

Naliczanie opłat w sieciach telekomunikacyjnych

Mirosław Kantor, Krzysztof Wajda (e-mail: {kantor, wajda}@kt.agh.edu.pl)
Katedra Telekomunikacji Akademii Górniczo-Hutniczej, Kraków

STRESZCZENIE

Artykuł prezentuje najważniejsze zagadnienia dotyczące naliczania opłat dla usług w sieciach telekomunikacyjnych. Omówiono uwarunkowania ekonomiczne oraz główne funkcje spełniane przez ten system. Wyjaśniono stosowane terminy i definicje. Określono wpływ metod naliczania opłat na zachowanie użytkowników usług. W podsumowaniu podano kryteria oceny schematów naliczania opłat.

ABSTRACT

Billing in telecommunication networks

This paper presents basic issues for billing system dedicated to support services in telecommunication networks. Main economic conditions and functionalities of the system are described. Fundamental terms and definitions are explained. Impact of billing system on service users' behavior is characterized. In concluding section main criteria for assessment of billing schemes are given.

1. Wprowadzenie

Pojawienie się nowoczesnych technik sieciowych w połączeniu z postępującą deregulacją rynków telekomunikacyjnych oraz rozprzestrzenianiem się Internetu stworzyło warunki silnej konkurencji dla dostawców usług telekomunikacyjnych. Dla nich ważne są zarówno możliwości techniczne oferowane przez zastosowane techniki telekomunikacyjne, jak również zagadnienia ekonomiczne. Z obserwacji rynku usług telekomunikacyjnych wynika, że samo zastosowanie rozwiązania, nawet najlepszego pod względem technicznym, nie gwarantuje odniesienia sukcesu na tym rynku. Ważną częścią każdego planu biznesowego mającego na uwadze sprzedaż tych usług musi być zatem właściwy schemat naliczania opłat za dostarczone usługi. Zagadnienia te zwłaszcza w środowisku wielooperatorskim pełnią kluczową rolę i muszą być wzięte pod uwagę, jeśli wchodzący na rynek dostawca usług chce osiągnąć sukces.

System opłat spełnia wiele różnych funkcji. Jest on nie tylko źródłem finansowania działalności operatorskiej, odgrywa także rolę regulatora rynku oraz regulatora zachowań użytkowników sieci (stymuluje zainteresowanie usługami). Jest to również jeden z mechanizmów umożliwiających sterowanie działaniem sieci oraz zwiększających jej stabilność. Dzięki możliwości naliczania opłat w krótkich odcinkach czasu użytkownik dodatkowo zyskuje możliwość wpływania na jakość dostarczanej usługi poprzez wybranie odpowiedniej dla siebie taryfy.

Artykuł jest próbą przeglądu najważniejszych zagadnień dotyczących taryfikacji usług w sieciach telekomunikacyjnych. Ze względu na wszechstronność zagadnienia, powiązanie rozpatrywanego tematu zarówno z obsza-

rem technicznym, w szczególności dotyczącym inżynierii ruchu, jak również z naukami ekonomicznymi, nie jest możliwe w ramach jednego artykułu objąć całość zagadnień. W literaturze światowej temat naliczania opłat jest bardzo szczegółowo analizowany. Artykuł [13] omawia schemat taryfikacji dla aplikacji multimedialnych. W artykułach [5, 1, 7] zbadano modele naliczania opłat bazujące na wykorzystaniu zasobów sieci. Praca [8] analizuje schemat naliczania opłat w sieciach z protokołem rezerwacyjnym RSVP. Źródłem informacji są także zalecenia ITU-T [2, 3]. Niewątpliwie bowiem proces taryfikacji usług jest związany z szeregiem dodatkowych zagadnień, od strony technicznej chociażby z płaszczyzną sterowania czy płaszczyzną zarządzania, od strony ekonomicznej natomiast z wydatkami operacyjnymi i inwestycyjnymi. Pojawiły się także artykuły opisujące modele taryfikacyjne zbudowane z użyciem teorii gier [9, 11], która to teoria opisuje zachowanie się użytkowników i operatorów na rynku.

W niniejszym artykule autorzy wskazali podstawowe zagadnienia związane z naliczaniem opłat w sieciach telekomunikacyjnych. W rozdziałach 2, 3 i 4 omówiona została specyfika rynku usług telekomunikacyjnych, jak również czynniki ekonomiczne mające wpływ na poziom cen. Procesy wchodzące w skład taryfikacji, jak również podstawowe definicje z nią związane są tematem rozdziałów 5 i 6. Metody ustalania cen, jak również wpływ metod naliczania opłat na zagadnienia dotyczące zarządzania ruchem znajdują się kolejno w rozdziałach 7 i 8. W artykule przedstawiono także kryteria, według których można dokonać oceny poszczególnych metod (rozdział 9).

