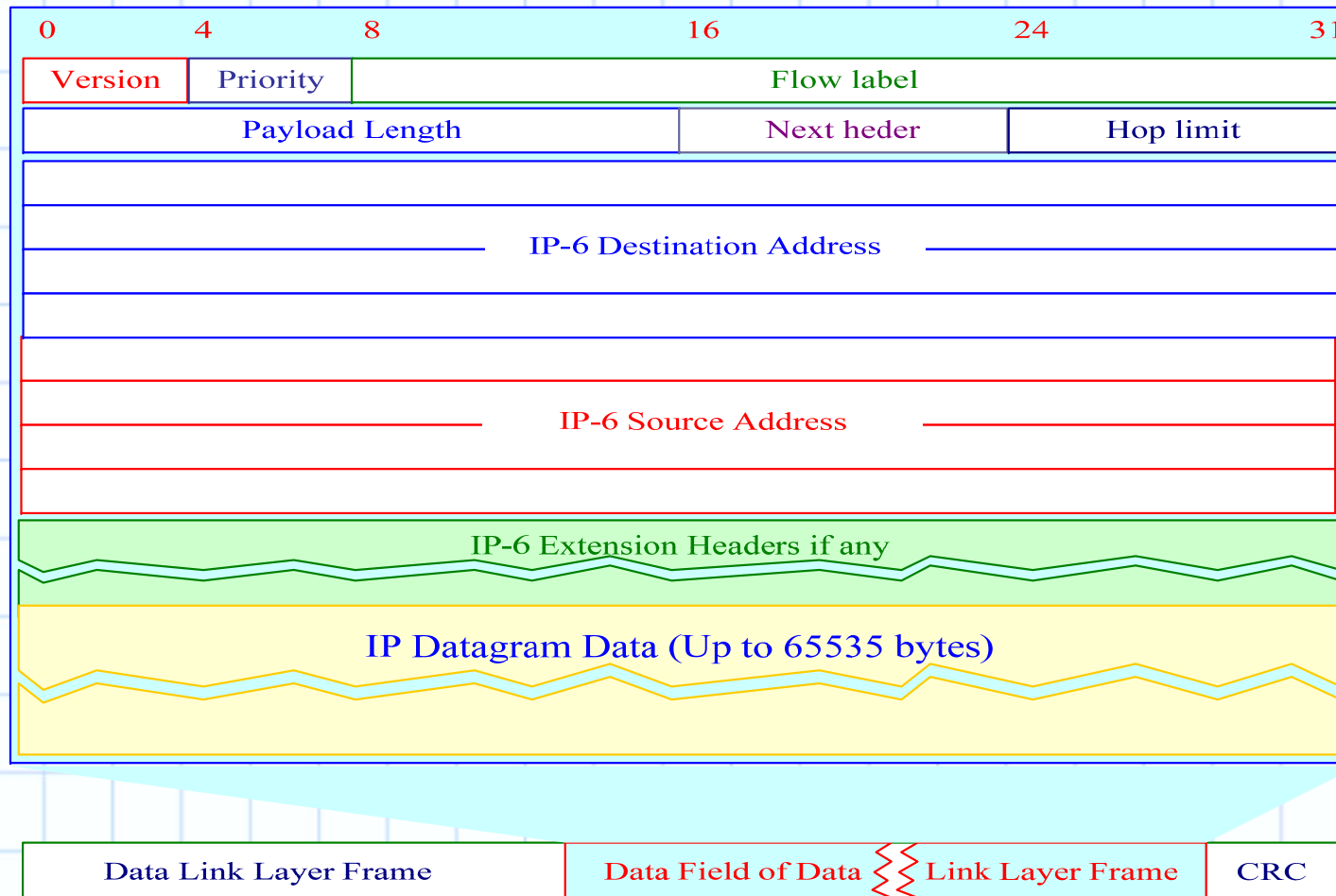
IP v4 Data Unit



470602AC0A4D00DD1B0610349C702D75DD587B0C.....

.....

IP v6 Data Unit





وحدة معطيات IP v6

❖ **حقل النسخة:** وهو يحتوي هنا الرقم 6.

