Peer-to-peer web objects caching proxy

Tomasz Drwięga

08.05.2013 / Seminarium

Agenda

Sformułowanie problemu

Problem cache'owania można przedstawić z różnych perspektyw.

Dostawca treści

Wiele żądań może spowodować "zalanie" (ang. *flooding, swamping*) serwera.

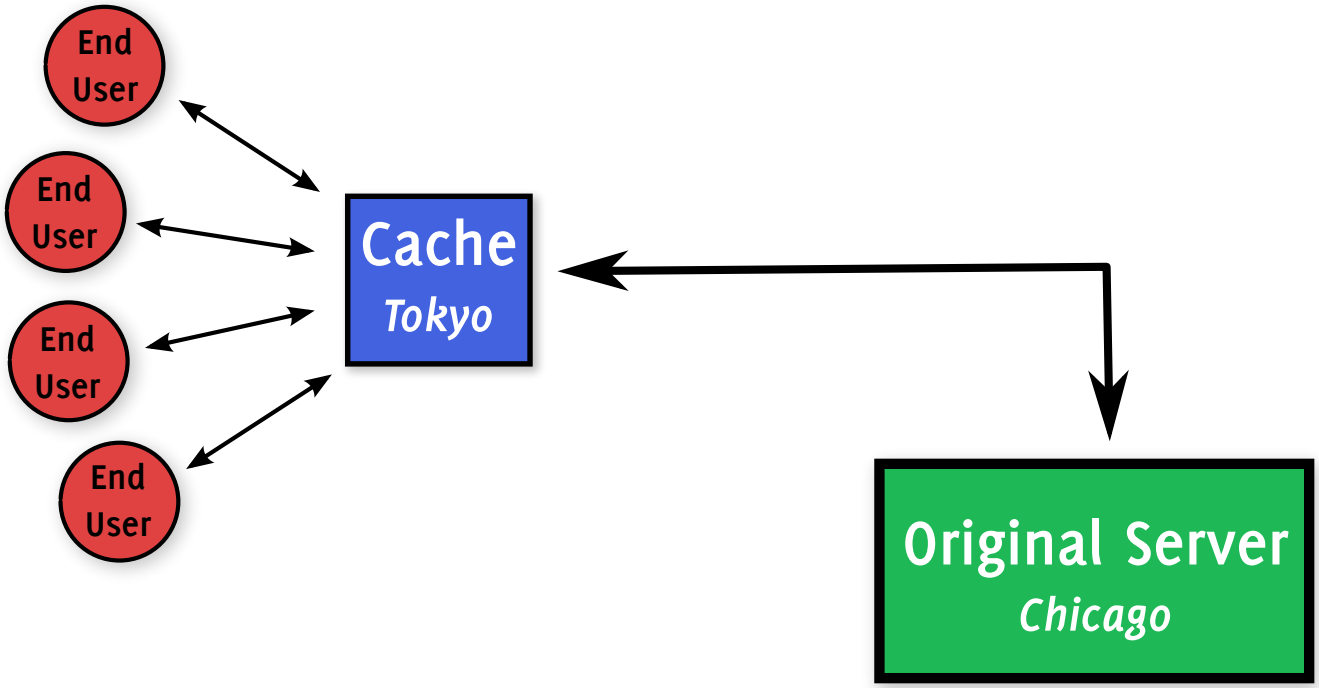
Administrator sieci

Wielokrotny transfer tego samego zasobu może prowadzić do obniżenia jakości usług.

Użytkownicy

Pobieranie dużych plików z odległych serwerów może odbywać się ze znaczącym opóźnieniem.

