تمرین دو | مهلت ارسال: ساعت ۲۴ یکشنبه ۲۰ فروردین ۱۴۰۲

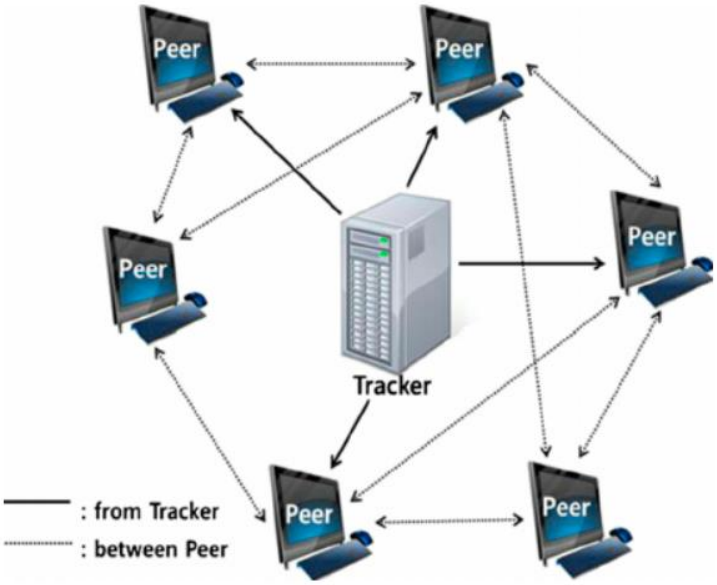
نام مسئله: شبکه تورنت (Torrent)

در این تمرین قصد داریم با استفاده از برقراری اتصالات TCP و UDP شبکه‌ای مشابه با شبکه تورنت ایجاد کنیم.

تورنت چیست؟

تورنت یک پروتکل به اشتراک‌گذاری فایل به صورت peer-to-peer و غیرمتمرکز است. در این پروتکل به هر سیستمی که وارد شبکه شود و بخواهد فایلی دانلود کند یا آپلود کند، به طور کلی یک peer گفته می‌شود.

همچنین سرورهای متمرکزی به اسم tracker وجود دارند که کار آن‌ها نگه داشتن یک سری اطلاعات است. مثلا این اطلاعات، شامل این است که هر peer در شبکه، چه قسمت‌هایی از کدام فایل‌ها را دارد.



به صورت خلاصه این شبکه بدین صورت کار می‌کند که زمانی که یک peer، فایلی را از بقیه دانلود می‌کند، خودش تبدیل به یک آپلودکننده (seeder) برای آن فایل می‌شود و می‌تواند همان فایل را با بقیه به اشتراک بگذارد. بدین صورت تعداد seederهای یک فایل به صورت غیر متمرکز زیاد می‌شود.

برای درک نحوه‌ی کارکرد تورنت فرض کنید که می‌خواهیم فایلی را با بقیه در شبکه‌ی تورنت به اشتراک بگذاریم. فرض کنید که کامپیوتر A می‌خواهد فایل F را در شبکه‌ی تورنت به اشتراک بگذارد. در ابتدا A فایل F را به بخش‌های دو مگابایتی می‌شکند؛ به هر کدام از این بخش‌ها، یک chunk گفته می‌شود. سپس به tracker اعلام می‌کند که تمامی chunkهای فایل F را در اختیار دارد و اگر کسی این فایل را درخواست کرد، tracker او را به A وصل کند. در واقعیت فایل‌ها به کمک checksum آن‌ها از هم متمایز می‌شوند ولی در این تمرین برای سادگی صرفا بر اساس نام فایل، فایل‌ها از هم تفکیک می‌شوند.

حال فرض کنید که کامپیوتر B بخواهد فایل F را دانلود کند. در ابتدا B از tracker می‌خواهد که لیست کامپیوترها و chunkهایی از فایل که هر کدام از کامپیوترها دارند را برای او ارسال کند. با این کار tracker مشخصات کامپیوتر A را برای B می‌فرستد و همچنین مشخص می‌کند که A تمام chunkهای فایل را دارد. سپس B مستقیما به A درخواستی حاوی پیام «یکی از chunkهای فایل را برای من ارسال کن» می‌فرستد. بعد از دریافت کامل chunk، کامپیوتر B به tracker اعلام می‌کند که حال من نیز این chunk فایل را دارم. با این کار در صورتی که یک کامپیوتر دیگر مثلا C از tracker درخواست این chunk از فایل را بدهد، tracker به او اعلام می‌کند که کامپیوترهای A و B این chunk را در اختیار دارند. با این کار کلاینت‌های جدید، به مرور انتخاب‌های بیشتری برای دانلود فایل دارند.