❖ **حقل الأفضلية Priority:** وهو يحتوي ٤ بيتات تصف مستوى المعطيات المرسل وأهميتها. ويتم استخدام هذا الحقل لتحديد أي وحدة معطيات يمكن إهمال تسييرها من قبل المسير في حال تعذر تسيير جميع الوحدات. وأي وحدة يمكن إرسالها أولاً.

❖ **سمة التدفق Flow label:** وتحدد هذه السمة مع عنوان المرسل صفة المعطيات الشخصية للمعطيات المرسل عبر الانترنت. يتم تخزين الوحدات التي تصل إلى مسير ما بشكل مؤقت في وسائط تخزين المسير على شكل طابور. ويقوم المسير بتحديد وجهة كل وحدة بشكل منفصل. وتفيد سمة التدفق المسير في تسيير الوحدات التي تحمل نفس سمة التدفق إلى الوجهة التي تم تسيير أول وحدة منها إليها دون الحاجة إلى تكرار تطبيق خوارزميات معقدة من أجل كل وحدة على حده.

وحدة معطيات IP v6

❖ طول الحمل الصافي Payload length: ويصف هذا الحقل الطول الأعظمي للحمل الصافي في وحدة المعطيات أي بدون الرأس والذي يمكن أن يصل إلى 2^{16} بايت. كما ويسمح استخدام رؤوس التوسيع باستخدام حمل صافي أكبر من ذلك باستخدام ما يسمى الرزم الضخمة jumbograms.

❖ حقل الرأس التالي: ويحدد نوع الرأس التالي في الترتيب في بنية الرزمة.

❖ الحد الأقصى للقفزات Hop limit: وهو الحقل الذي حل محل حقل TTL في النسخة الرابعة. حيث يتم انقاص الرقم الموجود في هذا الحقل بمقدار 1 في كل مرة تتجز فيها الرزمة قفزة واحدة أي في كل مرة تنتقل الرزمة بين عقدتين متتاليتين. وحين وصول هذه القيمة إلى الصفر يتم حذف الرزمة من الشبكة.