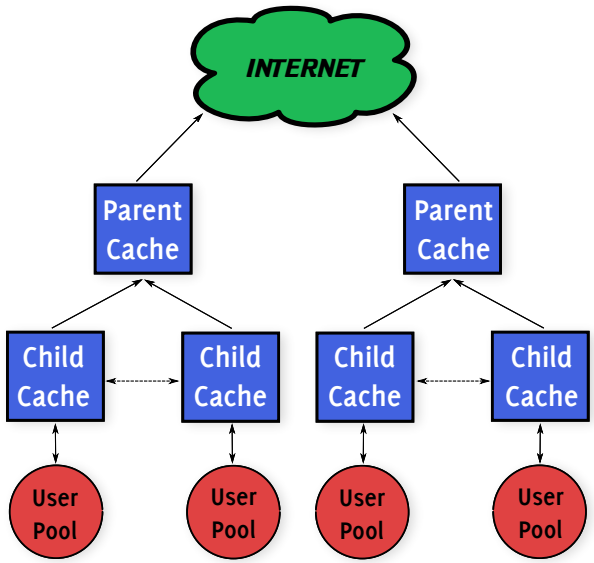
Squid object cache



Rozwiązanie: Wprowadzenie serwerów pośredniczących, które będą powielać oryginalne zasoby.

Cache hierarchiczny

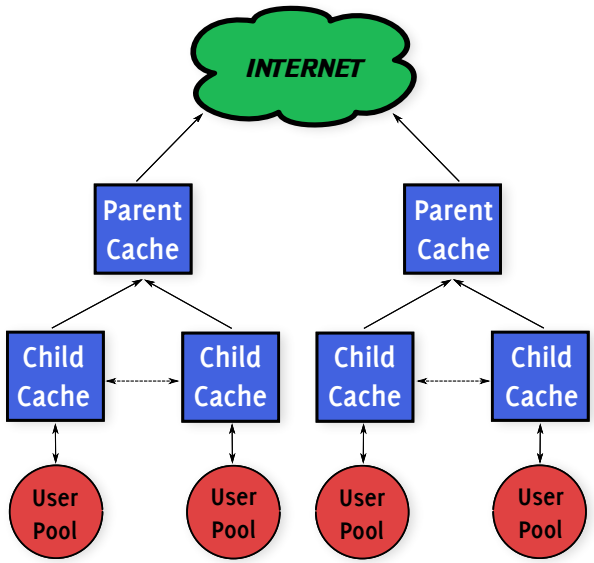
Wiele serwerów cache'ujących można zorganizować w hierarchię [Chankhunthod et al., 1995].



Serwery, znajdujące się w liściach mogą wymieniać się zasobami (cache kooperacyjny). Prowadzi to jednak do nadmiernej komunikacji [Povey et al., 1997; Wolman et al., 1999].

Cache hierarchiczny

Wiele serwerów cache'ujących można zorganizować w hierarchię [Chankhunthod et al., 1995].



Serwery, znajdujące się w liściach mogą wymieniać się zasobami (cache kooperacyjny). Prowadzi to jednak do nadmiernej komunikacji [Povey et al., 1997; Wolman et al., 1999].

W kierunku Consistent Hashing [Karger et al., 1997]

Głównym problemem w systemach cache'ujących jest określenie, który z serwerów może być odpowiedzialny za dany zasób.

Naiwny podział

Załóżmy, że poszukujemy zasobu R, który przydzielamy do serwera o indeksie S:

$$S \equiv hash(R) \bmod n$$

Kiedy dodajemy lub usuwamy serwery, niemal każdy zasób przydzielony jest do innego serwera.

W kierunku Consistent Hashing [Karger et al., 1997]

Głównym problemem w systemach cache'ujących jest określenie, który z serwerów może być odpowiedzialny za dany zasób.

Naiwny podział

Załóżmy, że poszukujemy zasobu R, który przydzielamy do serwera o indeksie S:

$$S \equiv hash(R) \bmod n$$

Kiedy dodajemy lub usuwamy serwery, niemal każdy zasób przydzielony jest do innego serwera.

W kierunku Consistent Hashing [Karger et al., 1997]

Głównym problemem w systemach cache'ujących jest określenie, który z serwerów może być odpowiedzialny za dany zasób.

