STUDIA INFORMATICA 2001
Volume 22 Number 2 (44)

Andrzej KOWALCZYK, Piotr KLUCZWAJD
Politechnika Śląska, Instytut Informatyki

QUALITY OF SERVICE JAKO PRZYKŁAD WYSOKO WYDAJNEGO MECHANIZMU PRZESYŁANIA INFORMACJI W SIECIACH KOMPUTEROWYCH

Streszczenie. Niniejszy artykuł przedstawia zasadę działania oraz przykłady implementacji mechanizmu Quality of Service. We wstępie opisano ideę rozwiązania, a następnie omówiono jego poszczególne składniki, np. protokół RSVP. Końcowy fragment zawiera wnioski oraz – dla porównania – przedstawia inne mechanizmy regulacji ruchu w sieciach komputerowych. Prace badawcze zostały wykonane w ramach Badań Kierunkowych.

QUALITY OF SERVICE AS AN EXAMPLE OF A HIGH PERFORMANCE MECHANISM FOR INFORMATION TRANSMISSION IN COMPUTER NETWORKS

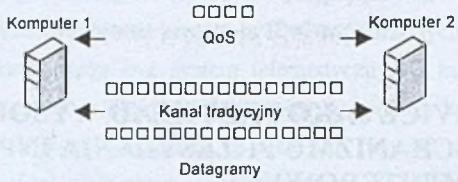
Summary. This paper presents the principles and implementation examples of the Quality of Service mechanism. The introduction covers the idea of this solution, followed by its individual components, e.g. the RSVP protocol. The last section contains the conclusions and – just for comparison – describes other mechanisms used for traffic regulation in computer networks. The research work was carried out within the frames of the Statutory Research Works.

1. Wstęp

Zaimplementowanie w systemie usługi QoS (Quality of Service) pozwala programom działającym w czasie rzeczywistym (real-time programs) wykorzystywać pasmo transmisyjne, oferowane przez sieć w sposób najbardziej efektywny. Ponieważ QoS do pewnego stopnia gwarantuje przydział wystarczających zasobów sieciowych, można

powiedzieć, że korzystanie z sieci publicznej staje się pod względem poziomu świadczonych usług podobne do korzystania z sieci prywatnej.

Gwarancja udzielana przez QoS wskazuje na taki poziom usług, który pozwala programowi transmitować dane w akceptowalny sposób, w możliwych do przyjęcia ramach czasowych.



Rys. 1. Idea rozwiązania Quality of Service – gwarantowany przydział pewnego fragmentu pasma transmisyjnego
Fig. 1. The idea of the Quality of Service – guarenteed allocation of a given bandwidth

Celem QoS jest ustanowienie gwarantowanego systemu dostaw w ramach określonej sieci, np. tak jak ma to miejsce w przypadku sieci Internet i wykorzystywanych w niej pakietów IP. Na mechanizmy, jakie w tym celu wykorzystuje QoS, składają się odpowiednie *usługi* oraz *protokoły*. Jakkolwiek poszczególne implementacje QoS mogą się nieco różnić, w dalszej części artykułu autorzy skupią się na rozwiązaniach firmy Microsoft, włączonych do rodziny systemów Windows 2000, gdyż ten mechanizm był przez nich testowany w ramach prac badawczych.

2. Quality of Service w systemie Microsoft Windows 2000

Implementacja mechanizmu QoS w systemie Windows 2000 zawiera:

- SBM (Subnet Bandwidth Management), czyli usługę kontroli pasma transmisyjnego w określonej podsieci.
- RSVP (Resource Reservation Protocol), czyli protokół umożliwiający nadawcy i odbiorcy ustanowienie zarezerwowanego połączenia (kanału komunikacyjnego) w obrębie sieci dla przesyłu danych.
- Szereg usług regulujących ruch w sieci, umożliwiających przydzielanie priorytetów oraz utrzymanie harmonogramu czasowego dla poszczególnych kanałów komunikacyjnych.

Postaramy się teraz krótko omówić najistotniejsze składniki QoS w systemie Microsoft Windows 2000.

2.1. Protokół RSVP

Klienci korzystający z QoS stosują RSVP, czyli protokół rezerwacji zasobów, do realizacji żądań przydziału pasma transmisyjnego z uwzględnieniem odpowiednich priorytetów. Jest to protokół sygnalizacyjny, służący do przekazywania odpowiednich żądań rezerwacji pasma transmisyjnego wzdłuż ścieżki przesyłu danych, określonej wcześniej przez protokół wyboru trasy (routing protocol). Protokół RSVP:

- pozwala na realizację zarówno transmisji w trybie mutlicast (rozgłoszenia grupowe), jak i unicast (komunikacja jeden-do-jeden),
- przekazuje żądania rezerwacji pasma do wszystkich składników sieci znajdujących się na trasie przesyłu danych,
- utrzymuje rezerwacje na każdym fragmencie sieci zgodnym z RSVP lub w każdym węźle (np. ruterze, komputerze, przełączniku) znajdującym się pomiędzy nadawcą i odbiorcą,
- jest przezroczysty dla ruterów (*router*) i przełączników (*switch*), które nie obsługują standardu RSVP.