2. Rynek usług telekomunikacyjnych

2.1. Rewolucja informacyjna

Od wielu lat obserwujemy głębokie, niemalże rewolucyjne zmiany zachodzące w obszarze usług telekomunikacyjnych. Najnowsze osiągnięcia w dziedzinie zarówno transmisji optycznych, jak i innych technik sieciowych, wspomagane przez elastyczne i twórcze oprogramowanie związane z siecią WWW, dostarczyły użytkownikom sieci platformę technologiczną, wspierającą wiele nowych i użytecznych usług. Olbrzymi wpływ na przydatność wspomnianych usług ma wszechobecność sieci Internet. Powstanie Internetu miało i ma ogromny wpływ na niemalże wszystkie sfery działalności człowieka, poczynając od polityki, zaangażowania w życie społeczne, działalność biznesową i inne. Działalność biznesowa realizowana dzięki sieci telekomunikacyjnej, znajdująca nowe metody i sposoby dotarcia do klienta, jak również umożliwiająca klientom korzystanie z usług oferowanych przez dostawców, jest czymś więcej niż tylko typowym działem ekonomii.

W świecie, w którym zachodzą tak głębokie zmiany spowodowane wprowadzaniem nowych usług telekomunikacyjnych, sposób naliczania opłat za te usługi musi odgrywać istotną rolę. Jest oczywistym fakt, że opłata musi być pobierana adekwatnie do wartości, jeśli dostawca usług ma odzyskać włożone koszty i pozostać na rynku. Ale jest to tylko jeden z wielu istotnych powodów, dla których istnienie naliczania opłat jest głęboko uzasadnione. Aby zrozumieć te powody, konieczne staje się wnikliwe przyjrzenie się, jakiego rodzaju produktem są usługi telekomunikacyjne, jak również poznać właściwości przedsiębiorstw/operatorów, które te usługi sprzedają.

2.2. Usługi informacyjne

Liczba połączeń możliwych do zestawienia pomiędzy n użytkownikami sieci jest równa $n(n-1)/2$. Jest to tzw. prawo Metcalfa, według którego wartość użytkowa sieci rośnie proporcjonalnie do kwadratu liczby połączonych komputerów. Prawo to odnosi się do faktu, że większa sieć jest bardziej konkurencyjna, ponieważ każdy z użytkowników większej sieci może się połączyć z większą liczbą innych użytkowników. Fakt ten powoduje, że wzrost liczby użytkowników staje się szczególnie istotnym celem działalności marketingowej operatorów. Mając na uwadze przyciągnięcie jak największej liczby klientów, operator sieci musi proponować atrakcyjne ceny. Niemniej jednak, usługi informacyjne są towarem podobnym do innych dóbr ekonomicznych i podstawowe prawa ekonomii mają również do nich zastosowanie. Jedno z tych praw mówi,

że zmniejszanie opłat zwiększa popyt. Właśnie w myśl tego prawa działają operatorzy sieciowi, którzy oferują darmowy zarówno dostęp do sieci, jak i podstawowe usługi, mając na celu rozbudzenie zainteresowania innymi oferowanymi przez siebie usługami, rozbudowę bazy klientów, a tym samym dalsze wzmacnianie efektu wynikającego z większego rozmiaru sieci.

Powyższe uwagi odnoszą się zarówno do nowoczesnych sieci transmisji danych, jak i do tradycyjnych sieci telekomunikacyjnych realizujących usługi głosowe. Oba typy sieci wykazują wrażliwość na efekty wynikające z rozmiaru sieci. Topologia sieci ogranicza bowiem liczbę klientów operatora, natomiast przepływność sieci – rodzaj i jakość oferowanych usług. Tak więc zarówno architektura sieci, jak i dostępna w niej przepływność muszą być uwzględnione w strategii działania operatora.