بنية رؤوس التوسيع

Next Header

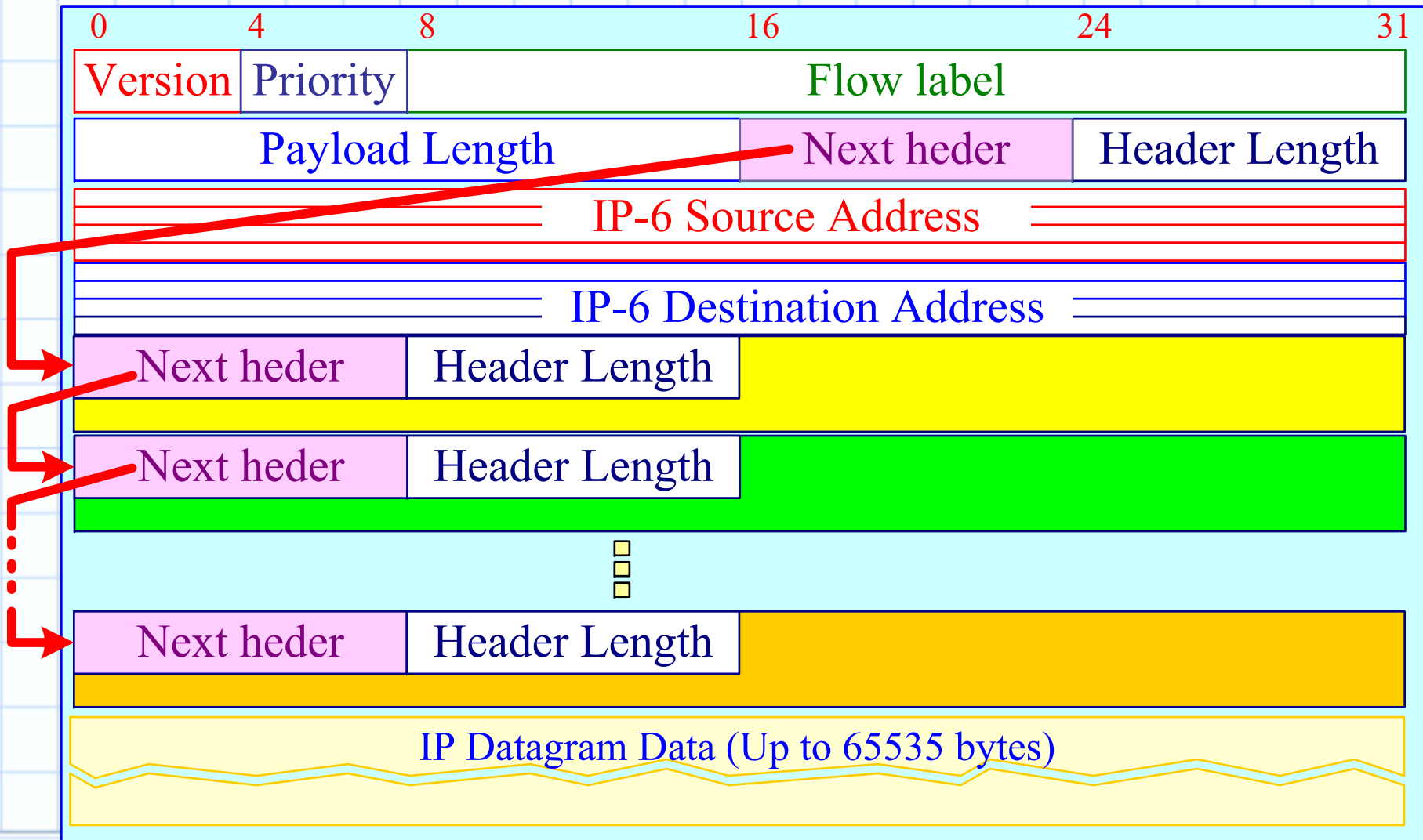
Header Length

Extension Header Data

❖ إن إمكانية إضافة رؤوس التوسيع Extension headers هي من أهم الأشياء المستحدثة في النسخة السادسة.

❖ تشكل هذه الرؤوس سلسلة من الحقول التي يشير كل منها إلى وجود الحقل الذي يليه (في حال وجوده) من خلال حقل يسمى الرأس التالي. وتحتوي هذه السلسلة الرؤوس الضرورية التي يتم استخدامها فعلياً.

❖ يتبع حقل الرأس التالي حقلاً يدل على طول الرأس ويصف هذا الحقل عدد البايتات التي يجب تجاوزها للوصول إلى الرأس التالي.



أنواع رؤوس التوسيع

❖ خيارات رأس التوسيع قفزة بقفزة Hop-by-Hop Extension Header: ويحتوي معلومات يجب تفحصها والتأكد منه عند كل عقدة على طول ممر الرزمة من المصدر إلى الوجهة

❖ خيارات رأس التوسيع الخاص بالوجهة Destination Extension Header Options: ويحوي هذا الحقل إن وجد معلومات يجب تفحصها واستخدامها في العقدة النهائية فقط.