Aby żądanie rezerwacji mogło być w pełni zrealizowane, każdy węzeł znajdujący się na drodze przesyłanych danych musi przyznać rezerwację i fizycznie zagwarantować żądane pasmo transmisyjne. Przyjmuje się, że przyznając rezerwację każdy węzeł zgadza się dostarczyć odpowiednie zasoby.

Jeśli rezerwacja zostaje odrzucona, program otrzymuje natychmiastową odpowiedź informującą o tym, że sieć nie jest w danym momencie w stanie dostarczyć pasma o odpowiednich parametrach lub też zagwarantować wymaganego poziomu usług. Trzeba wtedy zdecydować, czy starać się przesyłać dane, wykorzystując to, co sieć jest w stanie dostarczyć bez gwarancji, czy też zaczekać i wznowić żądanie później.

Protokół RSVP wymaga okresowego odnawiania rezerwacji. Informacje dotyczące rezerwacji lub jej stanu są przechowywane w każdym węźle. Jeśli w wyniku działania protokołu wyboru trasy ścieżka przesyłu danych ulegnie zmianie, RSVP automatycznie dokona rezerwacji niezbędnych zasobów wzdłuż nowej trasy. Jeśli węzły nie otrzymują informacji o odnowieniu rezerwacji, to po upływie określonego czasu (time out) rezerwacje są automatycznie odrzucane, a pasmo transmisyjne zwalniane – mechanizm ten zapewnia „odzyskiwanie" fragmentów pasma transmisyjnego w przypadkach zrywania transmisji przez aplikacje, które wcześniej dokonywały rezerwacji.

Należy w tym miejscu zwrócić uwagę na fakt, iż implementacje QoS są raczej nowością, co powoduje, że większość pracujących w sieci ruterów i przełączników nie jest niestety zgodna z RSVP. Żądania rezerwacji są wtedy przez nie przepuszczane w sposób przezroczysty, co skutkuje brakiem gwarancji uzyskania odpowiedniego pasma transmisyjnego.

Zaletą rozwiązania jest to, że RSVP może bez żadnych modyfikacji współpracować z prawie wszystkimi stosowanymi obecnie protokołami wyboru trasy, włączając najpopularniejszy TCP/IP.

2.2. QoS Admission Control czyli implementacja usługi SMB

QoS Admission Control to składnik systemu Windows 2000 stosowany do zarządzania wykorzystaniem zasobów sieciowych (pasmem transmisyjnym) na poziomie podsieci. Jest on oparty na standardzie IETF, dotyczącym zarządzania pasmem transmisyjnym w ramach podsieci.

Jako że efektywny przydział i wykorzystanie zasobów oferowanych przez sieć stają się obecnie bardzo istotnym problemem związanym z przesyłem danych multimedialnych w sieciach rozległych, QoS rozwiązuje ten problem zapobiegając zajmowaniu przez aplikacje większego pasma transmisyjnego, niż sieć jest w stanie dostarczyć i niż jest to niezbędne, co powodowałoby nieprzewidywalne pogorszenie jakości świadczonych usług. Kontroli podlega zarówno szerokość przyznawanego pasma transmisyjnego, sposób przesyłu danych, jak i możliwość korzystania z odpowiednich priorytetów.

Konsola QoS Admission Control może być wykorzystywana do centralnego tworzenia i zarządzania założeniami QoS. Założenia można stosować w odniesieniu do konkretnych użytkowników, programów, lokalizacji czy całego przedsiębiorstwa.

Dowolny klient zgodny ze specyfikacją SBM może przy pomocy QoS składać żądania przydziału określonego pasma transmisyjnego z wymaganym priorytetem. Dotyczy to każdego komputera z systemem Windows 2000 lub 98 bądź z zainstalowanym klientem SBM. Program klienta chcący wysyłać dane musi być dostosowany (zgodny) do pracy z QoS.