Naiwny podział

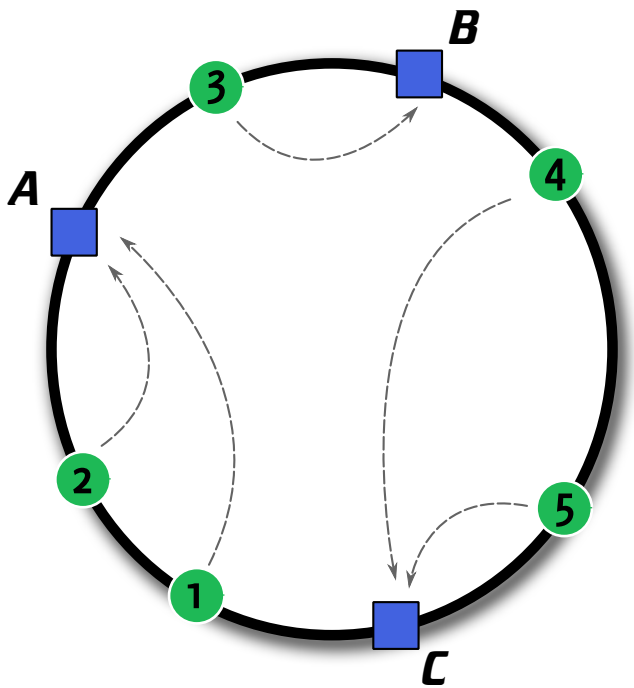
Załóżmy, że poszukujemy zasobu R, który przydzielamy do serwera o indeksie S:

$$S \equiv hash(R) \bmod n$$

Kiedy dodajemy lub usuwamy serwery, niemal każdy zasób przydzielony jest do innego serwera.

Consistent hashing

Celem jest poprawienie procesu dodawania i usuwania węzłów tak, żeby nowy serwer przejął równy udział od pozostałych.



Consistent hashing

Każdy węzeł (oraz każdy zasób) jest mapowany do punktu na okręgu jednostkowym. Węzeł jest odpowiedzialny za klucze, które znajdują się między nim a jego poprzednikiem [Karger et al., 1999].

Rozproszone Tablice Haszujące (DHT)

Zdecentralizowany (autonomiczny), samo-organizujący się system typu peer-to-peer, oferujący usługę przypominającą tablicę haszującą. DHT są dodatkowo odporne na błędy i skalowalne.

Badania nad DHT były motywowane istniejącymi systemami:

- **Napster** P2P z centralnym serwerem indeksującym, który obsługiwał wyszukiwanie
- **Gnutella** P2P rozsyłające zapytanie do każdego z węzłów
- **Freenet** w pełni rozproszony, ale nie gwarantujący, że dane zostaną odnalezione

Cztery główne DHT (2001)

CAN, Chord, Pastry, Tapestry

Rozproszone Tablice Haszujące (DHT)

Zdecentralizowany (autonomiczny), samo-organizujący się system typu peer-to-peer, oferujący usługę przypominającą tablicę haszującą. DHT są dodatkowo odporne na błędy i skalowalne.

Badania nad DHT były motywowane istniejącymi systemami:

