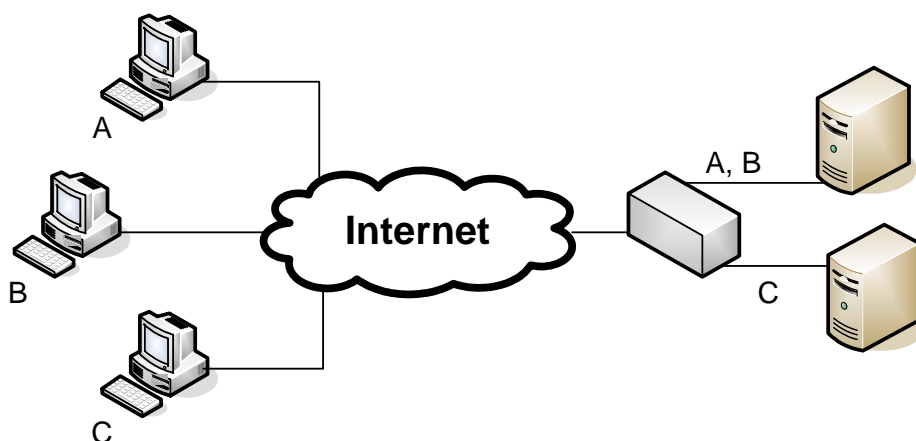


Mikael Rudholm  
Svärlinge 1183, 762 96 Rånäs  
+46 – (0) 73 593 32 24  
rudholm@kth.se

## Lastbalansering för webbservrar



## Sammanfattning

Med ökad trafik på Internet och högre krav på tillgänglighet och skalbarhet i dagens samhälle ställs nya krav på administratörer av webbplatser. De behöver ständigt öka kapaciteten och säkerställa tillgängligheten. Detta kan åstadkommas genom att lastbalansera mellan flera webbservrar som tillsammans kan tjänstgöra för att svara på användares förfrågningar. I denna rapport presenteras flera olika tekniker för att lastbalansera trafiken mellan webbservrar. De tekniker som presenteras är DNS-baserade, fördelarbaserade och serverbaserade. För att uppnå bästa resultat föreslås att en kombination av dessa tekniker används. Beroende på kostnadskrav och tillgänglighetskrav kan olika tekniker användas. Den rekommenderade är en DNS-baserad teknik med adaptiva TTL-algoritmer i ett första steg för att sedan använda serverbaserad teknik med paketomskrivning.

## Innehållsförteckning

1	Inledning .....	1
2	DNS-baserade tekniker .....	2
2.1	Konstanta TTL-algoritmer .....	4
2.1.1	Utan tillståndsinformation .....	4
2.1.2	Med tillståndsinformation .....	5
2.2	Adaptiva TTL-algoritmer .....	5
2.3	Jämförelse av DNS-baserade tekniker .....	6
3	Fördelarbaserade tekniker .....	6
3.1	Enkel omskrivning .....	6
3.2	Dubbel omskrivning .....	7
3.3	Paketvidarebefordran .....	8
3.4	HTTP-omdirigering .....	8
3.5	Jämförelse av fördelarbaserade tekniker .....	9
4	Serverbaserade tekniker .....	9
4.1	HTTP-omdirigering .....	9
4.2	Paketomdirigering .....	10
5	Diskussion och slutstats .....	11
6	Referenser .....	12

## 1 Inledning

Dagens ökade användande av Internet ger behov av ökad kapacitet på olika webbplatser. Speciellt viktigt blir det för populära webbplatser och vid speciella händelser som t.ex. fotbolls-VM. Eftersom Internet mer och mer används som primär informationskälla för både privatpersoner och företag blir det mer aktuellt för aktörer att deras information har hög tillgänglighet. Om ett företags webbplats vid någon tidpunkt inte är tillgänglig kan detta ge anledning till förlorade kunder, intäkter, samt ett skadat rykte.

Ovan nämnda orsaker ställer krav på systemadministratörer av webbplatser att ständigt öka serverkapaciteten. Detta kan åstadkommas genom att spegla webbservrar så att samma information finns tillgänglig på flera olika webbadresser<sup>1</sup>. Det ger möjlighet för användaren att själv välja vilken webserver denne vill använda. Men detta är inte transparent<sup>2</sup> för användaren, inte heller ger det webbserversystemet kontroll över hur förfrågningar ska fördelas mellan de olika serverna.