2.3. Usługi regulujące ruch w sieci

Mechanizm usług regulujących ruch w sieci pozwala na:

- redukcję opóźnień oraz czasu przesyłu (skumulowane opóźnienia) podczas transmisji danych przez sieć rozległą,
- współpracując z QoS Admission Control i RSVP pozwala osiągać poziom usług oraz priorytety uzgodnione podczas żądania przydziału pasma transmisyjnego,
- rozpoczynanie działanie w chwili, gdy program klienta zgodny z QoS generuje żądanie przydziału zasobów sieciowych,
- sterowanie przepływem danych przez urządzenia, które korzystają z RSVP, pozostając przezroczystym dla tych, które nie są z nim zgodne.

2.3.1. Składniki usług regulujących ruch w sieci

W celu redukcji opóźnień podczas przesyłu danych przez sieć wykorzystywane są odpowiednie procedury, pozwalające sterować ruchem oraz nadawać odpowiednie priorytety przesyłanym strumieniom danych, wykorzystując do tego celu mechanizmy klasyfikacji i harmonogramowania pakietów.

- Moduł klasyfikujący pakiety określa klasę usług, do której należy pojedynczy pakiet. W celu umożliwienia obsługi przez moduł harmonogramujący po klasyfikacji pakiety są kolejkowane ze względu na poziom usług.
- Moduł harmonogramowania pakietów określa rozkład (harmonogram) dostarczania pakietów z każdej kolejki, rozwiązując konflikty powstające wtedy, gdy oczekujące w kolejkach pakiety wymagają jednoczesnego dostępu do zasobów sieciowych. Moduł ten pobiera informacje od modułu klasyfikującego, tworzy kolejki dla każdego strumienia danych, po czym opróżnia kolejki z szybkością określoną przez RSVP podczas tworzenia strumienia. Moduł ten powinien być instalowany na wszystkich systemach klienckich, które dokonują rezerwacji zasobów w podsieci nadzorowanej przez QoS Admission Control.

2.3.2. Poziomy oferowanych usług sieciowych

Poziom oferowanych usług sieciowych dla każdego strumienia danych jest konfigurowany w założeniach QoS Admission Control jako część właściwości określających ruch w danej podsieci. Ruch w sieci można podzielić na dwie podstawowe grupy:

- Tak zwany ruch elastyczny (flexible traffic), który szybko adaptuje się do wszelkich zmian. Jest on zwykle generowany przez aplikacje interaktywne lub programy zorientowane transakcyjnie (np. przesyły danych pomiędzy bazami danych). Gdy dostępne jest wąskie pasmo transmisyjne, przesył danych jest oczywiście wolny, a szybkość pracy nadawcy jest automatycznie dopasowywana do wydajności sieci.
- Tak zwany ruch czasu rzeczywistego (real-time traffic), charakteryzujący się tym, że odstęp czasu pomiędzy odbiorem dwóch dowolnych pakietów musi być identyczny z odstępem czasu ich nadania. Jego zdolności dopasowywania się do zmiennych parametrów sieci są oczywiście mocno ograniczone, a ewentualne opóźnienia mogą mocno wypaczyć sens przesyłanych danych (np. przerywana fonia czy prezentacja wideo).

QoS Admission Control oferuje trzy poziomy usług. Pierwszy z nich – tzw. metoda **dokładania największych starań** (best effort method) – jest odpowiedni dla ruchu elastycznego, pozostałe dwa – metoda **kontrolowanego obciążenia** (controlled load) oraz **gwarantowanej usługi** (guaranteed service) powinny być stosowane w przypadku ruchu

w czasie rzeczywistym, gdyż dają mu odpowiednie preferencje, pozostawiając niewykorzystany fragment pasma transmisyjnego wolny dla innych celów.

- Metoda **dokładania największych starań** – jest standardem dla większości sieci opartych na protokole IP. Jest to bezpołączeniowy model dostawy danych, właściwy dla ruchu elastycznego, w którym pakiety są przesyłane bez gwarancji utrzymania krótkich opóźnień czy odpowiedniej szerokości pasma transmisyjnego.
- Metoda **kontrolowanego obciążenia** – jest to swego rodzaju przybliżenie metody dokładania największych starań dla warunków niezbyt dużego obciążenia sieci. Kanał danych korzystający z tego rodzaju usługi w ramach elementu sieci może się liczyć z bardzo małym lub praktycznie żadnych opóźnieniem przesyłu danych lub ewentualnością ich utraty.
- Metoda **gwarantowanej usługi** – gwarantuje maksymalną wartość opóźnienia podczas przesyłu danych. Stosowanie jej ma sens wtedy, gdy każdy węzeł znajdujący się na drodze przesyłanych danych jest w stanie ją zrealizować, włączając w to zwłaszcza rutery i przełączniki zgodne z QoS oraz RSVP.