Tradycyjne sieci telekomunikacyjne i nowoczesne sieci pakietowe wykazują również podobieństwo, jeśli chodzi o koszty. Oba typy sieci wymagają dużych nakładów finansowych w celu ich zbudowania, natomiast koszty bieżącego działania sieci mogą być niewielkie. Jeśli nie ma przeciążenia w sieci, koszt krańcowy¹⁾ (*marginal cost*), czyli koszt dostarczenia dodatkowej jednostki usługi informacyjnej, może być bliski zeru. Jest to jedna z reguł rynkowych, która mówi, że w środowisku konkurujących ze sobą dostawców usług opłata za usługi dąży do kosztu krańcowego. Muszą się z tą regułą liczyć przedsiębiorstwa telekomunikacyjne, bo może się okazać, że cena, za jaką mogą sprzedać swoje usługi, może być bliska zeru, co może wpływać w sposób istotny na możliwości funkcjonowania operatora.

2.3. Szczególne cechy rynku usług telekomunikacyjnych

Na rozwój rynku usług telekomunikacyjnych największy wpływ miały dwa główne czynniki. Pierwszym z nich było pojawienie się tanich optycznych technik sieciowych DWDM (*Dense Wavelength Division Multiplexing*), umożliwiających transport wielu sygnałów optycznych w jednym światłowodzie. Drugim z kluczowych czynników była powszechna akceptacja protokołu IP jako wspólnej techniki wspierającej transmisję dowolnego typu informacji cyfrowej. Równocześnie, ze względu na przeszacowanie wielkości przyszłych żądań odnośnie wymaganej przepływności, nastąpiło znaczne przeinwestowanie środków w infrastrukturę światłowodową. Wspomniane powyżej czynniki spowodowały powstanie nowej, uproszczonej architektury sieciowej o niskim koszcie, która całkowicie zmieniła rynek tradycyjnych

¹⁾ Koszt krańcowy to koszt wyprodukowania kolejnej (dodatkowej) jednostki. Jest to więc wzrost kosztów całkowitych, wywołany wzrostem produkcji o jednostkę.

operatorów telefonicznych, których techniki transportowe są przystosowane do realizacji usług głosowych. Rynek usług informacyjnych zmienił się w tak znacznym stopniu, że przedsiębiorstwa działające w tej branży mogą nie być zdolne od odzyskania zainwestowanych środków oraz do efektywnego konkutowania z innymi. Jednym z powodów takiej sytuacji jest sposób działania sieci Internet, która jest przystosowana do transportu danych na tym samym poziomie jakości, niezależnie od aplikacji czy usług generujących te dane. Dzięki temu sieć jest prosta i tania. Prostota działania sieci Internet jest jednym z głównych powodów jej sukcesu. Niemniej oznacza to również, że dostawca usług szkieletowych nie ma zbyt wielu atutów w ręce, jeśli żąda znaczącej części kwoty, którą klient jest skłonny zapłacić za zrealizowaną usługę transportową *end-to-end*, w której usługa szkieletowa jest tylko częścią. Ta usługa jest powszechna, a zatem w środowisku konkurencyjnym będzie oferowana po niskiej cenie. Z drugiej jednak strony, jak wcześniej wspomniano, koszt budowy sieci jest znaczący. Rynkowe ceny usług sieciowych będą bliskie zeru, co znacznie utrudni operatorom odzyskanie środków zainwestowanych w nowe techniki, jak również spłacenie zaciągniętych kredytów. Paradoksalnie najlepszą siecią jest ta sieć, w której najtrudniej uzyskać dochody.

Paradoks „najlepszej sieci” nie jest zaskoczeniem dla ekonomistów. Jak wcześniej wspomniano, nie można uzyskać zbyt dużych zysków sprzedając towar czy usługę powszechnie dostępną. Sieć telefoniczna jest całkowicie różna od sieci pakietowej. Klienci korzystają jedynie z prostych urządzeń brzegowych (aparaty telefoniczne). Wszystkie usługi o wartości dodanej są dostarczane przez sieć. Usługi te są realizowane wewnątrz sieci, a nie na jej brzegach, co powoduje, że znajdują się pod całkowitą kontrolą operatora, który pobiera za nie ustalone przez siebie opłaty. W podobnej sytuacji znajdują się operatorzy sieci kablowych, którzy korzystają z dedykowanych sieci i uzyskują duże dochody. Sieci telefoniczne są zoptymalizowane pod kątem przenoszenia głosu, a nie danych. Sygnały głosowe są przewidywalne, jeśli chodzi o ich przepływność, podczas gdy dane wytwarzane i przenoszone w sieci pakietowej z samej swojej natury są nieregularne (*bursty*). Ze względu na postawione wymagania jakościowe (niezawodność i jakość głosu), techniki stosowane w sieciach przenoszących głos (SDH i SONET) są o rząd wielkości droższe od technik oferujących jedynie zwykły transport bitów o porównywalnej szerokości wymaganego pasma, czyli takich, jakie oferuje sieć Internet w powiązaniu z optycznymi technikami transportowymi. Uzyskiwana w sieciach głosowych jakość nie usprawiedliwia jednak ich znacząco większych cen usług. Jak wcześniej wspomniano, sieci