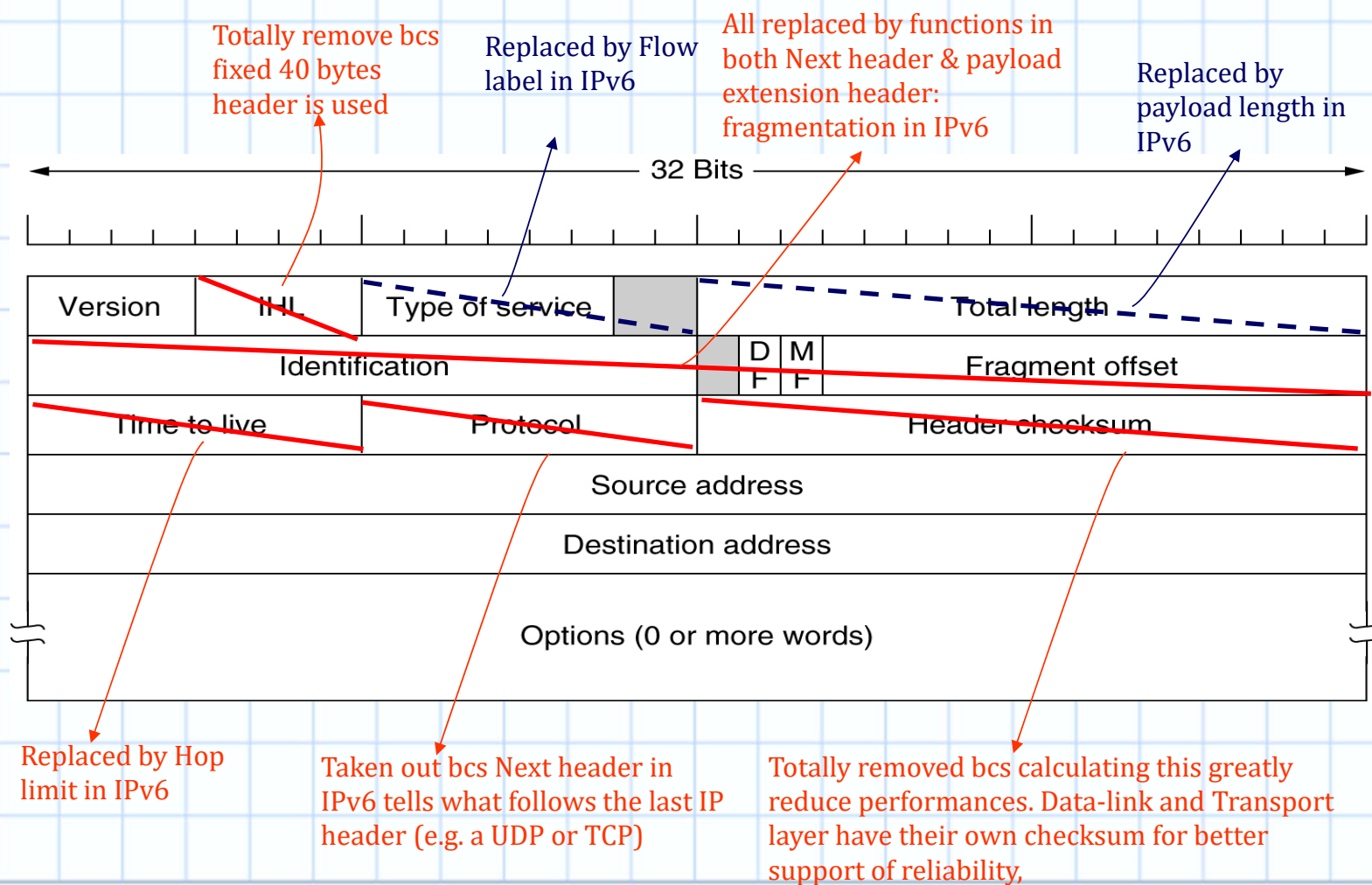
❖ رأس التوسيع الخاص بالتسيير (النموذج 0): ويحوي معلومات تشير إلى ضرورة مرور الرزمة ببعض القد الوسيطة في طريقها إلى وجهتها. ويتم استخدام الجزء الأدنى من هذا الرأس لتسجيل عناوين IP للمسيرات التي يريد المرسل أن تمر رزمته عبرها.



أنواع رؤوس التوسيع

- ❖ رأس التوسيع الخاص بالتجزئة Fragment Extension Header: ويستخدم هذا الرأس لوضع معلومات حول تجزئ الرزم التي لا يستطيع الممر من المرسل إلى المستقبل إمرارها بحجمها الأصلي. وهذه المعلومات تتضمن رقم الجزء ووجود أجزاء أخرى أو عدم وجودها وما إلى ذلك بما يساعد المستقبل من إعادة تشكيل الرزمة الأصلية.
- ❖ رأس التوسيع الخاص بالتوثيق Authentication Extension Header: ويستخدم للتأكد من تكامل المعطيات والتحقق من صحة إرسالها ومعطيات لضمان عدم إمكانية تعديل محتويات الرزم على طول الممر من المرسل إلى المستقبل.
- ❖ رأس التوسيع الخاص بتضمين حماية الحمل الصافي Encapsulating Security Payload Extension Header: ويتضمن معلومات لتمكين إجراء تعمية encryption المعطيات المرسلة. ويجب إن يكون هذا الرأس آخر رأس توسيع يتم تحديده.