Som alternativ till att låta användaren välja webserver för att fördela trafiken, kan en distribuerad arkitektur, som är transparent användas.

Ett distribuerat webbserversystem är ett system som består av flera webbservrar, distribuerade på ett LAN<sup>3</sup> eller WAN<sup>4</sup>, med en mekanism för att fördela inkommande förfrågningar mellan webbservrarna. Varje server i systemet kan svara på alla möjliga förfrågningar. Informationen kan distri-

---

<sup>1</sup> webbadresser, t.ex. <http://www.kth.se/student/>. Med flera olika webbadresser menas t.ex. <http://www1.kth.se/>, <http://www2.kth.se/> och <http://www3.kth.se/>. Med dessa adresser skulle samma information kunna erhållas trots att varje adress refererar till varsin av tre olika webbservrar. URL (Uniform Resource Locator) är den mer generella benämningen på webbadress då den används av andra tekniker än webben.

<sup>2</sup> transparent betyder att det inte är synligt för användaren vad som händer i bakgrunden. I fotnoten ovan om webbadresser så kan användaren välja mellan tre olika adresser för att komma till resp. tre olika webbservrar med samma information. Om samma sak skulle vara transparent innebär det att användaren t.ex. använder adressen <http://www.kth.se/> och att webbserversystemet automatiskt väljer en av tre servrar utan användarens vetskap.

<sup>3</sup> LAN (Local Area Network) lokalt nätverk som t.ex. används inom ett företag

<sup>4</sup> WAN (Wide Area Network) större nätverk som t.ex. används mellan avdelningar inom ett företag som är belägna i olika länder. Internet är även ett WAN

bueras mellan serverna antingen genom spegling<sup>5</sup> eller genom informationsdelning<sup>6</sup>. [1]

Spegling av informationen fungerar både för LAN- och WAN-webbserver-system, medan informationsdelning endast fungerar för LAN-system. Ett lastbalanserat webbserverssystem anses vara lyckat om det upplevs som en enda webserver av användaren, då sägs det vara transparent. I följande text behandlas flera olika typer av system som erbjuder just transparens. Ingen av dessa kräver förändringar för användarens del utan endast webbserverns. Syftet med den här rapporten är att presentera flera vanliga tekniker för att lastbalansera förfrågningar mellan webbserverar för att uppnå högsta möjliga tillgänglighet men också med krav på att tekniken är prisvärd. De tekniker som behandlas är DNS-baserad, fördelarbaserad och serverbaserad.

## 2 DNS-baserade tekniker

DNS<sup>7</sup> är det system som används på Internet för att översätta namn till IP-adresser<sup>8</sup> och kan därför erbjuda transparens för ett webbserverssystem på namnivå<sup>9</sup>. (Lösningar som erbjuder transparens på IP-nivå<sup>10</sup> beskrivs i senare avsnitt).

Kluster-DNS benämner den DNS-server som används för webbserverklustret<sup>11</sup>. Kluster-DNS:en är den DNS-server som är auktoritativ<sup>12</sup> för webbserverklustret och översätter namn till en IP-adress för en webserver. Det-

---

<sup>5</sup> spegling av information betyder att samma information är kopierad till flera webbserverar.

<sup>6</sup> informationsdelning betyder att flera server delar på en och samma externa hårddisk.

<sup>7</sup> DNS (Domain Name System) är den standard som används på Internet för att översätta namn till IP-adresser. DNS består av ett hierarkiskt system av DNS-serverar sprida över många länder.

<sup>8</sup> IP-adresser är adresser som t.ex. 192.168.0.1, vilka används av IP (Internet Protocol) för att adressera datorer. IP är det protokoll som Internet bygger på.

