

• سوال 1

الف) در روش non-persistent HTTP بدون اتصالات موازی برای هر شیء یک اتصال TCP جدید ایجاد می‌شود. برای هر یک از فایل‌ها (فایل HTML و تصاویر): برای برقراری اتصال TCP یک RTT - ارسال درخواست HTTP و دریافت پاسخ یک RTT. پس برای هر شیء 2RTT زمان لازم است. تعداد کل شیء‌ها برای این پیچ 6 تا است (یک فایل HTML و 5 تصویر). پس زمان کل برابر 12RTT است.

ب) هنوز برای هر فایل که تعدادشان 6 تا است یک اتصال جدید لازم است. از آنجا که حداکثر 3 اتصال موازی داریم در مرحله اول سه اتصال همزمان برقرار می‌شود که زمان اتصال هر کدام با توجه به توضیح بخش الف 2RTT است. از آنجا که اتصالات موازی هستند زمان اجرای مرحله اول شامل بارگذاری سه فایل اول 2RTT است. به طور مشابه در مرحله دوم سه اتصال موازی برای بارگذاری سه فایل دیگر انجام می‌شود که مدت این مرحله هم 2RTT است. پس زمان کل بارگذاری این پیچ 4RTT است.

ج) در حالت persistent HTTP یک اتصال TCP برقرار می‌شود برای همه درخواست‌ها همان اتصال دویاره استفاده می‌شود. ولی درخواست‌ها به طور متواتی ارسال می‌شوند. اول یک TCP handshake برای اتصال اولیه انجام می‌شود که زمانش 1RTT است. برای درخواست فایل HTML و دریافت اولین پاسخ 1RTT زمان لازم است. برای هر یک از تصاویر هم شامل درخواست تصویر و دریافت پاسخ 1RTT زمان لازم است. پس زمان کلی شامل عمل‌های برقراری اتصال اولیه و بارگذاری فایل HTML و پنج تصویر 7RTT است.

• سوال 2

الف) در circuit switching اگر برای هر کاربر یک circuit ثابت رزرو کنیم، حداکثر تعداد کاربران همزمان قابل پشتیبانی برابر است با: $20 = \left\lfloor \frac{3000 \text{ kbps}}{150 \text{ kbs}} \right\rfloor$ یعنی حداکثر 20 کاربر می‌توانند همزمان سرویس بگیرند. اگر بیش از 20 کاربر بخواهند همزمان فعال شوند درخواست‌های اضافی مسدود (blocked) می‌شوند.

ب) در حالت packet switching همه کاربران مشترک از لینک استفاده می‌کنند. احتمال اینکه یک کاربر خاص در حال ارسال باشد برابر $p = 0.1$ است.

ج) تعداد کاربران در حال ارسال یک متغیر تصادفی مانند X است که هر کاربر به طور مستقل با احتمال $p = 0.1$ در حال ارسال است. داریم:

$$X \sim \text{Binomial}(p = 0.1, n = 120) \quad P(X = n) = \binom{120}{n} (0.1)^n 0.9^{120-n}$$

(د)

$$P(X \geq 21) = \sum_{i=21}^{120} \binom{120}{i} (0.1)^i 0.9^{120-i} \approx 0.008$$

• سوال 3

تعداد کل بسته ها برابر $N = F/S$ است و زمان انتقال بسته اول برابر $3 \frac{L}{R} = 3 \frac{S+80}{R}$ زیرا بسته اول از سه لینک عبور می کند. بسته های بعدی برای مثال بسته دوم به محض عبور بسته اول از لینک سوم در لینک دوم قرار دارد و زمانی که برای انتقال این بسته درنظر می گیریم برابر $\frac{S+80}{R}$ وقتی این زمان میگذرد بسته سوم در لینک دوم قرار می گیرد و دوباره همین زمان باید طی شود. به طور مشابه بسته های دیگر. پس تابعی که میخواهیم آن را مینیم کنیم برابر:

$$T(s) = \frac{S+80}{R}(3) + \frac{S+80}{R}(N-1) = (N+2) \frac{S+80}{R} = \left(\frac{F}{S} + 2\right) \frac{S+80}{R}$$

$$\frac{dT}{ds} = \left(\frac{-F}{s^2}\right) \frac{S+80}{R} + \left(\frac{1}{R}\right) \left(\frac{F}{S} + 2\right) = 0$$

$$(-F)(s+80) + (Fs + 2s^2) = 0 \quad 2s^2 = 80F \quad s = \sqrt{40F}$$

• سوال 4

Latency: یعنی مدت زمانی که طول می کشد یک بیت یا بسته از فرستنده به گیرنده بررسی معمولا شامل تأخیر پردازش (processing delay)، تأخیر صف بندی (queuing delay)، تأخیر انتقال (transmission delay) و تأخیر انتشار (propagation delay) می شود.

