

Content Delivery Network (CDN)



Přednášky z Distribuovaných systémů
Ing. Jiří ledvina, CSc.

Úvod



Content delivery network nebo **content distribution network** je počítačový systém, obsahující kopie dat, uložených na různých místech v síti s cílem maximalizovat šířku pásma pro síťový přístup klientů k datům.

- Klient přistupuje ke kopiím dat umístěným blízko klienta.
- Na rozdíl od situace, kdy všichni klienti přistupují k informacím umístěným na vzdáleném serveru.
- Tím se odstraňuje úzké místo v blízkosti serveru.
- Obsah zahrnuje webové objekty, stahovatelné objekty (médiá, software, dokumenty), aplikace, mediální streamy v reálném čase a další komponenty dopravované internetem (DNS, cesty, databázové dotazy).

Úvod



- S rychlým rozvojem Internetu a Webu jsou problémy
 - omezení výkonnosti síťových i výpočetních zdrojů
 - pro obchodní weby je důležitá dostupnost a krátká doba odezvy
 - o přístup k webu se snaží v jednu chvíli velký počet zákazníků – vznikají vlny

Úvod



- Centralizovaný web
 - pomalý – přenos přes několik páteřních sítí na velké vzdálenosti
 - nespolehlivý – doručení zasaženo zahlcením nebo problémy s peeringem na páteřních sítích
 - neškálovatelný – použití omezeno šířkou pásma, dostupnou na straně serveru
 - kvalita streamování – kvalita streamu je zatížena ztrátou paketů, zahlcením, úzkými místy

Úvod



- Content Delivery Network (CDN)
 - síť pro doručování obsahu
 - vytvořen pro řešení degradace služeb Internetu
 - přesun obsahu (content) na okraje sítě blízko koncovým uživatelům
 - možnosti – širší přenosové pásmo, web caching, web pre-fatching

Úvod



- Výhody CDN kontra klasické řešení
 - redukované zatížení serveru více serverů
 - distribuce zatížení sítě rozmístění serverů na více míst
 - zmenšení doby odezvy semknutí klientů kolem serveru
- Vývoj CDN
 - komerční CDN (Akamai, Edge Stream, LIMELIGHT, Mirror Image)
 - akademické CDN (CoDeeN, Coral, Globule)

Architektura CDN - komponenty



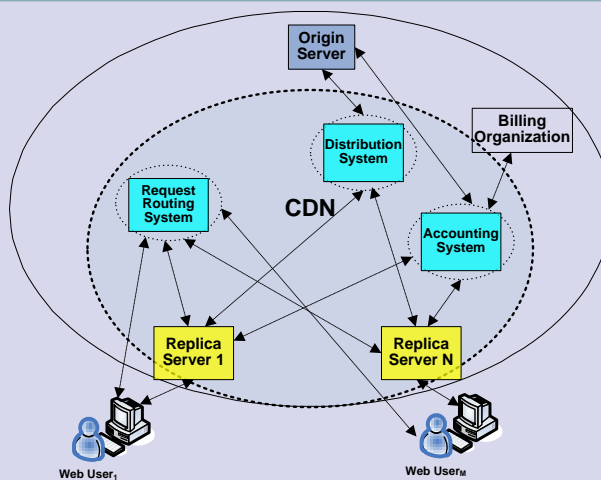
- zdrojový server a soubor hranových serverů pro replikaci obsahu
- komponenty „request routing“
 - posílá uživatelské požadavky na hranové servery
 - spolupracuje s distribučními komponentami při udržování aktuálnosti pohledu na obsah
- komponenty „content distribution“
 - posílá obsah ze zdrojového serveru do hranových serverů a zajišťuje konzistentnost jejich obsahu
- komponenty „účtování“
 - udržuje logy s přístupem klientů, zaznamenává využití serverů
 - asistuje při záznamu přenosů a účtování

6.12.2010

Distribuované systémy

7

Architektura CDN



6.12.2010

Distribuované systémy

8

Architektura CDN – obsah a služby



- Statický obsah
 - statické HTML stránky, obrázky, dokumenty, balíčky software
- Streamovaná média
 - audio, real-time video
- Uživatelem generované video
- Služby
 - adresářové služby, e-komerce, služby přenosu souborů
- Zákazníci
 - média, poskytovatelé reklamy na Internetu, datová centra, poskytovatelé Internetu, obchodníci s nahrávkami, mobilní operátoři, výrobci spotřební elektroniky, společnosti které něco přenáší
- Vazba na uživatele
 - mobilní telefon, smart phone/PDA, laptop, desktop

