



تمرین برنامه‌نویسی اول^۱

شبکه‌های کامپیوتری

مدرس: مهدی خرازی

بهار ۹۲

اهداف:

- آشنایی با دید شبیه سازی و چارچوب کاربری پرتو (PARTOV)
- آشنایی با سرآیندها و سوکت‌های خام
- آشنایی با مفاهیم ابتدایی گره‌های شبکه (Gateway Tunneling)
- آشنایی با پروتکل اینترنت نسخه‌ی ۴ (IPv4)

۱. مقدمه

یکی از مفاهیم شبکه میحث تونل کردن است. شبکه‌های خصوصی مجازی و دسترسی به منابع و سیستم‌های درونی سازمان از راه دور از کاربردهای این مفهوم است. در این تمرین می‌خواهیم با استفاده از تونل ارتباط بین دو شعبه از یک سازمان در شبکه‌ی داخلی (اینترنت) را برقرار کنیم. با استفاده از فضای آدرس‌دهی خصوصی بر روی پروتکل اینترنت نسخه‌ی ۴ آدرس‌های این شبکه‌ی مجازی اختصاص می‌یابند. می‌توان فرض کرد که یک دروازه‌ی ورود و خروج به شبکه‌ی اینترنت نیز وجود داشته باشد که از ترجمه‌ی آدرس‌های اینترنتی استفاده می‌کند تا کاربران شبکه‌ی داخلی بتوانند به اینترنت دسترسی داشته باشند (این بخش در تمرین وجود ندارد و فقط جهت اطلاع بیان شده است). برای ارتباط دو شعبه کارگزار تونل در دروازه‌ی شبکه‌ی محلی تعبیه می‌شود که وظیفه‌ی آن ایجاد تونل و فرستادن بسته‌ها در تونل و گرفتن بسته‌ها از آن و در اختیار میزبان داخلی مربوط قرار دادن آن است. شما وظیفه‌ی پیاده‌سازی این گره‌ی شبکه را بر عهده دارید (با کمی تفاوت که در قسمت ۴ این سند بیان شده است).

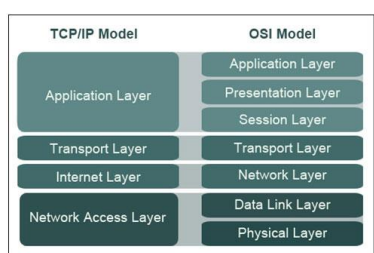
¹ با تشکر از بهنام مومنی، روزبه کتابی، کامیار اللهوردی، روح‌الله شمیرانی و علیرضا رضایی.

۲. آشنایی با پرتو

پرتو سامانه‌ی شبیه‌ساز شبکه‌های کامپیوتری است که در این تمرین مورد استفاده قرار می‌گیرد. کارگزار پرتو یک توپولوژی شبکه و معماری گره‌ها را برنامه‌ریزی می‌کند و کارخواه‌ها، گره‌های خاص را برنامه‌ریزی می‌کنند. بدین ترتیب کارگزار پرتو بسته‌های شبیه‌سازی شده را به کارخواه‌ها می‌رساند و بسته‌های آن‌ها را دریافت کرده و در اختیار گره‌های مجازی قرار می‌دهد. چارچوب کاربری پرتو، کتابخانه و کلاس‌های نرم افزاری از پیش نوشته شده است که نقش شبیه‌سازی دستگاه‌های شبکه را ایفا می‌کند و کاربر با استفاده از آن‌ها و در محیط آن توابع، متدها و دیگر نیازهای برنامه‌نویسی خود را تأمین می‌کند.

در این تمرین، گره‌ی تونل‌کننده به عنوان یک گره‌ی مرزی در این محیط شبیه‌سازی می‌شود. برای آشنایی بیشتر با چارچوب کاربری و نحوه‌ی استفاده از آن به [مستندات مربوط](#) مراجعه کنید.