szkieletowe oferują olbrzymią, słabo wykorzystaną przepływność. Pozwoli to uzyskać w tej sieci jakość usług niemalże zbliżoną do tej oferowanej przez sieci telefoniczne, ale po znacznie niższych cenach. Nadmiar przepływności w sieciach szkieletowych nie jest sam w sobie problemem, bowiem fakt ten upraszcza problem sterowania i zarządzania sieciami.

3. Aspekty ekonomiczne definiowania systemu opłat

Usługi telekomunikacyjne są jednym z towarów, a zatem należy za nie pobierać odpowiednie opłaty. Opłaty te zależą od wielu czynników, m.in. od czynników ekonomicznych, takich jak podaż, popyt, jak również od mechanizmów panujących na rynku usług telekomunikacyjnych. Główni gracze na rynku usług telekomunikacyjnych to dostawcy tych usług, klienci korzystający z usług oraz instytucja regulująca, której zadaniem jest dbanie o maksymalizację tzw. „społecznej sprawiedliwości” (*Social welfare*). Popyt na usługi telekomunikacyjne zależy od wielu czynników, w tym niewątpliwie od:

- ceny usług,
- ceny usług komplementarnych i substytucyjnych,
- wielkości dochodu społeczeństwa,
- liczby abonentów usługi,
- czasu świadczenia usługi,
- gustów użytkowników.

Popyt na usługi zależy przede wszystkim od tego, jak bardzo klient ceni sobie daną usługę oraz ile jest za nią skłonny zapłacić.

Z drugiej strony, wielkość podaży zależy od tego, jakiego poziomu popytu spodziewa się dostawca usług oraz od jego własnych kosztów, które zależą od efektywności podejmowanych działań. Natura konkurencji pomiędzy dostawcami usług, sposób ich współdziałania z klientami, mechanizmy stosowane przez regulatora rynku – wszystko to wpływa na poziom cen usług telekomunikacyjnych.

Jak wcześniej wspomniano, jednym z czynników wpływających na poziom cen jest konkurencja. Jest to jeden z ważniejszych czynników, ponieważ zwiększa on całkowitą efektywność ekonomiczną, tj. zwiększa sumaryczną wartość usług, które są wytwarzane oraz zużywane. Niestety, konkurencja nie zawsze pojawia się samoistnie na każdym rynku. W takim wypadku regulator rynku, zazwyczaj określona agencja rządowa, podejmuje odpowiednie działania mające zwiększyć wspomnianą efektywność. Poprzez odpowiednie regulacje dotyczące typów taryf, jak również częstotliwości, z jaką mogą się one zmieniać, regulator zapewnia uzyskanie zwiększonej sumarycznej sprawiedliwości w porównaniu z sytuacją rynku nieregulowanego. Ponadto regulator może uwzględnić dodatkowe czynniki, które zarówno przez dostawców usług, jak i przez klientów mogą być zaniedbywane. Przykładem jest wymaganie

stawiane przez regulatora dotyczące dostępności podstawowych usług dla każdego, niezależnie od jego zdolności płatniczych.

4. Funkcja użyteczności

Preferencje użytkownika usług telekomunikacyjnych można zamodelować przez tzw. „funkcję użyteczności” (*utility function*), która opisuje wrażliwość użytkowników na zmiany poziomu jakości świadczonych usług. Funkcję tę można również interpretować jako wysokość opłaty, jaką użytkownik jest skłonny zapłacić za dany poziom jakości usługi QoS. W idealnym przypadku funkcja użyteczności powinna zależeć wprost od parametrów jakościowych danej usługi, takich jak opóźnienie czy poziom straty pakietów. Niestety, w większości działających sieci bardzo trudno z wyprzedzeniem przewidzieć wspomniane parametry, które w znacznym stopniu zależą od modelu ruchowego, stosowanych reguł kolejkiowania czy też topologii sieci. A zatem funkcja użyteczności jest często określana przez wielkość zasobów udostępnianych przez operatora sieci dla usługi, z której użytkownik korzysta. W ten sposób, chociaż nie bezpośrednio, funkcja użyteczności nadal określa wrażliwość użytkownika na zmiany poziomu jakości świadczonej usługi.