Napster P2P z centralnym serwerem indeksującym, który obsługiwał wyszukiwanie

Gnutella P2P rozsyłające zapytanie do każdego z węzłów

Freenet w pełni rozproszony, ale nie gwarantujący, że dane zostaną odnalezione

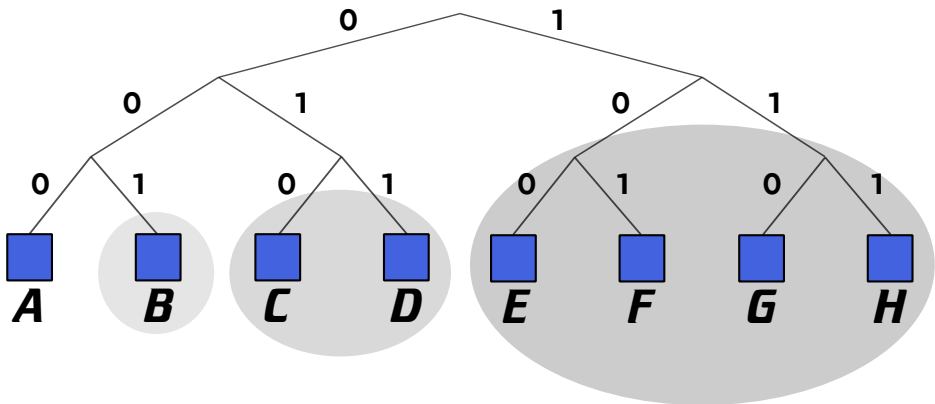
Cztery główne DHT (2001)

CAN, Chord, Pastry, Tapestry

Kademlia [Maymounkov and Mazieres, 2002]

Podobnie jak pozostałe DHT, Kademlia podczas wyszukiwania kontaktuje się tylko z $O(\log n)$ węzłami.

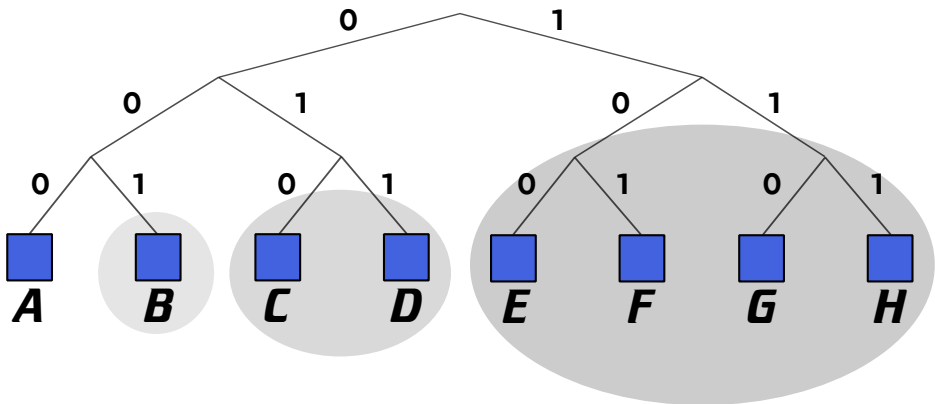
Każdemu węzłowi przypisany jest 160-bitowy klucz. Węzeł utrzymuje tablicę routingu, w której przechowuje listy (*k-buckets*) węzłow, z którymi dzieli prefiks długości i, ale różni się na na bicie $i+1$. Takie *k-buckets* istnieją dla każdego $i \in [0, 160)$.



Kademlia [Maymounkov and Mazieres, 2002]

Podobnie jak pozostałe DHT, Kademlia podczas wyszukiwania kontaktuje się tylko z $O(\log n)$ węzłami.

Każdemu węzłowi przypisany jest 160-bitowy klucz. Węzeł utrzymuje tablicę routingu, w której przechowuje listy (*k-buckets*) węzłow, z którymi dzieli prefiks długości i, ale różni się na na bicie $i+1$. Takie *k-buckets* istnieją dla każdego $i \in [0, 160)$.



Kademlia - metryka XOR

Kademlia korzysta z metryki XOR to określenia odległości między węzłami. Oznacza to, że węzły, które mają długi wspólny prefiks są blisko siebie. Upraszcza to formalną analizę, dowód poprawności i implementację.

Wiadomości protokołu:

PING	weryfikuje, że węzeł jest aktywny,
STORE	prosi węzeł o zapamiętanie pary (klucz, wartość)
FIND_NODE	zwraca k najbliższych węzłów dla zadanego ID
FIND_VALUE	zwraca k najbliższych węzłów lub przypisaną wartość dla danego ID

Kademlia - metryka XOR

Kademlia korzysta z metryki XOR to określenia odległości między węzłami. Oznacza to, że węzły, które mają długi wspólny prefiks są blisko siebie. Upraszcza to formalną analizę, dowód poprawności i implementację.