۳. لایه بندی شبکه و پروتکل ARP



شکل 1- انواع لایه‌بندی شبکه

در مدل پیشنهادی OSI شبکه به 7 لایه تقسیم بندی شده است. در مدل TCP/IP که مدل رایج شبکه‌ی اینترنت است، 2 لایه‌ی پایینی از 7 لایه به لایه‌ی لینک (لایه‌ی اول) در این مدل نگاشت می‌شوند.

پروتکل ARP در میان لایه‌های ۲ و ۳ عمل می‌کند و به نوعی نگاشت میان آدرس اینترنتی و آدرس فیزیکی را بیان می‌کند. تونل‌کردن هم در این تمرین به نوعی در لایه‌ی 3 انجام می‌شود (زیرا میزبان‌ها و محیط خارج از روی آدرس اینترنتی تمیز داده می‌شوند). در این تمرین در گره‌ی مورد نظر باید برای کشف آدرس‌های فیزیکی، پروتکل ARP را پیاده سازی کنید (باقی گره‌ها به طور خودکار پاسخ می‌دهند).

در این تمرین هدف آشنایی با سرآیندهای بسته‌ها در لایه‌های مختلف است. به طور خاص تمرکز بر روی Ethernet (ساده‌شده‌ی استاندارد IEEE 802.3) برای لایه‌ی 2، بسته‌های ARP و IP در لایه‌ی 3 و بسته‌های TCP و UDP در لایه‌ی 4 خواهد بود. برای آشنایی با سرآیندها به پیوست با عنوان توضیحات در مورد سرآیندها مراجعه کنید. شما فقط ملزم به پیاده‌سازی ARP هستید و دیگر ساختارهای مورد نیاز برای کار تحت این پروتکل‌ها به شما داده می‌شود.

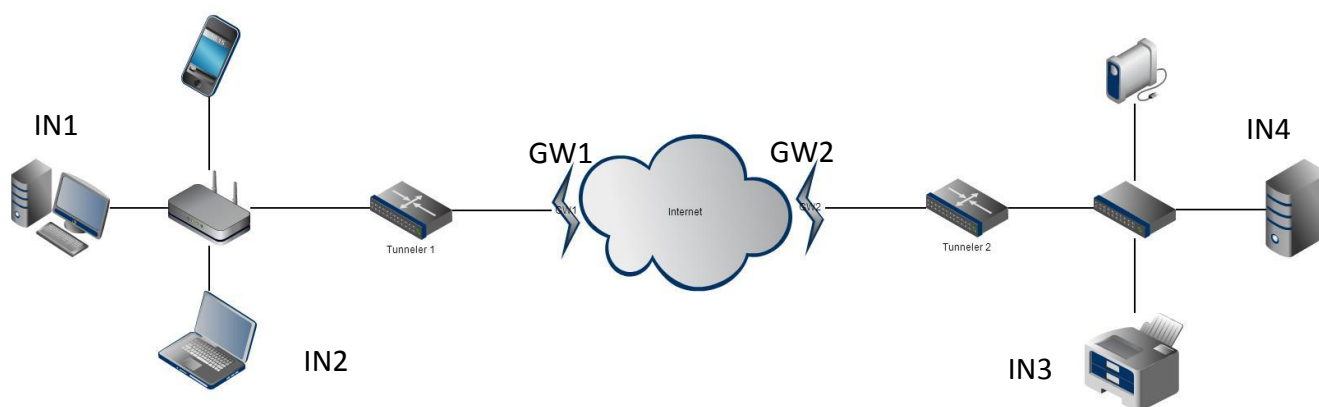
۴. تونل

تونل‌کردن در پروتکل‌های مختلفی کاربرد دارد. همانطور که در مقدمه نیز گفته شد در اینجا قصد داریم دو شبکه را به یکدیگر تونل کنیم که هر کدام مانند یک شعبه از یک شبکه‌ی داخلی بزرگ‌تر هستند و از بستر اینترنت موجود برای ارتباط آن‌ها استفاده می‌کنیم.