Jest oczywiste, że największe korzyści przynosi stosowanie ostatniej metody przesyłu danych, trzeba jednak wziąć pod uwagę stosunkowo duże obciążenie sieci i znacznie węższe pasmo pozostające dla programów korzystających z pierwszej metody (ruch elastyczny).

2.3.3. Wymagania sprzętowe

Jedynym wymaganiem, jakie stawia się sprzętowi, jest zgodność kart sieciowych ze standardem 802.1p. Jest to standard zapewniający mechanizmy niezbędne do kontroli ruchu w sieci. Niestety, ocenia się, iż jedynie niewielka część sprzętu pracującego obecnie w sieciach spełnia to wymaganie.

2.3.4. Konfiguracja systemu

Na komputerze pracującym pod kontrolą systemu operacyjnego Windows 2000 Server, będącym członkiem domeny, w skład której wchodzi podsieć, którą chcemy zarządzać, musi być uruchomiona usługa QoS Admission Control. QoS działa w ramach warstwy sieciowej (IP), obsługując najistotniejsze protokoły warstwy transportowej (TCP, UDP i RTP). Dla wszelkich programów nie korzystających z QoS usługa ta pozostaje niewidoczna (przezroczysta), a podczas przesyłu danych stosują one metodę dokładania największych starań (best effort).

2.4. Kontrola dostępu (Admission Control) – zasady działania

Programy czasu rzeczywistego korzystają zwykle z bezpołączeniowych protokołów transmisyjnych (np. UDP), gdyż pozwalają one na szybką transmisję danych nie gwarantując

jednak ani czasu dostawy, ani samego faktu ich przesłania. W przypadku dużego obciążenia kanału mogą się pojawić opóźnienia, a nawet utraty pakietów, co w wielu przypadkach jest niedopuszczalne – trudno wyobrazić sobie wideokonferencję bez przesyłu obrazów lub dźwięku.

Rozwiązaniem może tu być zastosowanie usług typu „kontrola dostępu", które gwarantując określoną przepustowość dla danego kanału przesyłu danych, umożliwiają jego współistnienie z innymi, bardziej tradycyjnymi, metodami przesyłu informacji w ramach tej samej sieci. Rozwiązanie to wydaje się być uzasadnione zwłaszcza wtedy, gdy alternatywą byłaby konieczność stosowania innego rodzaju sieci (połączenia) dla każdego z przesyłanych strumieni danych.

QoS Admission Control pozwala centralnie decydować, jak, komu i kiedy przydzielać dostępne zasoby sieciowe. Zgłaszając żądanie przydziału pasma transmisyjnego każdy komputer chcący skorzystać z QoS określa dostępne pasmo na podstawie:

- bieżącego stanu dostępnych w sieci zasobów,
- założeń systemowych QoS, dotyczących użytkowników.

2.4.1. Przydział pasma transmisyjnego

Komputer z zainstalowaną usługą QoS Admission Control akceptuje lub odrzuca żądania przydziału pasma transmisyjnego biorąc pod uwagę tzw. założenia systemowe dotyczące użytkowników. Żądanie jest odrzucane wtedy, gdy zgłaszający albo nie posiada odpowiednich praw do rezerwacji pasma o wysokim priorytecie, albo też w ramach sieci nie są dostępne wymagane zasoby, lub też gdy sieć sama w sobie nie jest w danej chwili w stanie sprostać żądaniom klienta. W takim przypadku ruch w kanale nigdy nie jest wstrzymywany, a program żądający przydziału pasma jest informowany o zaistniałej sytuacji i musi sam określić, czy przesyłać dane stosując metodę dokładania największych starań czy też zaczekać do chwili, gdy wymagane zasoby będą dostępne.

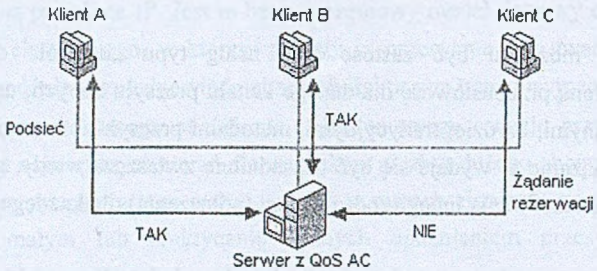
Komputer regulujący ruch obsługuje dochodzące żądania w następujący sposób:

1. Przeprowadza weryfikację użytkownika (stosowany jest protokół Kerberos).
2. Z Active Directory pobiera założenia systemowe dotyczące QoS dla danego użytkownika.
3. Po upewnieniu się, że użytkownik może żądać określonych zasobów, sprawdza, czy są one dostępne.
4. Obsługuje lub odrzuca żądanie (zgodnie z wynikiem postępowania punktu 3).