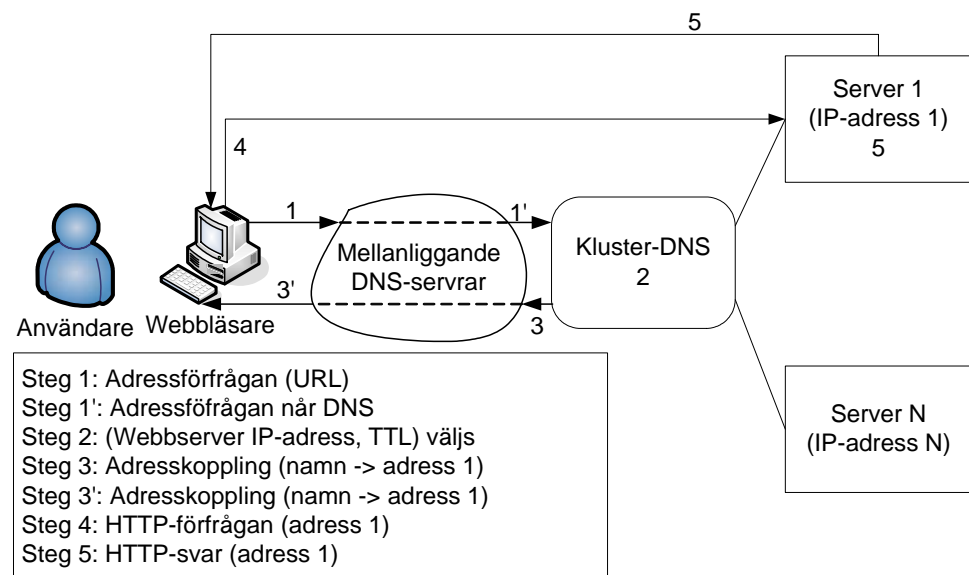
<sup>9</sup> namnivå betyder att hela webbserverssystemet delar på ett namn men att varje enskild webbserver har en egen IP-adress.

<sup>10</sup> IP-nivå betyder att hela webbserverssystemet har en och samma IP-adress åtminstone sett från användarens perspektiv.

<sup>11</sup> kluster, ett system av lokalt sammankopplade datorer som arbetar som en enhet.

<sup>12</sup> auktoritativ (eng. authoritative) är den DNS-server som är primär och ansvarig för en viss domän att svara på frågor för den domänen.

ta erbjuder flera möjligheter för kluster-DNS:en att välja vilken webbserverns IP-adress som ska användas för att fördela användarnas förfrågningar mellan webbserverna. Figur 1 visar hela händelseförloppet för hur ett system med DNS-baserad teknik fungerar. [1]



**Figur 1 DNS-baserad teknik för lastbalansering**

DNS-förfrågningar lagras tillfälligt<sup>13</sup> på DNS-servrar mellan användaren och kluster-DNS:en för att minska nätverkstrafiken. Detta medför begränsningar i vilken kontroll kluster-DNS:en har på hur användares förfrågningar fördelas mellan webbserverna. Även webbläsare har ofta någon form av tillfällig lagring av kopplingen mellan IP-adress och namn.

Förutom att namn översätts till IP-adresser förser en kluster-DNS ett TTL-värde<sup>14</sup> om hur länge informationen får lagras tillfälligt. När en förfrågning görs sker det oftast genom flera mellanliggande DNS-servrar innan det når kluster-DNS:en. Dessa mellanliggande DNS-servrar använder den tillfälligt lagrade kopian av svaret för att senare svara på likadana förfrågningar utan att vidarebefordra förfrågningen till kluster-DNS:en. När tiden för

<sup>13</sup> Med tillfällig lagring menas eng. caching.

<sup>14</sup> TTL-värde (Time To Live) anger hur många sekunder ett svar på en DNS-förfrågning får lagras.

TTL-värdet har gått ut skickas nästa fråga till kluster-DNS:en som på nytt kan välja en webbserverns IP-adress som svar.

Eftersom svar på DNS-förfrågningar lagras på mellanliggande DNS-serverar kan ett svar från kluster-DNS:en nås av olika många användare beroende på hur många som använder de mellanliggande serverna. Detta kan ge upphov till toppbelastningar i trafiken och överlastning under en längre tid till en och samma webbserver. Detta kan bara kontrolleras till en begränsad del av kluster-DNS:en genom att ange små TTL-värden för att se till att DNS-förfrågningar skickas till kluster-DNS:en mera regelbundet. Det ideala för kontroll vore att sätta TTL till noll så att varje fråga nådde kluster-DNS:en. Problem som finns är att mellanliggande DNS-serverar eventuellt ignorerar små TTL-värden. Dessutom så använder sig webbläsarens funktioner för tillfällig lagring inte nödvändigtvis av TTL-värden utan kan mycket väl ha ett eget större TTL-värde. [1]

Nedan omnämns två huvudmetoder för att fördela belastningen mellan webbserverar som används av DNS-baserad teknik. Dels *konstanta TTL-algoritmer* där kluster-DNS:en anger webbserver baserat på tillståndet för webbserverna och med ett konstant TTL-värde som är lika för samtliga förfrågningar. Som alternativ finns adaptiva TTL-algoritmer som anger TTL-värde beroende på information från server och/eller användare.