6.12.2010

Distribované systémy

9

Požadavky na CDN



- Škálovatelnost
 - schopnost expandovat ve smyslu zpracování velkého objemu dat, transakcí, uživatelů
 - vyžaduje schopnost dynamického zásobování a doručování obsahu s vysokou kvalitou a nízkou cenou zpracování
 - trend do budoucna – poskytovatelé i koncoví uživatelé budou platit za vysokou kvalitu služeb
- Bezpečnost
 - ochrana obsahu proti neautorizovanému přístupu a modifikaci
 - vyžaduje fyzickou, síťovou, programovou, datovou a procedurální bezpečnost
 - budoucí trend – redukce omezení přístupu a přerušení přístupu obranou proti DDoS útokům a dalším škodlivým aktivitám

6.12.2010

Distribované systémy

10



Požadavky na CDN

- Spolehlivost, schopnost reagovat a výkonnost
 - dostupnost služeb, zpracování možných nepřístupných stavů, zkušenost koncových uživatelů
 - vyžaduje síť odolnou proti poruchám a s odpovídajícím vyrovnáváním zátěže
- Budoucí trend
 - distribuované rozmístování obsahu,
 - konzistentní cache a
 - konzistentní směrovací mechanismus



Vývojové trendy CDN

- Jednotný CDN
 - integrace „Content delivery/distribution“ a Content services
 - Content Service Network (CSN) jako servisní distribuční kanál pro služby s přidanou hodnotou
- Dynamický CDN (Content delivery)
 - generování obsahu na přání s použitím webových aplikací založených na specifikaci požadavků koncového uživatele (scripty, animace, DHTML, XML)
 - počítání na hranách (edge computing), kontextově závislé cachování dat (Edge Suite, IBM WebSphere edge services)

Vývojové trendy CDN



- **Hostování – WebServices**
 - použití XML parsování, serializace Java, reflection copy, clone copy
 - Application delivery network (ADN) pro hostitelské .Net a J2EE aplikace
 - Capacity provisioning network (CPN) pro obchodování s kapacitami cache
- **Service Oriented Architecture**
 - očekává se, že řízení obsahu bude motivováno preferencemi uživatele
 - personální fikce uživatele založené na dolování dat (data mining)

Vývojové trendy CDN



- **Vyrovnávání zátěže a replikace obsahu mezi spolupracujícími doménami**
 - lokalizace požadavků
 - integrace replikace a cachování
- **Rozvinutí mechanismu obchodování**
 - ekonomické modely založené na SOA (Service Oriented Architecture)
- **Adaptivní CDN pro streamování média**
 - P2P řešení pro spolupracující média streaming
- **Mobilní dynamické CDN**
 - velká variabilita na přání podle mobility uživatele
- **Distribuce obsahu přes internetworking, peering a brokering**
- **CDN kooperace pro globální zapouzdření s vysokou výkonností**

Architektura CDN



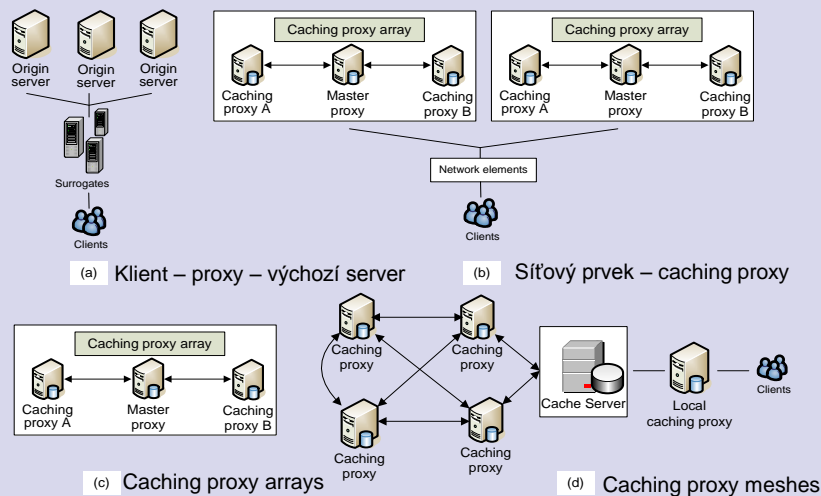
- Organizace CDN
 - Overlay pojetí
 - aplikačně specifické servery a cache na několika místech v síti zpracovávají „content delivery“
 - síťové komponenty nehrají žádnou roli při doručování obsahu
 - často používané komerčními poskytovateli CDN
 - Síťové pojetí
 - síťové komponenty jsou vybaveny kódem pro identifikaci specifických typů aplikací a pro forwardování požadavků založených na předem definovaných pravidlech
 - používají pouze některé CDN (Akamai)