Wiadomości protokołu:

PING	weryfikuje, że węzeł jest aktywny,
STORE	prosi węzeł o zapamiętanie pary (klucz, wartość)
FIND_NODE	zwraca k najbliższych węzłów dla zadanego ID
FIND_VALUE	zwraca k najbliższych węzłów lub przypisaną wartość dla danego ID

P2P Caching

Zamiast pobierać zasoby z oryginalnego serwera przeszukujemy najpierw rozproszoną tablicę haszującą, opartą na Kademli.

Potencjalne zalety

- “Duże” zasoby mogą zostać pobrane szybciej (węzły należą do tej samej sieci LAN)
- Przepustowość łącza WAN jest oszczędzana

P2P Caching - Implementacja

Pierwsza próba: Wtyczka przeglądarkowa w Javascript

Łatwa w instalacji wtyczka używająca nowych API z HTML5.
Dlaczego nie? Żądania musiałyby być przetwarzane synchronicznie.

Wtyczka Native Client dla Chrome

Łatwa w instalacji, oferująca dobrą wydajność, ale ograniczona tylko do przeglądarek Chrome.
Dlaczego nie? Brak dokumentacji, niewystarczające API.

Fallback: Proxy cache'ujące

Serwer proxy napisany w jęzku Python z użyciem frameworku Twisted i biblioteki Entangled.
Wada: Wymagana jest dodatkowa konfiguracji przeglądarki.

P2P Caching - Implementacja

Pierwsza próba: Wtyczka przeglądarkowa w Javascript

Łatwa w instalacji wtyczka używająca nowych API z HTML5.
Dlaczego nie? Żądania musiałyby być przetwarzane synchronicznie.

Wtyczka Native Client dla Chrome

Łatwa w instalacji, oferująca dobrą wydajność, ale ograniczona tylko do przeglądarek Chrome.
Dlaczego nie? Brak dokumentacji, niewystarczające API.

Fallback: Proxy cache'ujące

Serwer proxy napisany w jęzku Python z użyciem frameworku Twisted i biblioteki Entangled.
Wada: Wymagana jest dodatkowa konfiguracji przeglądarki.

P2P Caching - Implementacja

Pierwsza próba: Wtyczka przeglądarkowa w Javascript

Łatwa w instalacji wtyczka używająca nowych API z HTML5.
Dlaczego nie? Żądania musiałyby być przetwarzane synchronicznie.

Wtyczka Native Client dla Chrome

Łatwa w instalacji, oferująca dobrą wydajność, ale ograniczona tylko do przeglądarek Chrome.
Dlaczego nie? Brak dokumentacji, niewystarczające API.

Fallback: Proxy cache'ujące

Serwer proxy napisany w jęzku Python z użyciem frameworku Twisted i biblioteki Entangled.
Wada: Wymagana jest dodatkowa konfiguracji przeglądarki.

Wyzwania

Logika cache'owania

- Kiedy zasób powinien być cache'owany? Czy warto go cache'ować?
- Kiedy i które elementy usuwać z cache?