## **2.1 Konstanta TTL-algoritmer**

Konstanta TTL-algoritmer kan grupperas efter vilken av systemets tillståndsinformation kluster-DNS:en använder för att välja webbserver, såsom ovillkorlig, användarbelastning eller användarens geografiska position, serverbelastning eller någon kombination av dessa. [1]

### **2.1.1 Utan tillståndsinformation**

Round Robin DNS (RR-DNS) är en algoritm för att på ett enkelt sätt fördela förfrågningar mellan serverar. Detta görs genom att för varje ny förfrågan ange nästa server tills man når slutet av listan för att sedan börja om

från början. RR-DNS ger en obalanserad belastningsfördelning mellan serverna eftersom olika många användare från samma domän<sup>15</sup> kan använda sig av mellanliggande servrar. Andra nackdelar är att RR-DNS ignorerar serverkapacitet och tillgänglighet. Därför behövs andra alternativ där tillstånd för systemet kan användas [1].

### **2.1.2 Med tillståndsinformation**

Information om serverna är nödvändigt för att hög tillgänglighet ska uppnås. Genom att ignorera servrar som är överbelastade eller på annat sätt inte är tillgängliga ökar tillgängligheten för webbserversystemet. Serverna kan även rapportera till kluster-DNS:en med ett alarm om att de är överbelastade och inte bör väljas som svar på DNS-förfrågningar. En metod är att alltid välja den minst belastade webbservern.

DNS-algoritmer blir mest effektiva då de använder både server- och användartillståndsinformation såsom belastningen från en viss domän, belastningen på serverna och alarm från serverna [1].

## **2.2 Adaptiva TTL-algoritmer**

Sned belastning på ett webbserversystem uppstår dels pga. olika serverkapacitet och olika mängder användare från olika domäner. Konstanta TTL-algoritmer kan inte anpassas till förhållanden med sned belastning.

Webbserverbelastningen ökar med TTL-värdet oberoende av antalet användare i en domän, eftersom ett högre TTL-värde gör att kopplingen mellan IP-adress och namn sparas av flera, då det existerar under en längre tid. Genom att anpassa TTL-värdet dynamiskt efter server och användardomärens uppskattade storlek kan en jämnare fördelning ske.

Adaptiva TTL algoritmer fungerar i två steg. Först väljs den mest passande servern för att klara av den uppskattade belastningen från den aktuella do-

---

<sup>15</sup> domän är en grupp med datorer. Dels kan det vara datorer som tillhör t.ex. kth.se-domänen, dels datorer som tillhör någon viss IP-domän (de har IP-adresser inom samma nätverk).



mänen. I ett andra steg bestäms TTL-värdet. DNS-förfrågningar från större domäner kommer att få ett lägre TTL-värde så att färre webbförfrågningar genereras. Små domäner får istället ett högre TTL-värde för att jämna ut belastningen. [1]

### **2.3 Jämförelse av DNS-baserade tekniker**

Algoritmer baserade på information om uppskattad belastning från domäner och alarm från webbserver ger bättre lastbalansering än RR-DNS. Enligt Cardellini, Colajanni, och Yu ger adaptiva TTL-algoritmer bäst resultat för distribuerade webbserverssystem.

## **3 Fördelarbaserade tekniker**

För att åstadkomma total kontroll över hur förfrågningar lastbalanseras kan en centraliserad fördelare användas. Tekniken är transparent för användaren, där fördelaren har en publik IP-adress och gömmer webbserverna bakom sig. Det som skiljer olika fördelarbaserade system åt är hur användare fördelas mellan webbserver såsom enkel eller dubbel paketomskrivning<sup>16</sup>, paketvidarebefordran<sup>17</sup> och HTTP-omdirigering<sup>18</sup>. Samtliga använder sig oftast av enkla algoritmer för att bestämma till vilken webbserver som fördelningen ska ske, detta för att minska fördröjning av fördelningen.