Aplikacje, z których korzystają klienci, wykazują różny stopień wrażliwości na parametry QoS. Przykładowo, usługi przesyłania głosu i sygnału wideo w czasie rzeczywistym są bardzo wrażliwe na opóźnienie i zmienność opóźnienia (*jitter*), podczas gdy tradycyjne aplikacje stosowane do przesyłania danych są bardziej wrażliwe na straty pakietów. Zatem, aby scharakteryzować zachowanie użytkownika przy określonym schemacie naliczania opłat, należy przełożyć wrażliwość aplikacji na funkcję użyteczności.

W [4] wyróżniono funkcje użyteczności dla czterech typów aplikacji:

- 1) poczty internetowej,
- 2) transferu plików,
- 3) zdalnego logowania,
- 4) przesyłania głosu w czasie rzeczywistym.

Dla aplikacji obsługujących przesyłanie wiadomości pocztowych przyjęto, że funkcja „użyteczność” jest malejącą funkcją zarówno średniego opóźnienia, jak i procentu wiadomości niedostarczonych w ciągu 5 minut; dla usługi zdalnego logowania satysfakcja użytkownika zmniejsza się wraz ze wzrostem średniego czasu odpowiedzi z drugiej strony; dla aplikacji przesyłających głos w czasie rzeczywistym ważnymi parametrami są opóźnienie i procent pakietów głosowych, których opóźnienie przekracza 25 i 150 ms.

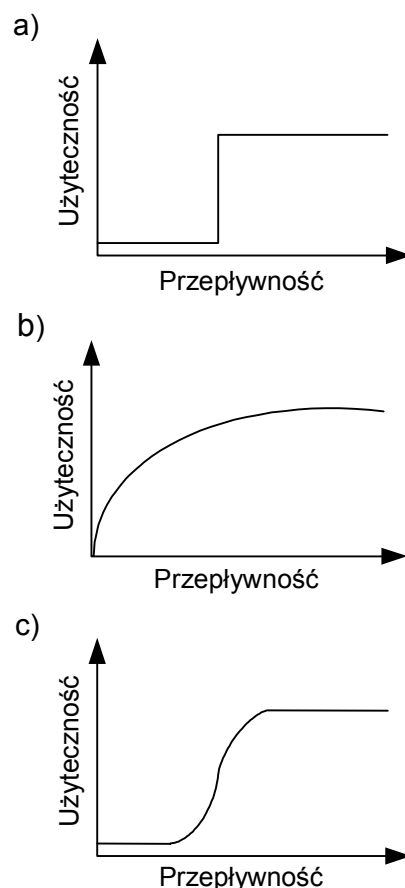
Odmierna metoda określenia funkcji użyteczności polega na określeniu zasobów przydzielonych do reali-

zacji danego strumienia ruchu czy też połączenia, które pośrednio wskazują na oczekiwany poziom jakości realizowanej usługi. Należy w tym przypadku rozróżnić dwa typy aplikacji, mianowicie:

- 1) aplikacje wykazujące tolerancję na zmianę warunków obsługi, „elastyczne” (*elastic*);
- 2) „nieelastyczne” (*inelastic*).

Aplikacje przesyłające głos i sygnał wideo w czasie rzeczywistym, które stosują kodowanie o stałej przepływności, wymagają stałej przepływności dla zapewnienia odpowiedniej jakości usługi, a zatem są nieelastyczne. Zatem funkcja użyteczności w tym przypadku może być zamodelowana poprzez funkcję krokową (rys. 1a). Z drugiej strony tradycyjne aplikacje typu *e-mail* są elastyczne: mogą one tolerować zmienne opóźnienia, do realizacji tego typu usługi nie jest również potrzebna zbyt duża przepływność bitowa. Funkcja użytkowa w tym przypadku może zostać zamodelowana w sposób przedstawiony na rysunku 1b.

Istnieje również grupa aplikacji czasu rzeczywistego, która może reagować na zmiany w dostępnym paśmie poprzez kodowanie adaptacyjne, jakkolwiek oczywiście minimalne wymagania muszą być spełnione. Dla tych częściowo elastycznych aplikacji funkcja użyteczności może przyjąć kształt jak na rysunku 1c.