ایده‌ی اصلی بدین صورت است که یک بسته‌ی اینترنتی داخل بسته‌ی دیگری قرار می‌گیرد. بسته‌ی داخلی می‌تواند هر پروتکلی باشد و بسته‌ی حامل باید با زیرساخت شبکه سازگار باشد. در اینجا شما ملزم به پیاده‌سازی گره‌ی تونل‌کننده هستید. این گره با دریافت بسته از واسط شبکه‌ی داخلی خود و آدرس اینترنتی داخلی (خصوصی) آن را در یک بسته‌ی دیگر گذاشته و از طریق واسط خارجی خود برای دروازه می‌فرستد. بسته‌ی خارجی دارای آدرس اینترنتی معتبر است. همین طور در هنگام دریافت بسته از آدرس غیرداخلی و بر روی واسط خارجی خود آن را از بسته‌ی بزرگتر استخراج کرده و به سوی مقصد در شبکه‌ی داخلی می‌فرستد. دقت کنید برای هر ارتباطی که احتیاج به آدرس فیزیکی دارید در پروتکل IPv4 از ARP استفاده کنید (این ارتباط می‌تواند از گره‌ی شما به درون شبکه یا به دروازه‌ی خروجی باشد). همچنین می‌توانید فرض کنید هر بسته‌ای که از واسط خارجی به دست شما می‌رسد و از آدرس اینترنتی تونل‌کننده‌ی طرف دیگر است معتبر است و باقی بسته‌ها باید انداخته شوند. لازم به ذکر است که در این تمرین شما گره‌ی دروازه را پیاده‌سازی نمی‌کنید و گره‌ی شما بین دروازه و شبکه‌ی داخلی قرار دارد (در واقعیت این دو گره یکسان هستند که در اینجا برای راحتی کار جداسازی شده‌اند، به توپولوژی نمونه توجه کنید).

دقت کنید هنگامی که بسته‌ی پروتکل اینترنت داخلی در بسته‌ی پروتکل اینترنت قرار می‌گیرد مقدار فیلد نوع لایه‌ی بالایی در بسته‌ی بیرونی برابر ۴ قرار می‌گیرد^۱. هنگامی که از طرف شبکه‌ی داخلی به شما بسته‌ای می‌رسد سرآیندهای آن به ترتیب شامل IP, Ethernet, TCP/UDP و data خواهد بود. هنگامی که این بسته در بسته‌ی دیگری قرار می‌گیرد شامل به ترتیب IP, Ethernet, IP, TCP/UDP (یا هر پروتکل دیگری در این لایه – مثلاً ICMP)، data خواهد بود (دقت کنید پروتکل‌های دیگری برای استفاده از تونل‌ها بر روی UDP و TCP نیز وجود دارند ولی در این تمرین ما فقط از تونل IP in IP encapsulation استفاده می‌کنیم).

۵. توپولوژی نمونه



شکل ۲ – توپولوژی نمونه و ارتباط واسط‌ها

گره‌ای که پیاده‌سازی می‌کنید باید در چنین توپولوژی‌ای به عنوان Tunneler کاربرد داشته باشد. در این تمرین شما یک طرف توپولوژی فوق را پیاده‌سازی می‌کنید و با داشتن آدرس اینترنتی معتبر طرف دیگر به آن متصل می‌شوید. در این صورت خواهید توانست میزبان‌های طرف دیگر را ping کنید (در واقع ارتباط از دید کاربر داخلی شفاف است؛ یعنی کاربر می‌پندارد طرف دیگر در شبکه‌ی داخلی مشترک با او قرار دارد). برای راحتی، میزبان‌های داخلی شبیه‌سازی شده برای شما هر ثانیه یک بسته‌ی ping به میزبان معادل در طرف دیگر (IN1 به IN3 و IN4 به IN2) ارسال می‌کنند. دقت کنید هر اختصاص منابع توسط شبیه‌ساز یک طرف (معادل یک شعبه) را در اختیار شما قرار می‌دهد و شما می‌توانید حداکثر دو نوبت منابع در اختیار بگیرید (بدون آزاد کردن). با توجه به اینکه وجود تعداد کمی گره برای اطمینان از صحت کارکرد تونل کافیهست، هر شبیه‌سازی دو میزبان (IN1 و IN2) در محدوده‌ی شبکه‌ی داخلی را برای شما شبیه‌سازی می‌کند.