### **3.1 Enkel omskrivning**

Enligt Dias et al. används en TCP-router<sup>19</sup> som fördelare där omskrivning av IP-adressen och TCP-huvudet sker. Fördelaren har en publik IP-adress

---

<sup>16</sup> paketomskrivning, Internet är baserat på Internet Protocol (IP) som bl.a. erbjuder adressering. Tillsammans med TCP (Transport Control Protocol) erbjuder IP en tillförlitlig förbindelse för dataöverföring som sker i form av paket. Fördelaren skriver om paket som är adresserade till denne för att sedan skicka dem till utvald webbserver på det privata nätet. Den information som skrivs om är bl.a. mottagarens och sändarens IP-adress beroende på vilken teknik som används.

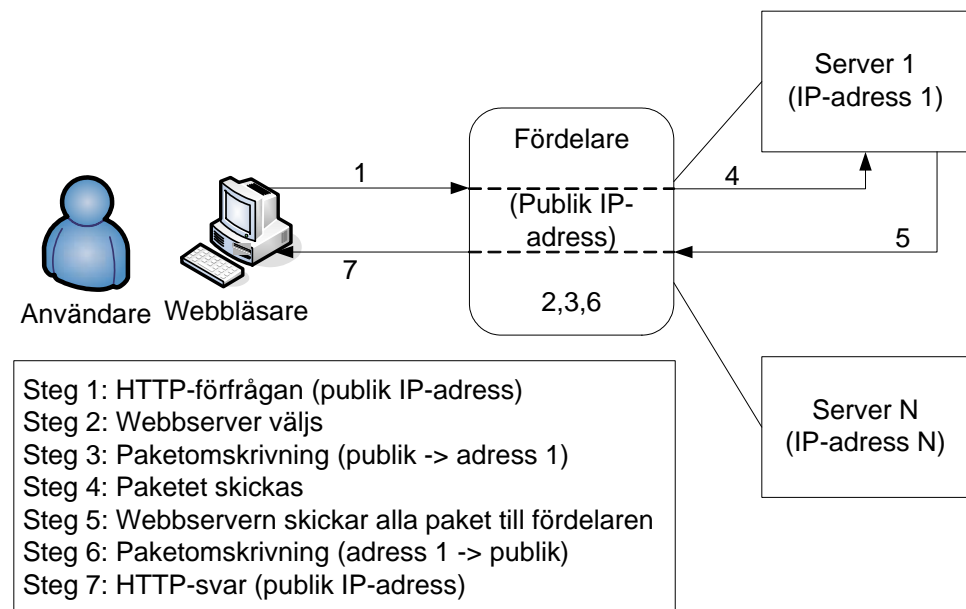
<sup>17</sup> paketvidarebefordran, Istället för att skriva om IP-paketet kan informationen i länklagrets huvud (t.ex. MAC-adressen när det gäller Ethernet-nätverk) ändras på samma sätt som när paket vidarebefordras av en router.

<sup>18</sup> HTTP (Hypertext Transfer Protocol) är det protokoll som används på Internet för att kommunicera mellan en webbläsare och en webbserver. HTTP-omdirigering består av att webbservern svarar till webbläsaren att för att nå den sökta webbadressen så ska webbläsaren hämta information ifrån angiven adress.

<sup>19</sup> En TCP-router (mer generellt på eng. är layer 4 switch) arbetar i huvudsak på det fjärde lagret (Transportlagret) i OSI-modellens protokollstack

som den byter ut mot en av webbservrarnas. Fördelaren sparar information om aktuella TCP-förbindelser för att kunna skicka fler paket från samma sändare till samma mottagare. När webbservern har svaret är redo skickar den det direkt till användaren utan att gå via fördelaren. För att användaren ska fortsätta kommunicera med fördelaren byter webbservern ut sin adress mot fördelarens. Om en webserver slutar fungera raderas den från fördelarens lista över möjliga servrar. En TCP-router med enkel omskrivning kan tillsammans med en DNS-baserad lösning utökas från LAN- till WAN-system. [2]

### 3.2 Dubbel omskrivning



**Figur 2 Dubbel paketomskrivning med fördelare**

System med dubbel omskrivning använder i grunden samma princip som system med enkel omskrivning. För att ett system med enkel omskrivning ska fungera behöver webbservern ändras så att den svarar med fördelarens IP-adress istället för sin egen. Denna förändring behöver inte göras när ett system med dubbel omskrivning används. Fördelaren fungerar som mellanhand. Alla användare tror att de endast pratar med fördelaren och webbservarna tror att de bara har fördelaren som användare. Figur 2 visar hela händelseförloppet för hur en fördelare med dubbel omskrivning fungerar.