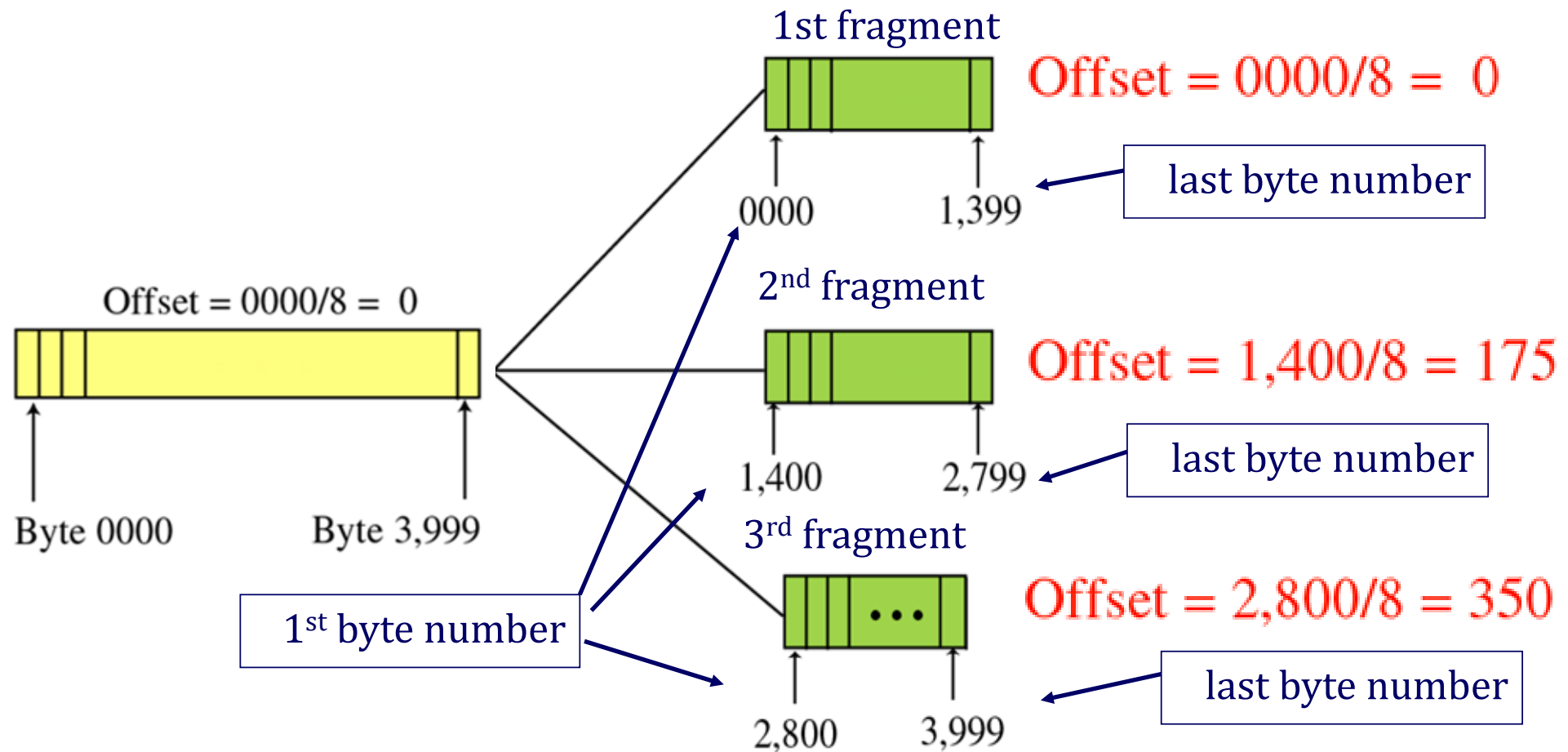
مقارنة بين وحدة معطيات IPv4 و IPv6



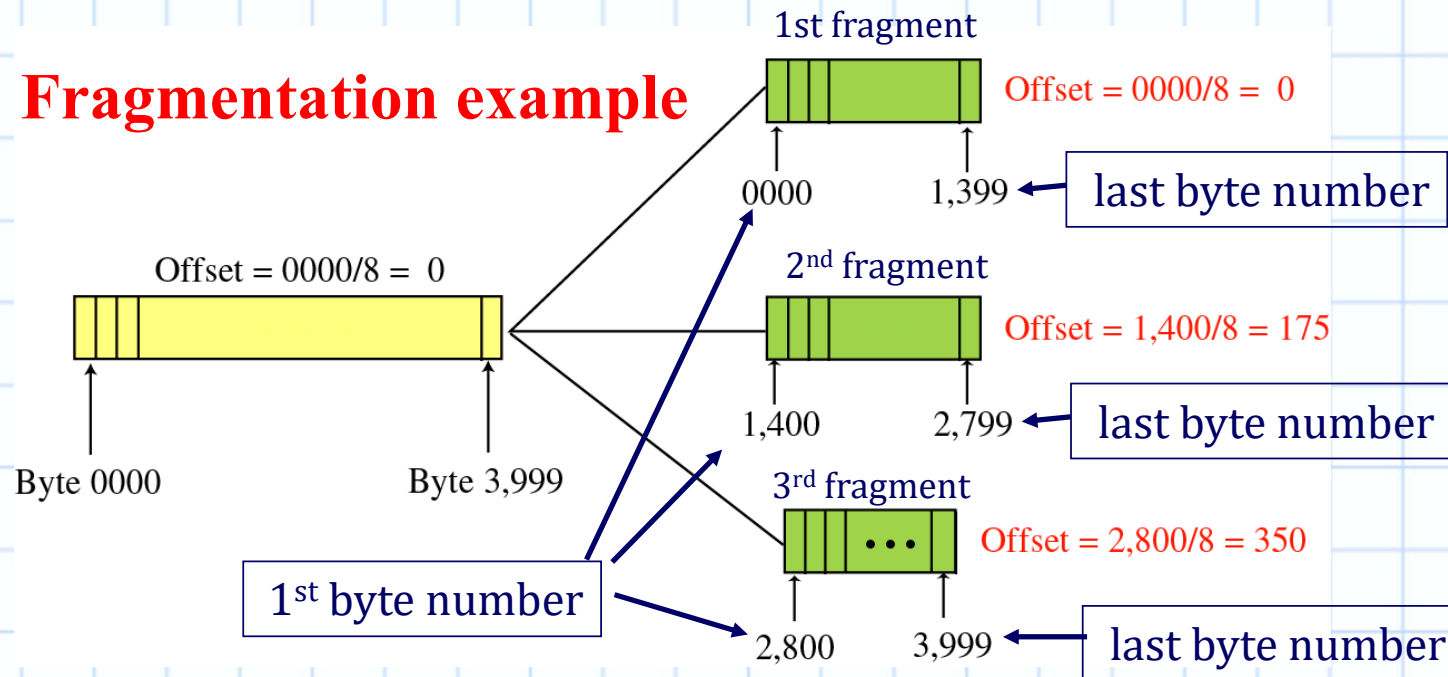
تجزئة وحدات المعطيات (الرمز)

- ❖ عند تشكيل الرزمة في الطرف المرسل يتم تزويدها برقم محدد ID يتم وضعه في الحقل الخاص به.
- ❖ عندما يستقبل المسير هذه الرزمة ويلاحظ أنها أكبر من حجم وحدة المعطيات للوصلة اللاحقة يقوم بتجزئتها إلى أقسام متناسبة مع حجم هذه الوحدة. وكل جزء يحتوي نسخة من رأس الرزمة الأم وتمتلك كل الأجزاء نفس الرقم المحدد ID للرزمة الأم.
- ❖ ويتم وضع 1 في خانة العلم التي تدل على وجود أجزاء أخرى MF باستثناء الجزء الأخير من الرزمة الذي توضع فيه هذه الخانة مساوية لـ 0 بما يدل على عدم انتظار العقدة التي ستستقبل هذه الأجزاء أي أجزاء إضافية تابعة لنفس الرزمة.
- ❖ يتم وضع الرقم الدال على تسلسل الرزم الجزئية حسب موقعها في الرزمة الأصلية في الحقل المخصص في رأس كل جزء.
- ❖ حين استقبال هذه الأجزاء في العقدة النهائية يتم التعرف على الأجزاء المكونة لكل رزمة من خلال الرقم المحدد ID كما يتم ترتيبها وفقاً للرقم الدال على تسلسل الرزم الجزئية.