2.4.2. Przykład modelu klient-serwer

W sytuacji przedstawionej na rysunku 2 serwer z zainstalowaną usługą QoS AC został skonfigurowany tak, aby przydzielać kanały transmisyjne w ramach łącza o przepustowości

20 Mbps. Klienci to komputery żądające przydziału fragmentu pasma o przepustowości 10 Mbps dla celów wideokonferencji.



Rys. 2. Przykład działania QoS w modelu klient-serwer
Fig. 2. An example of how QoS works in a client-server model

1. Program wideokonferencji uruchomiony na komputerze A żąda zarezerwowania kanału o gwarantowanej przepustowości 10 Mbps w ramach dostępnej sieci. Po upewnieniu się, że ma on odpowiednie uprawnienia, oraz że zasoby są dostępne, następuje przydział kanału.
2. Taka sama sytuacja ma miejsce w odniesieniu do klienta B.
3. Żądając przydziału podobnego kanału klient C spotka się z odmową, gdyż w ramach dostępnych zasobów wymagane pasmo nie jest już dostępne. Będzie on musiał zadecydować, czy czekać, aż wymagane zasoby zostaną zwolnione, czy też zdecydować się na przesył z użyciem metody dokładania największych starań.

2.5. Implementacja założeń systemowych QoS

Założenia systemowe QoS są w istocie połączeniem dwóch głównych rodzajów założeń, a mianowicie założeń dotyczących *dowolnego* użytkownika *autoryzowanego* oraz założeń dotyczących *dowolnego użytkownika nieautoryzowanego*.

2.5.1. Hierarchia założeń systemowych

Podczas weryfikacji uprawnień użytkownika zgłaszającego żądanie przydziału pasma transmisyjnego założenia są weryfikowane przez system w następujący sposób:

1. Wartości założeń o wyższym priorytecie mają pierwszeństwo przed założeniami o niższym priorytecie, jeśli zostały one zdefiniowane w obydwu przypadkach.
2. Jeśli nie zdefiniowano wartości założeń o wyższym priorytecie, system sięga do wartości o niższym priorytecie.

3. Gdy dla użytkownika bądź grupy zdefiniowano profil, założenia są aplikowane w następującej kolejności:
   a) założenia użytkownika dla danej podsieci,
   b) założenia grupy dla danej podsieci,
   c) założenia użytkownika autoryzowanego dla danej podsieci,
   d) założenia użytkownika w ramach przedsiębiorstwa,
   e) założenia użytkownika autoryzowanego w ramach przedsiębiorstwa.

Założenia efektywne wyznaczane są jako kumulacja założeń składowych.

2.5.2. Rodzaje założeń

Hierarchia założeń systemowych dotyczących QoS przebiega od najbardziej szczegółowych (konkretny użytkownik pracujący w danej podsieci) do najmniej szczegółowych (założenia dla dowolnego użytkownika w ramach wszystkich podsieci).

2.5.2.1. Założenia na poziomie przedsiębiorstwa

Są to założenia dotyczące korzystania z zasobów sieci dotyczące wszystkich użytkowników, w ramach wszystkich podsieci, w których korzystamy z QoS. Konfiguracja założeń w odniesieniu do konkretnego użytkownika wymagana jest wtedy, gdy z jakichś powodów chcemy potraktować go inaczej.

2.5.2.2. Założenia na poziomie podsieci

Dotyczą one konkretnej podsieci w ramach całego przedsiębiorstwa. Wartością domyślną są tu założenia z poziomu przedsiębiorstwa. Dodatkowe założenia należy tworzyć wtedy, gdy z jakichś powodów chcemy zróżnicować przesył danych w ramach konkretnej podsieci, np. wyróżnić podsieć o okablowaniu 100 Mbps, w sytuacji gdy reszta przedsiębiorstwa realizuje standard 10 Mbps.

2.5.2.3. Założenia na poziomie użytkownika

Dotyczą one konkretnych grup użytkowników i dzielą się na dwie grupy: założenia dotyczące użytkownika autoryzowanego (zalogowanego do domeny obdarzonej zaufaniem – *trusted domain*) oraz założenia dotyczące użytkownika nieautoryzowanego (pochodzącego z domeny obcej – *untrusted domain*).