Architektura CDN



- Servery CDN
 - zdrojový server (výchozí server)
 - replikační server
- Interakce mezi komponentami
 - klient – zástupce (proxy) – výchozí server
 - síťový prvek – caching proxy
 - inter-proxy
 - caching proxy arrays
 - caching proxy meshes

Architektura CDN



6.12.2010

Distribované systémy

17

Architektura CDN

• Interakční protokoly

- Interakce prvků sítě
 - NECP - Network Element Control Protocol – jednoduchý protokol pro vyrovnávání zátěže mezi servery a prvky sítě
 - WCCP – web cache communication protocol – interakce mezi směrovači a web-cache
- Interakce mezi cache
 - CARP – Common Address Redundancy Protocol – distribuovaný cache protokol
 - ICP – Internet cache protocol – jednoduchý formát zpráv použitý pro komunikaci mezi cache
 - HTCP – Hypertext Control Protocol – protokol pro vyhledávání HTTP cache, cache dat, údržbu souboru HTTP cache, monitorování aktivity cache
 - Cache Digest – protokol pro výměnu dat

6.12.2010

Distribované systémy

18

Architektura CDN



- Typy obsahu/typy služby
 - statický obsah (statické stránky HTML, obrázky, programy, dokumenty, audio nebo video soubory) – nízká frekvence obměn
 - dynamický obsah (animace, skripty, DHTML) – personalizované pro uživatele, vytvářené na přání
 - streaming média (audio, video on demand, ...) – živé nebo on-demand vysílání
 - Služby (DNS, e-komerce, přenos souborů ...) – služby Internetu

Distribuce a management



- Výběr replikovaného obsahu
 - Replikuje se vše
 - Replikuje se část serveru - výběr
- Částečná replikace
 - Založený na zkušenosti
 - Heuristika, administrátor vybere obsah, který má být replikován
 - Založený na popularitě
 - Replikace podle zájmu uživatelů
 - Založený na objektech
 - Snaha replikovat celé objekty
 - Založený na clusterech
 - Seskupování obsahu podle vzájemných vazeb nebo frekvenci přístupu a replikován obsah clusteru (URL, uživatelské relace)



Distribuce a management

- Vyhledání zástupného serveru
 - Problém umístění centra – minimalizace vzdálenosti mezi centrem a uzlem
- Umístění podle topologie
 - Bere v úvahu existující informaci z CDN jako je zatížení a topologie
- Umístění podle aktivity
 - Bere v úvahu klienty s největší spotřebou
- Umístění dle stromové topologie
 - Předpokládá existenci stromové topologie
- Umístění podle aktuálních potřeb
 - Bere v úvahu požadavky klientů a repliky organizuje multicast doručovací srom na aplikační úrovni

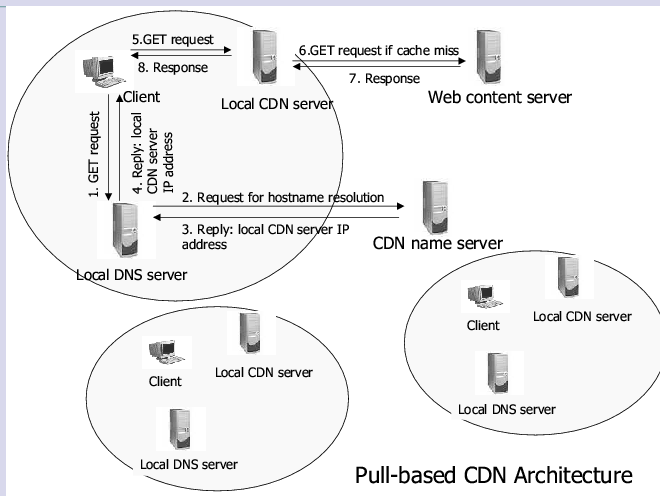


Distribuce a management

- Obnova obsahu repliky
- Metoda pull – bez spolupráce serverů
 - Pokud obsah chybí, server natáhne data z původního serveru
 - Používá se nejčastěji
- Metoda pull – se spoluprací serverů
 - Servery kooperují navzájem a navzájem si vyměňují chybějící informaci
- Metoda push – se spoluprací serverů
 - Obsah se natahuje s předstihem z původního serveru do replikačního
 - Replikační servery spolupracují – snížení ceny natažení