Throughput: یعنی سرعت واقعی تحویل داده ها در یک بازه زمانی. مثلا 100Mbps یعنی 100 میلیون بیت بر ثانیه. برای مثال در یک تماس تصویری زنده latency مهم تر از throughput است زیرا حجم داده در لحظه زیاد نیست و اگر latency زیاد باشد مکالمه با تأخیر جواب داده می شود، افراد روی هم حرف میزنند و مکالمه غیرطبیعی و اذیت کننده می شود. دانلود یک فایل بزرگ هم مثالی از موقعیتی است که latency مهم تر از throughput است چرا که برای مثال برای مان مهم نیست که دانلود با تاخیر 200ms یا 400ms تمام شود ولی مهم است برای مان که سرعت دانلود چقدر باشد که زود تر تمام شد.

• سوال 5 •

فرایند جستجوی DNS این طور عمل می‌کند که وقتی کاربر یک نام دامنه را در مرورگر وارد می‌کند، سیستم ابتدا کشِ مرورگر و سپس کشِ سیستم‌عامل و فایل hosts را بررسی می‌کند. اگر IP یافت نشود، درخواست به DNS resolver (معمولًاً DNS مودم یا ISP) ارسال می‌شود. ابتدا کش خودش را چک می‌کند و اگر جواب نداشت، جستجوی سلسله‌مراتبی را آغاز می‌کند: ابتدا به root server مراجعه می‌کند تا بفهمد سرورهای مربوط به پسوند دامنه مثلاً .com. کجاست. سپس از TLD سرورهای معتبر دامنه (Authoritative Name Server) را می‌گیرد. در نهایت، resolver از سرور معتبر رکورد IP را دریافت کرده و آن را به سیستم کاربر برمی‌گرداند و در کش ذخیره می‌کند. پس از دریافت IP، مرورگر می‌تواند ارتباط شبکه‌ای را با سرور مقصد برقرار کرده و سایت را بارگذاری کند.

• سوال 6 •

الف) CDN یا شبکه توزیع محتوا (Content Delivery Network) یک شبکه گسترده از سرورهاست که در نقاط جغرافیایی مختلف دنیا قرار گرفته‌اند و وظیفه دارند محتوا (مثل عکس، ویدیو، فایل‌های استاتیک، اسکریپت‌ها و ...) را با سرعت بیشتر و تاخیر کمتر به کاربران ارائه کنند.

ب) با ذخیره محتوا کاربران به سرور‌های نزدیک سرعت بارگذاری و پاسخ دهی را کاهش می‌دهد. با توزیع درخواست‌ها بین چندین سرور، بار روی سرور اصلی کاهش می‌یابد و پایداری افزایش می‌یابد.

ج) افزایش سرعت بارگذاری: CDN نسخه‌ی کش‌شده‌ی محتوا را در سرورهایی که در نقاط مختلف دنیا قرار دارند نگه می‌دارد. وقتی کاربر وارد سایت می‌شود، محتوا از نزدیک‌ترین سرور جغرافیایی به او ارسال می‌شود، نه از سرور اصلی. این باعث می‌شود: فاصله‌ی فیزیکی کمتر باشد، زمان انتقال داده (Latency) پایین بیاید، محتوا سریع‌تر لود شود. کاهش بار روی سرور اصلی: به جای اینکه همه کاربران مستقیماً به سرور اصلی درخواست بفرستند، درخواست‌ها بین دهها یا صدها سرور CDN توزیع می‌شود. بنابراین: سرور اصلی فقط درخواست‌های ضروری و پویا را پردازش می‌کند، ترافیک سنگین روی آن نمی‌ریزد و سایت در برابر پیک ترافیک یا حملات مقاوم‌تر می‌شود.

ب) برای مثال شبکه‌های اجتماعی مثل اینستاگرام که حاوی تصاویر، ویدیو و داده‌های زیاد است CDN کمک زیادی می‌کند زیرا کاربران آن در نقاط جغرافیایی مختلف زیاد هستند و برای اینکه تجربه کاربری و سرعت بیشتری برای بارگذاری داده‌ها داشته باشند درخواست‌هایشان را به سرور‌های نزدیکشان می‌فرستند. مثالی که CDN کمک کمتری می‌کند: یک سرویس بسیار پویا و شخصی‌سازی‌شده که محتوای آن برای هر کاربر متفاوت است. مثلاً پنل کاربری بانک یا داشبورد مدیریتی. از آنجا که اکثر داده‌ها پویا هستند و از دیتابیس به صورت لحظه‌ای توبید می‌شوند و محتوای هر کاربر با دیگری فرق دارد، پس قابل کش شدن در edge نیست.

• سوال 7

Salam، زمان SMTP TCP handshake 1RTT است در نظر گرفته نمی شود. در اینصورت داریم: زمان ارسال 4RTT است - زمان 1RTT RCPT to است - زمان 1RTT DATA نیز 1RTT است. پس 4RTT معادل 80ms زمان نیاز است.

• ماشین حساب آنلاین

• سنگ کاغذ قیچی