صورت تمرین:

در این تمرین، ما قصد داریم که شبکه‌ی تورنت را به صورت ساده شده پیاده‌سازی کنیم. در این شبکه لازم است که **حداقل سه peer** و **حداقل یک tracker** داشته باشیم. (در صورت تمایل می‌توانید تعداد peerها و trackerها را بیشتر نیز کنید اما این کار اجباری نیست و صرفا حداقل تعداد گفته شده باید رعایت شده باشد.

تنها tracker می‌داند هر فایل در کدام peerها دانلود شده به صورت کامل قرار دارند و هنگامی که یک فایل بخصوص درخواست شود، باید اطلاعاتی همچون سایز فایل و لیست peerهایی که فایل را به صورت کامل دارند برای درخواست‌کننده فرستاده شود. سپس درخواست‌کننده، با توجه به جواب tracker یکی از peerهایی که آن فایل را در اختیار دارد به صورت تصادفی انتخاب می‌کند و درخواست دانلود برای او ارسال می‌کند.

در انتها peer درخواست‌دهنده، بعد از دانلود فایل، به حالت seed می‌رود. یعنی برنامه همچنان باز می‌ماند و در صورت نیاز، بقیه‌ی peerها می‌توانند از او درخواست فایل را بکنند.

همچنین، tracker باید لاگ فایل‌های آپلود و دانلود شده را به همراه کسی که آن را آپلود/دانلود کرده است، داشته باشد.

برنامه‌هایی که باید پیاده‌سازی کنید:

برنامه Tracker:

این برنامه همان طور که گفته شد وظیفه‌ی نگه‌داری اطلاعات فایل‌ها و peerها را دارد. این برنامه باید به صورت زیر قابل اجرا باشد:

```
tracker.exe <IP:PORT>
```

به عنوان مثال

```
tracker.exe 127.0.0.1:6771
```

اجرای برنامه به صورت فوق باید باعث شود که tracker بر روی پورت ۶۷۷۱ UDP گوش بایستد و درخواست‌ها را پاسخ دهد. (به صورت local.)

برنامه peer:

ابتدا توجه کنید که برای تمایز peerها از یک دیگر، هر peer باید یک اسم یا مثلا id داشته باشد. در دنیای واقعی، کلاینت‌های BitTorrent امکان دانلود کردن و به اشتراک گذاری چندین فایل را به صورت همزمان می‌دهند. اما برای سادگی در این تمرین فرض می‌کنیم که برنامه‌ی peer تنها در یکی از دو حالت share یا get شروع به کار می‌کند.

حالت share:

در این حالت می‌خواهیم که از روی کامپیوتر خود فایلی را در شبکه‌ی تورنت به اشتراک بگذاریم. همان طور که گفته شد فایل‌ها به اسمشان در شبکه شناخته می‌شوند. فرض کنید که فایلی با اسم تکراری به شبکه داده نمی‌شود.

یک نمونه از آرگومان‌های پیشنهادی برنامه به صورت زیر می‌باشد:

```
peer.exe share <FILENAME> <TRACKER_ADDRESS> <LISTEN_ADDRESS>
```

به عنوان مثال

```
peer.exe share myfile.txt 127.0.0.1:6771 127.0.0.1:52611
```

فایل myfile.txt را در شبکه‌ی تورنت که tracker آن در آدرس ۱۲۷,۰,۰,۱:۶۷۷۱ قرار دارد به اشتراک می‌گذارد. همچنین درصورتی که کسی بخواهد این فایل را دریافت کند می‌تواند از آدرس ۱۲۷,۰,۰,۱:۵۲۶۱۱ به این peer متصل شود و درخواست فایل را بکند.

حالت get:

در این حالت ما می‌خواهیم که فایلی را از شبکه دریافت کنیم. در ابتدا باید peer ما از tracker بخواهد که اطلاعات فایل را برایش بفرستد. سپس یکی از peerها که این فایل را دارد را به صورت تصادفی (random) انتخاب کند و درخواست فایل را از او بکند.

آرگومان‌های پیشنهادی ما برای این حالت دقیقا به صورت حالت share است، ولی صرفا به جای share از get استفاده می‌کنیم. به عنوان مثال

```
peer.exe get myfile.txt 127.0.0.1:6771 127.0.0.1:52612
```

با استفاده از این دستور ما از tracker با آدرس ۱۲۷,۰,۰,۱:۶۷۷۱ می‌خواهیم که اطلاعات فایل myfile.txt را برای ما بفرستد.