3. Wnioski - korzyści płynące ze stosowania QoS

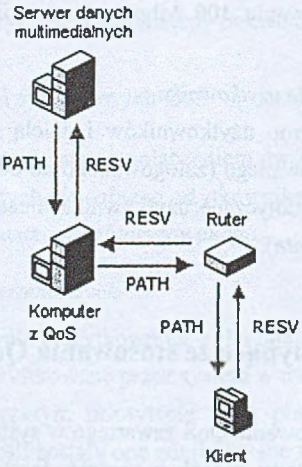
Korzyści wynikające ze stosowania QoS zawartego w systemie Windows 2000 to przede wszystkim fakt, iż można w prosty sposób zarządzać dostępnym pasmem transmisyjnym dzięki następującym udogodnieniom:

1. scentralizowanym założeniom i konfiguracji podsieci dokonywanym w ramach konsoli sterującej QoS Admission Control,
2. wykorzystaniu identyfikatorów użytkowników i podsieci w celu rezerwowania odpowiednich zasobów sieciowych,
3. przezroczystości procesu rezerwacji dla przeciętnego użytkownika (użytkownik nie musi sam niczego robić, a proces rezerwacji pasma przebiega automatycznie),
4. możliwości podziału dostępnego pasma na część dostępną dla ruchu o większym priorytecie oraz część dostępną dla ruchu o niższym priorytecie,
5. gwarancji dostaw danych od nadawcy do odbiorcy przy niskich opóźnieniach,
6. możliwości współpracy z sieciami typu LAN, WAN, ATM, Ethernet czy Token Ring,
7. grupowych przesyłów (multicast) wiadomości dotyczących rezerwacji pasma,
8. przetwarzaniu wiadomości dotyczących rezerwacji pasma, szyfrowanych przez komponent Windows IP Security.

3.1. Przykład zastosowania QoS

Przykładem stosowania QoS może być przedstawiona poniżej sytuacja.

Na wstępie trzeba jednak zaznaczyć, że proces rezerwacji pasma przebiega od końca, tzn. od odbiorcy do nadawcy – pozwala to na lepsze dopasowanie do środowisk heterogenicznych. Każdy odbiorca dokonuje rezerwacji, a wszelkie konflikty są rozwiązywane przez RSVP (np. jeśli różni odbiorcy żądają różnych pasm, nadawca oraz ruter łączą żądania, przyjmując jako wiążące maksymalne wartości żądane).



Rys. 3. Typowy ciąg zdarzeń wykorzystujących wiadomości RSVP
Fig. 3. Typical sequence of events utilising the RSVP messages

W przykładzie tym klient żąda przesyłu danych przez serwer danych multimedialnych. Wiadomości PATH (ścieżka) oraz RESV (rezerwacja) przechodzą pomiędzy kolejnymi węzłami łączącymi odbiorcę z nadawcą w celu ustanowienia rezerwacji pasma, tak aby serwer mógł przesłać dane do klienta z zachowaniem odpowiednich priorytetów, a pośrednie węzły były w stanie obsłużyć to żądanie we właściwy sposób.

1. Serwer danych multimedialnych przesyła wiadomość PATH do komputera z zainstalowaną usługą QoS Admission Control.
2. Komputer z QoS AC przyjmuje żądanie i przesyła je w kierunku klienta. Wiadomość typu PATH przechodzi przez sieć tak, że w każdym węźle pozostaje kopia wiadomości ustalonej oraz adres IP poprzedniego węzła na drodze danych.
3. Po dotarciu do klienta generowana jest przez niego zwrotna wiadomość RESV, która podąża w przeciwnym kierunku (do serwera danych multimedialnych), wykorzystując informacje o adresach IP zawarte w każdym węźle w celu określenia trasy powrotu.
4. W chwili gdy wiadomość RESV dociera do węzła, rezerwacja jest przyjmowana i następuje przydział fizycznego fragmentu pasma transmisyjnego. Węzeł przechowuje informacje na temat stanu rezerwacji i informuje, że dane powinny być przesłane.

Zarówno serwer danych multimedialnych, jak i klient okresowo wymieniają wiadomości typu PATH i RESV, aby utrzymać rezerwacje pasma (konieczność odświeżania).

4. Inne stosowane mechanizmy regulacji ruchu sieciowego

4.1. Kolejkowanie klasyczne – Class Based Queuing (CBQ)

Początkowo stworzono je na potrzeby zarządzania na poziomie ruterów. Kolejkowanie to wykorzystuje ustaloną liczbę (typowo poniżej 10) kolejek typu FiFo (First in, First out). Ruch sieciowy jest przesyłany do kolejki, gdzie czeka na dokończenie innych przesyłów, zanim sam zostanie przekazany dalej. Jeśli wykorzystywane są protokoły TCP/IP, nadawca czeka na sygnał potwierdzenia, zanim kolejne pakiety zostaną umieszczone w kolejce. W przypadku dużego zróżnicowania szybkości przesyłów, a także zbyt płytkich lub zbyt głębokich kolejek, zachowanie całości systemu odbija się negatywnie na funkcjonowaniu sieci. Istnieje kilka różnych form kolejkowania, np.: Class Based Queuing – zarządzające ruchem sieciowym na podstawie klasyfikacji oraz Priority Queuing – oparte na priorytetyzacji ruchu.