När webbservern har ett svar skickare den det till fördelaren eftersom det var därifrån frågan kom. Fördelaren skickar i sin tur svaret vidare till användaren. För att åstadkomma detta skriver fördelaren om paket i båda riktningar.

### **3.3 Paketvidarebefordran**

Istället för att skriva om IP-adressen kan paketen vidarebefordras på samma sätt som med IP-routrar<sup>20</sup>. En möjlighet är att alla servrar befinner sig på samma LAN och att alla har samma IP-adress men att ARP<sup>21</sup> är avstängt på webbservrarna. Därför kommer paketen till fördelaren, som är den enda enhet på det lokala nätverket som svarar på ARP-förfrågningar. Därför adresseras alla paket till fördelaren som i sin tur kan skicka paketen vidare utan att ändra IP-adressen, endast MAC-adressen<sup>22</sup>. Webbservrarna svarar sedan direkt till användaren utan att svaret passerar fördelaren. Eftersom webbservrarna redan har samma IP-adress som fördelaren behöver ingen ändring av webbservern förutom att stänga av svar på ARP-förfrågningar.

### **3.4 HTTP-omdirigering**

En fördelare kan ta emot alla HTTP-förfrågningar för att sedan svara med omdirigeringskommandon innehållande den mest passande webbservern. Med denna metod behöver ingen omskrivning av IP-adresser göras. Väntetiden blir något längre för användaren, eftersom webbläsaren måste ställa en fråga på nytt efter att den fått svaret om att omdirigering ska ske.

---

<sup>20</sup> En IP-router arbetar i huvudsak på det tredje lagret (Nätverkslagret) i OSI-modellens protokollstack och benämns ofta generellt som layer 3 switch i engelsk facklitteratur detta för att det är det tredje lagret oavsett om IP används eller ej. En IP-router är kopplingen mellan två nätverk. Den får paket från det ena nätverket, ändrar MAC-adressen till en adress på det andra nätverket dit paket sedan skickas.

<sup>21</sup> ARP (Address Resolution Protocol) är det protokoll som används på det länklagret i ett Ethernet-nätverk och översätter IP-adresser till nätverkskortens adresser.

<sup>22</sup> MAC-adress (Media Access Control adress) är för Ethernet-nätverk en adress som består av 48 bitar i hexadecimalt som används för att adressera ett nätverkskort.

### **3.5 Jämförelse av fördelarbaserade tekniker**

Eftersom det ofta är fler utgående paket än inkommande ökar risken för att en fördelare med dubbel omskrivning blir en flaskhals. Enkel omskrivning tar bort en del av den dubbla omskrivningens problem då arbetet att skriva om svarspaketen är delegerat till webbservrarna. Men med enkel omskrivning återstår samma, extra, arbete som paketomskrivningen innebär. Med HTTP-omdirigering blir det dubbelt så många TCP-förbindelser, men tekniken kan användas för både LAN- och WAN-webbserversystem. [1]

## **4 Serverbaserade tekniker**

Serverbaserade tekniker väljer webbserver i två steg, först används någon DNS-baserad teknik för fördelning mellan webbservrar som i sin tur kan omdirigera till en annan webbserver.

Serverbaserade tekniker använder ingen centraliserad enhet utan alla webbservrar deltar i arbetet att lastbalansera. Enligt Cardellini, Colajanni, och Yu löses de flesta DNS-baserade problem som ojämn fördelning mellan domäner när webbservrarna kan omdirigera. Serverbaserade tekniker skiljer sig åt genom vilken teknik som används för att omdirigera paket. Dels finns HTTP-omdirigering, dels paketomdirigering.

### **4.1 HTTP-omdirigering**

När en användare gör en förfrågan till en webbserver kan den svara med ett HTTP-omdirigeringskommando så att användaren börjar använda en annan server.