^۲ http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_IP_protocol_numbers

۶. نحوه‌ی کارکرد برنامه

برای اجرای برنامه می‌بایست bash script مربوط را اجرا کنید (این اسکریپت برنامه‌ی کامپایل‌شده‌ی شما را با توجه به چارچوب پرتو اجرا می‌کند). فایل‌های tunnel1.sh و tunnel2.sh در اختیار شما قرار خواهد گرفت. آدرس عمومی (واسط متصل به دروازه) تونل‌کننده را می‌توانید از اطلاعاتی که در ابتدای اجرای برنامه چاپ می‌شود به‌دست آورید. **برنامه‌ی شما می‌بایست تمامی بسته‌هایی که به شما می‌رسد و یا از طرف شما ارسال می‌شود را چاپ نماید.** برنامه باید در ابتدای اجرا آدرس معتبر طرف دیگر تونل را از کاربر دریافت کند:

```
./tunnel1.sh
```

```
/* PARTOV related information ... */
```

Waiting for other side tunnel IP:

برای چاپ اطلاعات ابتدا hex dump بسته را چاپ نمایید و سپس در زیر آن را parse کنید. ترتیب چاپ باید به ترتیب قرارگیری سرآیندها باشد. نمایش اطلاعات اصلی شامل آدرس‌ها در پروتکل اینترنتی، MAC آدرس‌ها، هر دو آدرس در پروتکل ARP و واسط دریافتی/خروجی باشد. به عنوان نمونه (اطلاعات صحیح نمی‌باشند و فقط جهت بیان ساختار نمایش نوشته شده‌اند):

| | |
|---|--|
| Packet being sent at interface 0: 01 02 03 04 05 06 ... ff fe fd fc fb fa Ethernet Source: 01:02:03:04:05:06 Destination: ff:ff:ff:ff:ff:ff ARP Request Who has 192.168.1.2? tell 192.168.1.1 | Packet arrived at interface 1: 01 02 03 04 05 06 ... ff fe fd fc fb fa Ethernet Source: 01:02:03:04:05:06 Destination: 01:02:03:04:05:07 IP Source: 10.10.1.11 Destination: 10.10.1.12 IP Source: 192.168.2.2 Destination: 192.168.1.2 ICMP |
|---|--|

اطلاعات دلخواه به ساختار زیر در قالب یک رشته (string) توسط پرتو به شما داده می‌شود:

Custom information³:

<Subnet-IP>

<Subnet-mask>

<GW-IP>

Example:

192.168.1.0

255.255.255.0

192.168.1.4

³ اطلاعات دلخواه. این اطلاعات با استفاده از چارچوب کاربری پرتو، با استفاده از متد `getCutomInformation()` قابل دسترسی است.