نکته‌ای که باید در اینجا دقت کنید این است که برخلاف یک دانلود عادی از سایت، زمانی که دانلود تمام می‌شود برنامه نباید تمام شود؛ بلکه تبدیل به یک seeder شود. بدین معنا که چیزی دانلود نمی‌شود بلکه صرفا آپلود صورت می‌گیرد.

لاگ سیستم

با هر درخواستی که از یک peer برای tracker ارسال می‌شود، نام آن peer، درخواست آن، peerهایی که آن فایل را در اختیار دارند و در نهایت موفق بودن یا نبودن در گرفتن فایل در tracker ثبت می‌شود که با زدن دستور request logs در خط فرمان tracker نشان داده می‌شوند.

همچنین هر فایلی که در شبکه منتشر می‌شود یک لاگ برای tracker ثبت می‌کند که در صورت زدن دستور file_logs - all در خط فرمان tracker، کلیه این لاگ‌ها نمایش داده می‌شود (که هر قسمت از کدام فایل در دست کدام peerها است) و در صورت زدن

```
>file_logs> file_name
```

در خط فرمان tracker، لاگ‌های مربوط به یک فایل نمایش داده می‌شوند که در صورت عدم وجود فایل، باید یک پیام خطای مناسب نمایش داده شود.

در برنامه peer نیز باید لاگ تمامی پاسخ های آمده از طرف سرور جهت گرفتن یک قسمت از فایل ثبت شود که با دستور request logs در خط فرمان peer نمایش داده می‌شوند.

هنگام وصل شدن هر peer به tracker نیز، یک لاگ اتصال حاوی نام یا آی‌دی peer در برنامه tracker نمایش داده می‌شود. هنگام اتصال و قطع شدن peer از tracker نیز باید لیست فایل‌های مربوط به آن peer اپدیت شود و نیز یک لاگ قطع شدن حاوی نام یا آی‌دی peer در برنامه tracker نمایش داده می‌شود.

نکات پیاده‌سازی

- بین tracker و هر peer حتما از یک سازوکار keep alive یا ping-pong یا heartbeat استفاده کنید. این سازوکار به tracker کمک می‌کند تا متوجه شود کدام peer ها هنوز در شبکه هستند. (فرض کنید که یکی از peer ها که حاوی فایلی باشد، از شبکه خارج شود. در این صورت اگر peer دیگری درخواست آن فایل را برای tracker ارسال کند، چون از peer حاوی آن فایل از شبکه خارج شده نمی‌تواند به این درخواست پاسخ دهد و peer درخواست دهنده معطل می‌ماند!) این سازوکار می‌تواند به سادگی صرفا مشابه فرستادن یک بسته خاص در بازه‌های زمانی مشخص برای tracker باشد. در صورتی که بعد از مدتی معین، tracker به نتیجه رسید که آن peer از شبکه خارج شده، باید اسم او را از لیست فایل‌هایی که آن peer دارنده آنها بوده، پاک کند، تا دیگر آن را به کسی ندهد.
- ارتباط بین tracker و peer باید به صورت UDP و ارتباط بین peerها باید به صورت TCP باشد.
- پروتکل ارتباطی بین تمام برنامه‌ها به عهده‌ی خودتان است.
- لازم نیست که برخلاف شبکه‌ی واقعی تورنت فایل‌ها را chunk chunk کنید.
- دقت کنید که فایل‌ها نباید از طریق tracker دانلود شوند! بلکه tracker صرفا باید آدرس IP و شماره پورت peerهایی را برگرداند که فایل درخواست‌شده را دارند.
- تمام برنامه‌ها باید به صورت multi threaded پیاده‌سازی شوند. به عنوان مثال tracker می‌تواند همزمان جواب چندین نفر را دهد یا اینکه فایل می‌تواند برای همزمان برای چند نفر آپلود شود.
- منظور از خط فرمان (command prompt) همان محیط کنسول در IDE است. در واقع خود tracker یا peer، یک shell ساده تعریف می‌کنند.
- دقت کنید که برنامه tracker و برنامه peer، باید مستقل از هم پیاده‌سازی شده باشند و هرکدام را جداگانه اجرا کنیم.
- شما فقط مجاز به استفاده از زبان های برنامه‌نویسی جاوا یا پایتون هستید.
- در دستورات بالا نوشته شده بود که با اجرای دستور tracker.exe برنامه شما اجرا شود. دقت کنید که این صرفا یک ساختار نوشتاری است و نیازی نیست برنامه شما به فرمت .exe خروجی گرفته شده باشد!