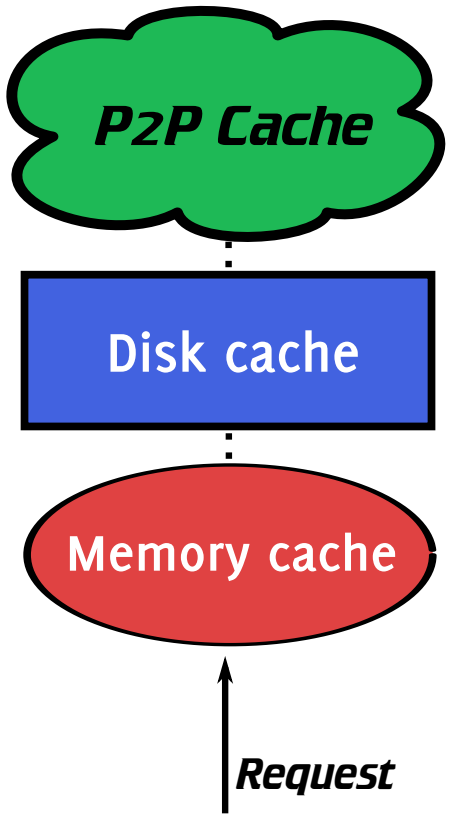
Równoważenie obciążenia

Żądania o zasoby z tej samej strony internetowej mogą być routowane do zupełnie innych części sieci z powodu losowego wyboru kluczy.

Wybór / porównanie różnych DHT

Pomimo tej samej teoretycznej złożoności routingu, różne sieci P2P mogą istotnie różnić się w zastosowaniu praktycznym.

Logika cache'owania (Motwani and Raghavan [1995])



Pobieranie zasobu z sieci P2P zwiększa opóźnienie, popularne elementy warto przechowywać w pamięci.

Porównanie różnych algorytmów:

- LRU
- LFU
- Multi Queue (wzięcie pod uwagę rozmiaru, nagłówków cachowania, itp.)

Równoważenie obciążenia

Wiele zasobów z jednej witryny, które pobierane są razem może zostać spakowane i umieszczone pod wspólnym kluczem w sieci P2P.

Prosząc o pojedynczy zasób z sieci, otrzymujemy paczkę zawierającą zasoby, które prawdopodobnie będą nam potrzebne w najbliższej przyszłości.

Wyniki eksperymentów

Dane testowe

- Problem ze znalezieniem aktualnych logów z serwerów (najnowsze z roku 2007).
- Możliwośc wygenerowania danych losowych

Porównanie z innymi rozwiązaniami

- Wyniki z prac bazują na przestarzałych danych
- Brak kodu lub warunków na uruchomienie aplikacji

Wyniki eksperymentów - plan

Użycie danych z serwera proxy z 2007 roku.

Algorytmy

Porównanie algorytmów cachowania: LRU, LFU i Multi Queue.

Równoważenie obciążenia

Grupowanie (bazowane na czasie) zasobów pochodzących z jednej strony (np. obrazki) pod wspólnym kluczem w sieci P2P.

Porównanie opóźnień w Kademlii, Chordzie i Pastry.

References I

Anawat Chankhunthod, Peter B Danzig, Chuck Neerdaels, Michael F Schwartz, and Kurt J Worrell. A hierarchical internet object cache. Technical report, DTIC Document, 1995.

David Karger, Eric Lehman, Tom Leighton, Rina Panigrahy, Matthew Levine, and Daniel Lewin. Consistent hashing and random trees: Distributed caching protocols for relieving hot spots on the world wide web. In *Proceedings of the twenty-ninth annual ACM symposium on Theory of computing*, pages 654–663. ACM, 1997.

David Karger, Alex Sherman, Andy Berkheimer, Bill Bogstad, Rizwan Dhanidina, Ken Iwamoto, Brian Kim, Luke Matkins, and Yoav Yerushalmi. Web caching with consistent hashing. *Computer Networks*, 31(11):1203–1213, 1999.

References II

Petar Maymounkov and David Mazieres. Kademlia: A peer-to-peer information system based on the xor metric. *Peer-to-Peer Systems*, pages 53–65, 2002.

Rajeev Motwani and Prabhakar Raghavan. *Randomized algorithms*. Cambridge university press, 1995.

Dean Povey, John Harrison, et al. A distributed internet cache. *Australian Computer Science Communications*, 19:175–184, 1997.

Alec Wolman, M Voelker, Nitin Sharma, Neal Cardwell, Anna Karlin, and Henry M Levy. On the scale and performance of cooperative web proxy caching. *ACM SIGOPS Operating Systems Review*, 33 (5):16–31, 1999.