Fragmentation example



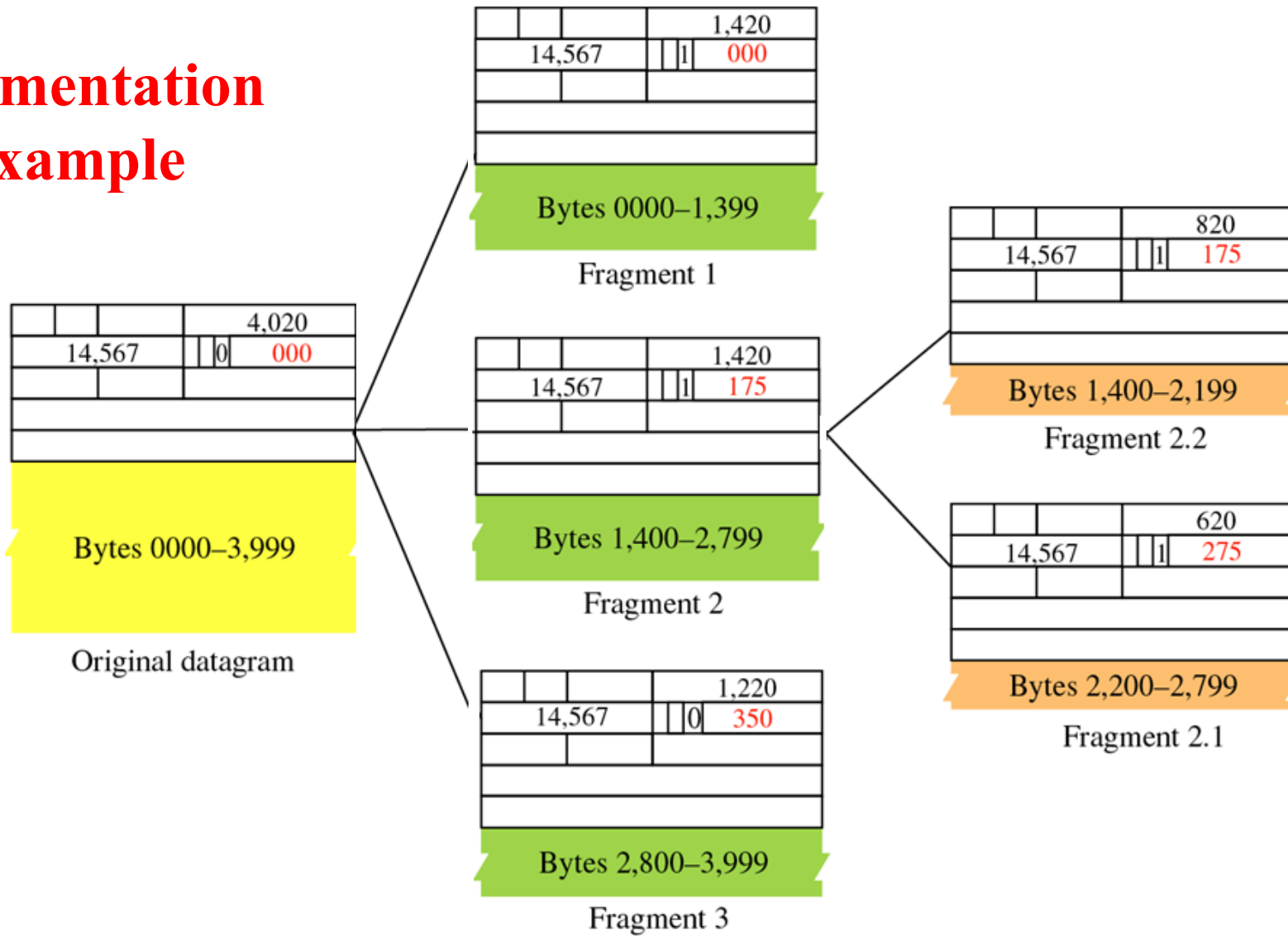
Fragmentation example

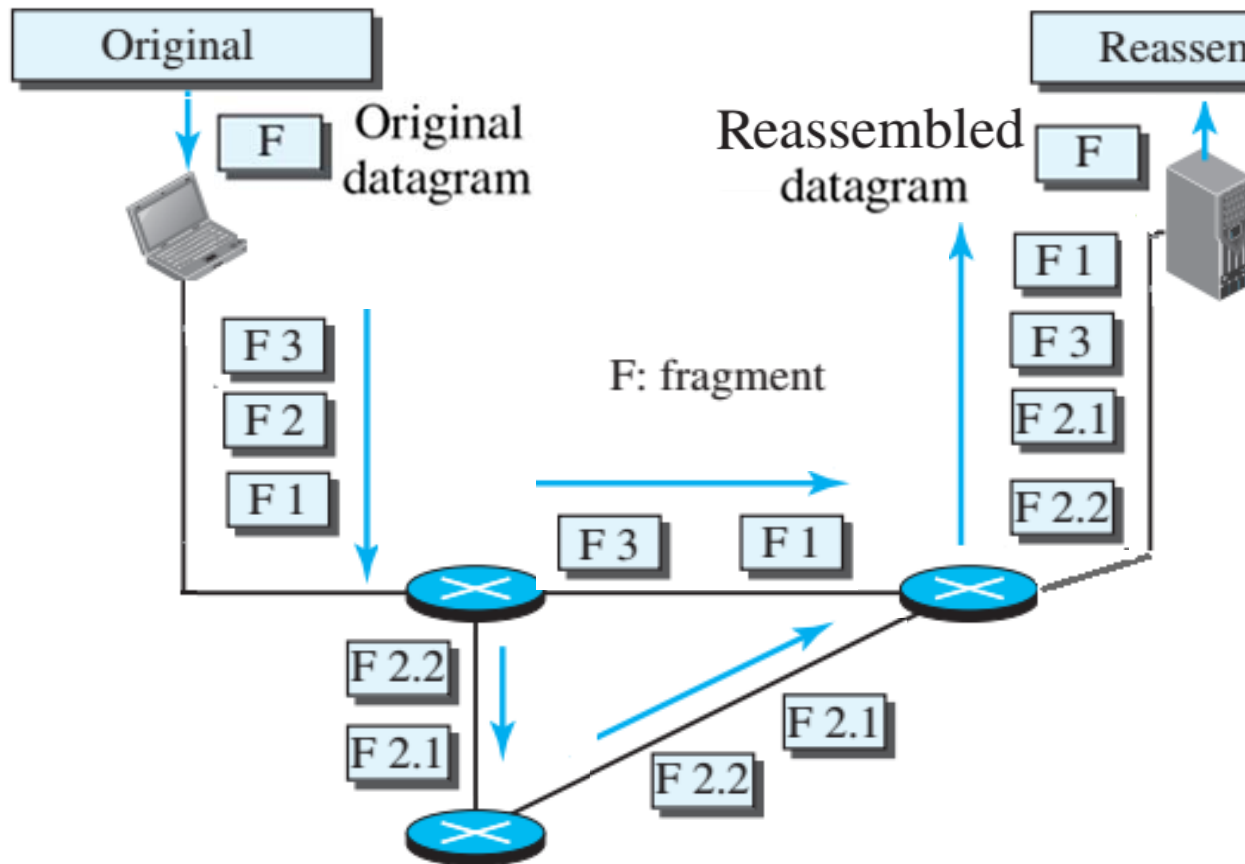


A datagram with a data size of 4000 bytes fragmented into 3 parts. The bytes in the original datagram are numbered 0 to 3999.

The value of offset is measured in units of 8 bytes because the length of the offset field is only 13 bits long cannot represent a sequence more than 8192. ($65536/8 = 2^{13}$). This force the hosts or routers that fragment datagrams to choose the size of each fragment so that the 1st byte number is divisible by 8.

Fragmentation example





When the first fragment arrives, the destination host starts a **timer**. If all the fragments have not arrived when the time expires, the destination discards all the fragments and sends a time-exceeded message to the original sender.