Mechanizm kolejkowania jest ograniczony i dostarcza jedynie statycznych metod klasyfikacji ruchu sieciowego, w zależności od wykorzystanej technologii. Klasyczne

kolejkowanie jest ze swej natury relatywnie reaktywne i może zarządzać jedynie ruchem wychodzącym.

4.2. Zmiana rozmiaru okna TCP – TCP Windows Sizing

Zarządzanie ruchem sieciowym w oparciu o zmiany rozmiaru okna TCP (znane również pod nazwą TCP Rate Control) przechwytuje i permanentnie modyfikuje każdy z przekazywanych pakietów w strumieniu komunikacyjnym, tak że suma rozmiarów okien TCP wszystkich obsługiwanych połączeń nie przekracza przepustowości systemu. Każda decyzja dotycząca indywidualnego okna TCP musi być oparta na informacjach o całkowitej sumie rozmiarów okien pozostałych połączeń. Taki ciągły proces modyfikacji rozmiaru okna ma kilka mankamentów:

- Ponieważ zmiana rozmiaru okna TCP wymaga każdorazowo potwierdzenia dla każdej wiadomości – nie może być wykorzystana przy protokołach innych niż TCP (np. bezpołączeniowych UDP lub ICMP). W takiej sytuacji jedynym rozwiązaniem jest kolejkowanie ruchu.
- Techniki zmiany rozmiaru okna nie mogą regulować ruchu przychodzącego, a jedynie wychodzący, ponieważ decyzja jest podejmowana poza nadawcą.
- Wraz ze wzrostem liczby obsługiwanych połączeń zmniejsza się wydajność, precyzja i przewidywalność.

4.3. Kolejkowanie przez śledzenie wielu ścieżek - Multi Path Queuing

Technologia opracowana i opatentowana przez firmę Check Point stała się podstawą komercyjnego produktu - FloodGate-1. Odróżnia ją od prezentowanego wcześniej rozwiązania firmy Microsoft brak konieczności użycia oprogramowania klienckiego, służącego do żądania wymaganego przydziału pasma od serwera. Administrowany centralnie system w sposób elastyczny potrafi, bazując na zdefiniowanych regułach, operujących m.in. priorytetyzacją poszczególnych protokołów, automatycznie i transparentnie zarządzać obsługiwanym ruchem, gwarantując żądaną jakość usług dla wszystkich rodzajów używanych protokołów TCP/IP. Kontroluje ruch poprzez nielimitowaną liczbę kolejek wirtualnych. Monitorując ruch sieciowy na poziomie warstwy IP gromadzi i dynamicznie uaktualnia informacje o sesjach i aplikacjach dla każdego przychodzącego i wychodzącego połączenia. W ten sposób określana jest liczba wirtualnych kolejek do utworzenia i kolejność, w jakiej są przesyłane dalej. Działając z wyprzedzeniem, MPQ automatycznie kolejkuje do wysłania każdą wiadomość w oparciu o priorytetyzację połączeń. Kiedy wzrasta natężenie ruchu, tworzone są dynamicznie dodatkowe kolejki, tak że komunikacja nigdy nie jest

opóźniana przez kolejkę, która jest zbyt pełna, ani w wyniku oczekiwania na zmianę rozmiaru okna danych.

MPQ kontroluje przepływ informacji bez potrzeby czekania na otrzymanie potwierdzenia RTT. Ponadto MPQ działa w sposób przezroczysty, nie powodując absolutnie żadnych zmian w przekazywanych pakietach TCP – w odróżnieniu np. od techniki zmiany rozmiaru okna danych. Zamiast tego wykorzystuje wbudowany mechanizm dławików automatycznie dostosowujących konsumpcję dostępnego pasma.

4.3.1. Opis architektury Multi Path Queuing

Implementuje trzy technologie:

- Inteligentny motor kolejkujący – do alokacji pasma,
- Stateful Inspection – służący klasyfikacji połączeń,
- RDED (Retransmission Detection Early Drop) – służącą redukcji liczby retransmisji i w związku z tym sztormów retransmisyjnych.