Distribuce a management



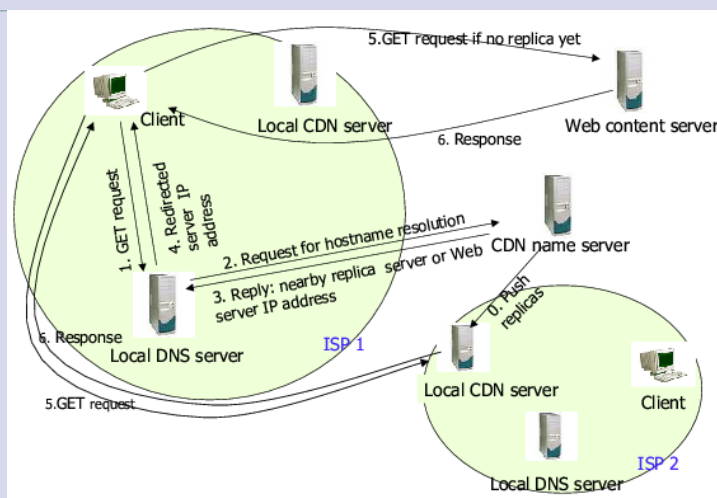
6.12.2010

Distribované systémy

23



Distribuce a management



6.12.2010

Distribované systémy

24



Distribuce a management

- Techniky cache (caching)
 - Založené a dotazu (query)
 - Poslání dotazu odtatním CDN serverům
 - Založené na podpisu (digest)
 - Každý CDN server si udržuje podpisy obsahu ostatních kooperujících serverů uvnitř klusteru
 - Založené na adresářových službách
 - Centralizovaná metoda – server udržuje informaci o obsahu ostatních serverů uvnitř klusteru
 - Založené na hashování
 - Vybraný CDN server udržuje informaci (URL, IP)
 - Založené na částečném hashování
 - Nejpopulárnější informace je uložena v cache, ostatní dosažitelná hashováním



Distribuce a management

- Údržba cache – problém údržby replik
 - Periodicky
 - Propagace změn
 - Rozesílání změn na požádání
 - Invalidace obsahu

Distribuce a management



- Směrování podle požadavků
 - Adaptivní – při výběru cache pro doručení obsahu bere v úvahu stav systému
 - Neadaptivní – k výběru serveru využívá heuristiku

Distribuce a management



- Mechanizmy směrování podle požadavků
 - Global Server Load Balancing
 - Přidělování podle globální situace nebo „chytrého“ autoritativního DNS
 - DNS-dispatching
 - Modifikovaný DNS server
 - HTTP redirection
 - Informace o replikačním serveru je uložena v HTTP záhlaví
 - URL rewriting
 - Přepis URL odkazů na dynamicky generované stránky
 - Anycasting
 - IP anycasting a aplikační anycasting

Distribuce a management



- Mechanizmy směrování podle požadavků
 - CDN peering
 - Centralizovaný adresářový model – centralizovaný adresář
 - Distribuovaná hashovací tabulka – indexování pomocí hashovaných klíčů
 - Záplavový model – dotazy se posílají záplavově v klusteru
 - Model směrování podle dokumentu – existence autoritativního člena pro odkazy

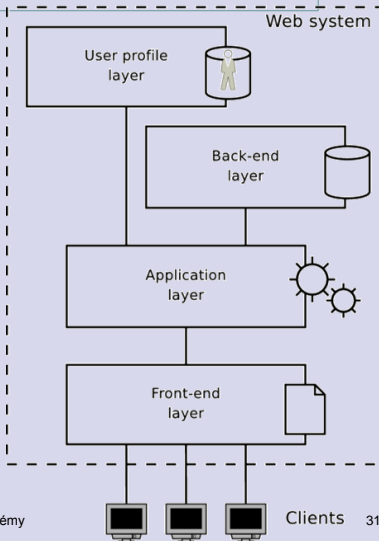
Distribuce a management



- Vyhodnocování výkonnosti (vnitřní a vnější měření)
 - Sledování úspěšnosti zásahů do cache
 - poměr úspěšných ku celkovému počtu
 - Podle využití přenosového pásma
 - měření šířky pásma využitého původním serverem
 - Podle doby odezvy
 - doba odezvy vnímaná uživatelem
 - Využití zástupného serveru
 - procento času kdy jsou zástupné servery zaměstnány
 - Podle spolehlivosti
 - měření ztráty paketů