۷. توصیه‌ها

نکات زیر در انجام هر چه بهتر این تمرین به شما کمک می‌کند (الزامی در رعایت آن نیست):

- ۱- ابزارهای مورد نیاز خود را در کنار فایل سرآیندها که به شما داده می‌شود تهیه کنید. این ابزارها شامل تابع‌ها، کلاس‌ها، ساختارها و ماکروهای مورد نیاز برای کار بر روی بسته‌های شبکه و قابلیت نمایش اطلاعات به صورت قابل فهم برای انسان است.
- ۲- تا جای ممکن تعداد ریشه‌ها در برنامه خود را کم نگه دارید. در زمینه‌ی همگام سازی نهایت تلاش خود را انجام دهید.
- ۳- دقت کنید بسته‌هایی که در محیط شبیه‌ساز دریافت می‌کنید مال شما نیستند!^۴ هم چنین به `copy` و `constructor` توجه کنید تا از مشکلات مربوط به کار با حافظه تا جای ممکن به دور باشید.
- ۴- در هنگام استفاده از داده‌ساختارها و کتابخانه‌های زبان `C++` به ویژه `STL`، بسیار دقت کنید. در مورد چگونگی کارکرد آن‌ها اطمینان حاصل کنید و از ساختارهای پیچیده تا جای ممکن پرهیز کنید (اگر چندین نمونه شی را با استفاده از `template` به صورت تودرتو استفاده می‌کنید حتما دقت کنید و گرنه با مشکلات زیادی روبه‌رو خواهید شد).
- ۵- به نظم نمایش اعداد توجه کنید (`Byte Endianness`). هنگامی که در محیط شبکه داده ارسال می‌کنید از نظم بایتی شبکه و هنگامی که در میزبان (یا گره‌ی تونل‌کننده) در حال پردازش هستید از نظم بایتی میزبان استفاده کنید.
- ۶- روند زیر برای پیاده‌سازی توصیه می‌شود (در هر مرحله از صحت مرحله‌ی قبل اطمینان حاصل کنید):
تهیه‌ی ابزارها < شناسایی ورودی و مقدمات و ایجاد داده ساختارها < `ARP` < `Checksum` < `Tunnel`

۸. نکات ضروری

- در صورتی که هر مشکل یا پرسشی داشتید که فکر می‌کنید پاسخ آن برای همه مفید خواهد بود، آن را به گروه پستی درس ارسال کنید. در صورتی که می‌خواهید بصورت خصوصی سوال خود را مطرح کنید به roozbehketabi@gmail.com پست الکترونیکی ارسال کنید.
- از فرستادن جواب تمرین به گروه پستی خودداری کنید.
- فرستادن کل یا قسمتی از برنامه‌تان برای افراد دیگر، یا استفاده از کل یا قسمتی از برنامه‌ی فرد دیگری به نام خود، تقلب محسوب می‌شود. دقت کنید کپی‌برداری با ذکر منبع و مرجع (اینترنتی و یا فردی دیگر) نیز کماکان تقلب محسوب می‌شود.
- پس از اتمام کارتان لازم است که پوشه‌ی `user` را به همراه `Makefile` فشرده کرده و بر روی سایت زیر `upload` کنید.
<http://partov.sharif.edu/>

^۴ در متد `processFrame()` یک `frame` به شما داده شده که برای دریافت همه‌ی بسته‌ها به صورت مشترک مورد استفاده است. در صورتی که نیاز به نگهداری بسته دارید آن را کپی کنید و در حافظه‌ای که خود در اختیار دارید قرار دهید.

Headers

پیوست (توضیحات در مورد سرآیندها)

Ethernet Frame

| Preamble | Start of frame delimiter | MAC destination | MAC source | 802.1Q tag (optional) | Ethertype (Ethernet II) or length (IEEE 802.3) | Payload | Frame check sequence (32-bit CRC) | Interframe gap |
|----------------|--------------------------|-----------------|------------|-----------------------|--|-------------------------------------|-----------------------------------|----------------|
| 7 octets | 1 octet | 6 octets | 6 octets | (4 octets) | 2 octets | 42 ^(note 2) –1500 octets | 4 octets | 12 octets |
| 64–1522 octets | | | | | | | | |
| 72–1530 octets | | | | | | | | |
| 84–1542 octets | | | | | | | | |

شکل فوق بیانگر نحوه‌ی قرارگیری سرآیند و اطلاعات از دید Ethernet است.