Wykorzystywany inteligentny motor kolejkujący rozszerza algorytm używający wag do zarządzania dostępnym pasmem (*Weighted Fair Algorithm*). Mechanizmy rozkładające przesyłanie pakietów są instalowane na każdym interfejsie sieciowym w systemie i przekazują według harmonogramu uporządkowane pakiety przez dynamicznie zmieniające się drzewo, dzielące dane na strumienie przetwarzane z różną przepustowością, stosownie do zaimplementowanych reguł. Pakiety o wysokim priorytecie przemieszczają się przez to drzewo i pojawiają się na jego końcu szybciej niż te, którym przypisano niższe priorytety, zaś nasilenia komunikacyjne są opóźniane i wygładzane przez mechanizm planowania.

Inteligentnie opóźniając komunikację, motor kolejkujący efektywnie kontroluje pasmo wszystkich przesyłów IP, odpowiadając natychmiast na zmiany warunków i gwarantując zachowanie ustalonych priorytetów.

Inspekcja stanu umożliwia analizę informacji uzyskiwanych ze wszystkich warstw komunikacyjnych. Stan i kontekst są składowane i uaktualniane dynamicznie, dostarczając danych o wirtualnych sesjach służących śledzeniu zarówno protokołów połączeniowych (TCP), jak i bezpołączeniowych (np. UDP). Zgromadzone w ten sposób informacje są wykorzystywane do detalicznej klasyfikacji rodzajów ruchu sieciowego. Można w ten sposób np. przetwarzać adresy URL i ustalać priorytety w oparciu o rodzaje plików.

Technika regulowania ruchu sieciowego - Multi Path Queuing wyróżnia się kilkoma zaletami w stosunku do innych technologii:

- Wspiera obsługę wszystkich protokołów TCP/IP (włączając w to również protokoły inne niż TCP) ze względu na brak konieczności potwierdzeń.
- Dostarcza możliwości zarządzania komunikacją przychodzącą – również ze względu na brak konieczności oczekiwania na potwierdzenia.

- Pozwala na nieprzerwaną regulację pasma bez sztucznego oczekiwania wprowadzanego przez oczekiwanie na RTT (Round Trip Time) lub zakończenie innych rodzajów komunikacji.

5. Podsumowanie

Należałoby stwierdzić, iż przedstawione rozwiązania wymagają korzystania ze sprzętu sieciowego (rutery, przełączniki) zgodnego z odpowiednimi standardami (np. protokół RSVP), co zawęża niestety możliwości ich implementacji. Alternatywą byłoby oczywiście stosowanie rozwiązań programowych, opartych np. na produktach Microsofta.

Zaletą propozycji firmy Microsoft jest niewątpliwie fakt wbudowania mechanizmu QoS w system operacyjny, co z jednej strony obniża ewentualne koszty, a z drugiej pozwala unikać problemów integracyjnych, jakie mogą się pojawiać w przypadku stosowania rozwiązań firmy trzeciej.

Alternatywne mechanizmy, nie wymagając modyfikacji oprogramowania klienckiego, bazując całkowicie na arbitralnej, centralnej kontroli ruchu sieciowego, mogą być stosowane w dowolnych, heterogenicznych środowiskach sieciowych (również tam, gdzie np. nie jest dostępna obsługa standardu RSVP).

LITERATURA

1. Microsoft Windows 2000 Server Resource Kit, Microsoft Press.
2. Dokumentacja techniczna i użytkowa pakietu Check Point 2000.

Recenzent: Dr inż. Krzysztof Nałęcki

Wpłynęło do Redakcji 2 kwietnia 2001 r.

Abstract

This paper presents the principles and implementation examples of the Quality of Service mechanism. The introduction covers the idea of this solution – Quality of Service is a mechanism, that is used to guarantee the required bandwidth during network transmission,

which makes it possible for applications to provide an adequate level of quality (especially as far as the so-called multimedia applications are concerned).

Individual components of Microsoft QoS are described in the following chapters. First is the RSVP protocol (used to reserve the required network resources), then the QoS Admission Control (an implementation of the SMB service) and finally other services used to control network traffic.

Sections 2.4.2 and 3.1 present two examples of QoS implementation.

Chapter 4 briefly describes (just for comparison reasons) other known mechanisms, used for traffic regulation in computer networks. The Class Based Queuing (CBQ), based upon the classical FIFO algorithm, is presented as the first alternative solution. Next follows the TCP Windows Sizing and Multi Path Queuing (the architecture of the last one is described in little more detail).

A short summary, reflecting the authors' opinion on the described solutions, is presented in chapter 5.

The research work was carried out within the frames of the Statutory Research Works carried out by the members of the Theory and Design of Computer Systems Team at the Technical University of Silesia in Gliwice.