Omdirigering kan ske av olika anledningar, som att den aktuella servern är överbelastad eller att en annan server är geografiskt närmare. Antingen kan hela domäner eller enskilda användare omdirigeras. Genom att enskilda användare omdirigeras kan en mycket finjusterad kontroll uppnås. [1]

Information som kan användas för att bestämma om, och till vilken webbserver omdirigering ska ske är serverbelastning, bandbredd och svarstider

för respektive server. Genom att denna information regelbundet distribueras mellan serverna kan dessa välja den uppskattat bästa servern för en viss användare. Att regelbundet skicka information mellan webbservrarna skapar en viss extra trafik som dock inte nämnvärt påverkar resultatet. [1]

Med HTTP-omdirigering skickas ett svar till användaren om vilken server denne ska använda istället, vilket leder till dubbelt så många förfrågningar. Det dubbla antalet förfrågningar blir den största nackdelen för användaren med HTTP-omdirigering eftersom den totala svarstiden ökar.

## **4.2 Paketomdirigering**

Paketomdirigering<sup>23</sup> fördelar förfrågningar mellan webbservarna med RR-DNS. Varje webserver kan sedan omdirigera förfrågningar genom att skriva om paketen, vilket är transparent för användaren. Den här metoden fungerar på liknande sätt som den med enkel resp. dubbel omskrivning med fördelarbaserade system. Skillnaden här är att ingen enda enhet tar hand om fördelningen utan den görs av samtliga webbservrar. [3]

Två olika metoder beskrivs av Bestavros et al. för att omdirigera paketen. Den första består av en enkel hashfunktion<sup>24</sup> som beräknar ett hashvärde baserat på sändarens IP och TCP-portnummer. Eftersom portnummer inte finns tillgänglig i HTTP-fragment<sup>25</sup> gör det metoden oanvändbar. En annan metod är att använda information om belastningen från de andra webbservrarna och sedan spara en tabell om varifrån och vart paketen ska omdirigeras. [3]

Paketomdirigering fungerar både med LAN- och WAN-lösningar. En nackdel är att det med WAN-lösningar blir längre fördröjning då de olika webbservrarna är mer spridda än med en LAN-lösning.

---

<sup>23</sup> Paketomdirigerings tekniken som beskrivs är DPR (Distributed Packet Rewriting) [3]

<sup>24</sup> hashfunktion är en funktion som översätter en större mängd indata till t.ex. ett mindre tal (hashvärde) som används som index i en tabell för att snabbt få ytterligare information.

<sup>25</sup> HTTP-fragment är en del av ett HTTP-paket som har blivit uppdelad pga. att det var för stort för att kunna sändas i ett TCP-paket. Den första paket innehåller information om portnummer, vilket resterande delar inte gör.

## 5 Diskussion och slutstats

Att uppnå ett system med hög tillgänglighet är något som är önskvärt för ett webbserversystem. För att kunna uppnå hög tillgänglighet krävs att systemet är fullständigt redundant. Det vill säga ett fullständigt redundant system är ett system som inte har någon enskild del där ett fel kan slå ut hela systemet (single point of failure). Ett fördelarbaserat system använder en fördelare som hela systemet är beroende av. Detta beroende gör det inte lämpligt att använda ett fördelarbaserat system för att uppnå hög tillgänglighet. Det går dock att kombinera flera fördelarbaserade system med t.ex. DNS-baserad adaptiv teknik eller serverbaserade metoder för att fördela trafiken mellan fördelarna.

En eller flera DNS-servrar kommer alltid att behöva användas oavsett vad man har i övrigt. Genom att använda mer än en DNS-server uppnås högre tillgänglighet.

Ett prisvärt alternativ är serverbaserad teknik med paketomdirigering eftersom den inte lika stor fördröjning som HTTP-omdirigering ger och eftersom serverbaserad teknik inte behöver nyttja någon ytterligare hårdvara som en fördelare. För att sprida förfrågningarna mellan webbserverna föreslås DNS-baserad teknik antingen med enkel RR-DNS eller hellre med de mer avancerade adaptiva TTL-algoritmerna.

## 6 Referenser

1. Cardellini, V., Colajanni, M. & Yu, P.S. (1999). Dynamic Load Balancing on Web-Server Systems, *IEEE Internet Computing*, 3 (3) s. 28-39
2. Dias, D.M. et al. (1996). A Scalable and Highly Available Web-Server, *Proc. 41st IEEE Computer Soc. Int'l Conf.*, IEEE Computer Soc. Press, Los Alamitos, Calif. s. 85-92.
3. Bestavros, A. et al. (1998). Distributed Packet Rewriting and its Application to Scalable Web Server Architectures, *Proc. 6th IEEE Int'l Conf. Network Protocols*, IEEE Computer Soc. Press, Los Alamitos, Calif.,