Replikace

- Replikace na úrovni front-end
 - Replikace pomocí hranových serverů nebo zástupců
- Replikace na aplikační úrovni
 - Počítání na hranových serverech
- Replikace na back-end úrovni
 - Generování dynamického obsahu
- Replikace na úrovni Uživatelského profilu
 - Generování personalizovaného obsahu



6.12.2010

Distribované systémy

Clients 31

Front-end replikace

- Snaha zlepšit výkonnost a škálovatelnost **statického obsahu**
 - Cache založená na fragmentech
 - pouze nejpopulárnější části obsahu
 - Sekvenční cache
 - Uložení pouze první části obsahu
 - Prokládané cache
 - Cache s velkým množstvím operací seek
- Výhody
 - Lepší výkonnost z pohledu uživatele
 - Lepší využití disku
 - Redukce množství zneplatňování na hranových serverech
- Nevýhody
 - Není pro dynamický obsah
 - Omezená transparentnost

6.12.2010

Distribované systémy

32



Front-end replikace

- Snaha zlepšit doručování dynamického obsahu
 - Aplikační kód pro generování dynamických stránek replikován na hranových serverech
 - Hranové servery sdílí původní server
 - Nutnost řízení migrace kódu a replikaci aplikací na hranových serverech
- Výhody
 - Automatické rozmístění
 - Zpracování náhodných špiček zatížení
 - Dynamické zprovoznění stránek
- Nevýhody
 - Data umístěna na původním serveru
 - Zpoždění přístupu k datům, úzké místo



Back-end replikace

- Snaha zlepšit škálovatelnost
 - „slepé“ ukládání obsahu
 - Každý hranový server ukládá předchozí výsledky dotazů do databáze
 - Porovnávání nových dotazů se předchozími a obnova odpovědí
 - „vědomé“ ukládání obsahu
 - Každý hranový server má vlastní databázi s částečným pohledem na centrální databázi
 - Úplná replikace databáze
 - Identické kopie databáze na více místech
 - Problém s udržení konzistentnosti
 - Velké zatížení sítě, max 8 replik



Replikace na úrovni profilu uživatele

- Snaha o zlepšení konzistentnosti
- Personalizované generování obsahu
 - Agregace externích datových zdrojů
 - Společné filtrování – systémy s možností analýzy
 - Služby založené na lokalizaci a okolí



Mechanismy konzistentnosti cache

- Konzistentnost cache
 - Konzistentnost řízená serverem
 - Server informuje o změnách obsahu – invalidace
 - Konzistentnost řízená klientem
 - Opravená verze objektu je dopravena do všech serverů
 - Klient pooling
 - Řešení metodou pronájmu
 - Majitel objektu musí v určitých intervalech informovat byl-li objekt modifikován
- Definování stupně konzistentnosti
 - Silně konzistentní – vždy konzistentní
 - Delta konzistentní – identická po dobu delta časových jednotek
 - Slabě konzistentní – není vždy opravená



Příklady CDN (nahodile)

- Akamai
 - Základní nabídkou jsou distribuční služby (HTTP i vysílání datových streamů). Nedávno byly rozšířeny o další služby, včetně sledování sítě a zeměpisnou lokalizaci.
- BitGravity
 - CDN (2006) pro doručování audia, videa, software a reklamy
- LocalMirror
 - CDN pro statický obsah, DNS, audio a video
- VitalStream
 - Streamování médií, zpoplatňovací služby (pay-per-view, on-demand streaming, live-event streaming)



Akademické CDN

- CoDeeN
 - Akademická testovací síť
 - Cache obsahu a redirekce HTTP požadavků
- Coral
 - P2P CDN
 - Replikace obsahu podle jeho popularity
- Globule
 - Replikace obsahu, monitorování serverů a redirekce dotazů klientů k dostupným replikám