تنها سه فیلد زیر (به صورت پشت سر هم) به محیط کاربری داده می شود:

| بیت ها | نام | توضیحات |
|--------|-------------|----------------------------|
| 0-47 | DST ADDRESS | MAC آدرس مقصد (گره‌ی بعدی) |
| 48-95 | SRC ADDRESS | MAC آدرس مبدا (گره‌ی فعلی) |
| 96-111 | ETHERTYPE | نوع پروتکل لایه‌ی بالاتر |

IP

نسخه‌ی ۴ پروتکل اینترنت مورد استفاده است.

| IPv4 Header Format | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|-------|------------------------|---|---|---|-----|---|---|---|----------|---|----|----|-----|----|----|----|-----------------|----|----|----|-----------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Offsets | Octet | 0 | | | | | | | | 1 | | | | | | | | 2 | | | | | | | | 3 | | | | | | | |
| Octet | Bit | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
| 0 | 0 | Version | | | | IHL | | | | DSCP | | | | ECN | | | | Total Length | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 32 | Identification | | | | | | | | | | | | | | | | Flags | | | | Fragment Offset | | | | | | | | | | | |
| 8 | 64 | Time To Live | | | | | | | | Protocol | | | | | | | | Header Checksum | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 96 | Source IP Address | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | 128 | Destination IP Address | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | 160 | Options (if IHL > 5) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

برای آشنایی با نحوه‌ی محاسبه‌ی فیلد Checksum به آدرس زیر مراجعه کنید:

http://en.wikipedia.org/wiki/IPv4_header_checksum

برای اطلاع بیشتر از سرآیند این پروتکل به آدرس زیر مراجعه کنید:

http://en.wikipedia.org/wiki/IPv4#Packet_structure

ARP

| Internet Protocol (IPv4) over Ethernet ARP packet | | |
|---|---|--------------------------------|
| bit offset | 0 – 7 | 8 – 15 |
| 0 | Hardware type (HTYPE) | |
| 16 | Protocol type (PTYPE) | |
| 32 | Hardware address length (HLEN) | Protocol address length (PLEN) |
| 48 | Operation (OPER) | |
| 64 | Sender hardware address (SHA) (first 16 bits) | |
| 80 | (next 16 bits) | |
| 96 | (last 16 bits) | |
| 112 | Sender protocol address (SPA) (first 16 bits) | |
| 128 | (last 16 bits) | |
| 144 | Target hardware address (THA) (first 16 bits) | |
| 160 | (next 16 bits) | |
| 176 | (last 16 bits) | |
| 192 | Target protocol address (TPA) (first 16 bits) | |
| 208 | (last 16 bits) | |

برای ارسال بسته‌ها، لازم است که آدرس MAC برای گرهی مقصد را در اختیار داشته باشید (در سرآیند Ethernet باید آدرس MAC گرهی «بعدی» قرار گیرد؛ این در حالی است که در سرآیند IP آدرس فرستنده و گیرنده قرار دارد). در صورتی که مقصد بسته شبکه‌ی بیرونی است، این آدرس MAC، آدرس Gateway خواهد بود. برای اینکه بتوانیم از روی IP مقصد، آدرس MAC مقصد را بدست آوریم، از پروتکل ARP کمک می‌گیریم. در این پروتکل با داشتن یک آدرس IP می‌توانیم آدرس MAC هدف را بدست آوریم.

در این تمرین، برای بدست آوردن آدرس‌های MAC باید پروتکل ARP را پیاده‌سازی کنید. می‌توانید برای سادگی یک جدول از زوج‌های IP/MAC نگهداری نمایید و برای هر آدرس IP تنها یک‌بار از پروتکل ARP استفاده کنید.

پروتکل ARP مبتنی بر یک سیستم پیام ساده است که هر پیام شامل درخواست یا پاسخ به یک درخواست می‌باشد. اندازه‌ی بسته‌ی ARP وابسته به اندازه‌ی آدرس‌های لایه‌ی پایین‌تر (مثلاً Ethernet) و لایه‌ی بالاتر (مثلاً IPv4) است. سرآیند ARP نوع این لایه‌ها و اندازه‌ی آدرس‌ها را در خود مشخص می‌کند. همچنین یک کد Operation در قسمت سرآیند قرار دارد که مشخص می‌کند بسته درخواست است یا پاسخ به درخواست.

فرمت کلی بسته‌های ARP در جدول زیر آمده است:

| بیت‌ها | نام | توضیحات |
|-----------|-------|---|
| 0 – 15 | HTYPE | این فیلد نوع پروتکل لایه‌ی پایین‌تر را مشخص می‌کند. برای نمونه در Ethernet این مقدار برابر با 1 است. |
| 16 – 31 | PTYPE | نوع پروتکل لایه‌ی بالاتر توسط این بخش مشخص می‌شود. برای IPv4 این مقدار برابر 0x8000 خواهد بود. |
| 32 – 39 | HLEN | طول آدرس لایه‌ی پایین‌تر (آدرس سخت‌افزار) را به بابت مشخص می‌کند. برای نمونه در Ethernet این مقدار برابر با 6 است. |
| 40 – 47 | PLEN | طول آدرس لایه‌ی بالاتر (که نوع آن را PTYPE معین کرده است). برای نمونه در IPv4 این مقدار 4 است. |
| 48 – 63 | OPER | نوع عملیات؛ مقدار 1 برای درخواست و 2 برای پاسخ آن. |
| 64 – 111 | SHA | آدرس سخت‌افزاری (برای نمونه آدرس MAC برای Ethernet) فرستنده. |
| 112 – 143 | SPA | آدرس لایه‌ی بالاتر فرستنده. |
| 144 – 191 | THA | آدرس سخت‌افزاری گیرنده. برای درخواست مقدار این فیلد اهمیتی ندارد (بهتر است صفر در نظر گرفته شود). |
| 192 – 224 | TPA | آدرس لایه‌ی بالاتر فرستنده. برای درخواست، مقدار این فیلد را برابر آدرسی قرار می‌دهیم که می‌خواهیم MAC آن را به دست آوریم. |

دقت کنید که بسته‌ی درخواست باید در شبکه Broadcast شود؛ به این منظور باید MAC address مقصد برابر با ff:ff:ff:ff:ff:ff قرار داده شود.

برای آشنایی بیشتر به آدرس‌های زیر مراجعه کنید:

http://en.wikipedia.org/wiki/Address_Resolution_Protocol

<http://lostintransit.se/2010/07/30/arp-address-resolution-protocol/>

TCP & UDP

| TCP Header | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|-------|------------------------------------|-------------------|---|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------------|----|----|----|------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Offsets | Octet | 0 | | | | | | | | 1 | | | | | | | | 2 | | | | | | | | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Octet | Bit | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | Source port | | | | | | | | | | | | | | | | Destination port | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 32 | Sequence number | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 64 | Acknowledgment number (if ACK set) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 96 | Data offset | Reserved 0 0 0 | | | N S | C R | E G | U K | A H | P T | R N | S I | Window Size | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Offset (bits) | Field |
|---------------|-------------------------|
| 0 | Source Port Number |
| 16 | Destination Port Number |
| 32 | Length |
| 48 | Checksum |
| 64+ | Data ⋮ |

UDP فقط شماره‌ی پورت مقصد و طول بسته را مشخص می‌کند. فیلد Checksum و پورت Source در UDP اختیاری است.

این سرآیندها را در ویکیپدیا به دقت بررسی کنید:

http://en.wikipedia.org/wiki/User_Datagram_Protocol#Packet_structure

http://en.wikipedia.org/wiki/Transmission_Control_Protocol#TCP_segment_structure