Rys. 1. Funkcje użyteczności

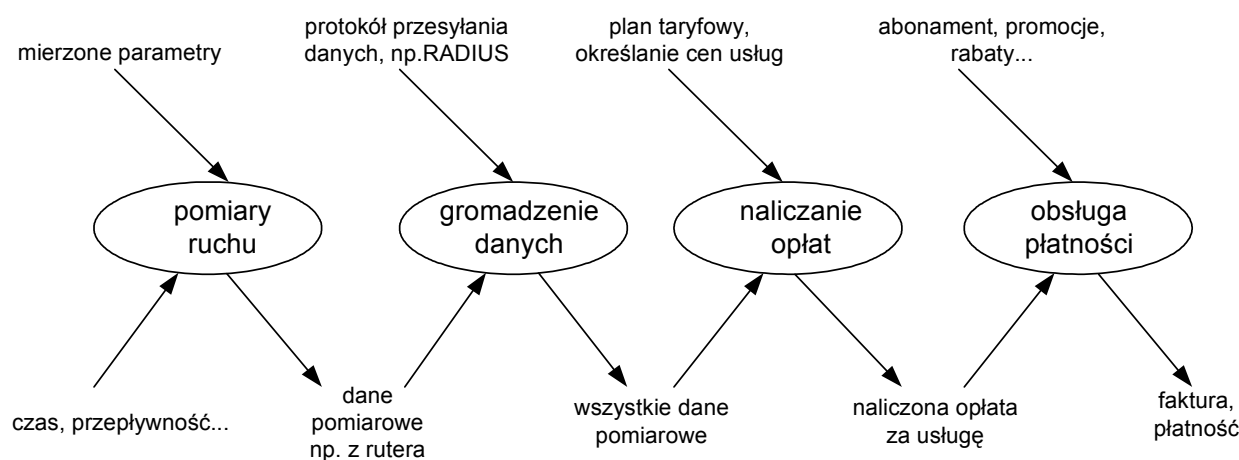
Należy mocno podkreślić, że założenie dotyczące znajomości funkcji użyteczności *a priori* jest trochę kontrowersyjne. Precyzyjne zamodelowanie zachowania użytkownika może być, oprócz innych czynników, najbardziej krytyczną częścią problemu naliczania opłat. Zakładając znajomość tej funkcji podejmujemy ryzyko zbytniego uproszczenia bardzo złożonego i zależnego od wielu czynników procesu podejmowania decyzji odnośnie wyboru odpowiedniej opcji przez klienta.

5. Procesy taryfikacji

Proces pobierania opłat za dostarczoną usługę telekomunikacyjną jest bardzo złożony i wymaga przeprowadzenia kilku podprocesów. Są to następujące procesy [12]:

- pomiary ruchu w sieci (*metering*),
- naliczanie/gromadzenie danych (*accounting/collecting*),
- określanie cen usług (*pricing*),
- naliczanie opłat (*charging*),
- obsługa płatności (*billing*).

Zależności pomiędzy podprocesami taryfikacji przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Proces taryfikacji usług telekomunikacyjnych

Prowadzenie pomiarów w sieci pozwala operatorowi zarówno na ustalenie stopnia wykorzystania zasobów przez użytkownika, jak i poznanie wielkości generowanego ruchu. Dzięki prowadzeniu pomiarów możemy również określić stan sieci, tzn. czy jest w stanie przeciążenia, awarii itp. Wiedza taka jest potrzebna, bowiem niektóre metody taryfikacji mogą uwzględniać te zjawiska w swoich algorytmach naliczania opłat.

Zmierzone w trakcie pomiarów wielkości, dotyczące wykorzystania zasobów sieci w związku ze świadczeniem usługi konkretnemu użytkownikowi, są następnie

gromadzone w jednym miejscu. Informacje te pochodzą od węzłów zaangażowanych w realizację danej usługi, jak również od nadawcy i odbiorcy. Zestaw gromadzonych parametrów zależy od rodzaju infrastruktury sieciowej i typu usług. Opisują one parametry używane w schemacie naliczania opłat, np. wykorzystywaną przepływność, czas trwania połączenia, gwarantowaną jakość itp. Do przesyłania rekordów pomiarowych stosuje się różne protokoły, m.in. RADIUS, TIPHON, DIAMETER czy też CRANE.

W kolejnym procesie określone są ceny poszczególnych usług lub ceny wykorzystania jednostki zasobów sieci.

Podczas naliczania opłat za korzystanie z usług zmierzone parametry, które określają stopień wykorzystania zasobów sieci, są wyrażane w jednostkach pieniężnych. Opłata końcowa jest wyliczana na podstawie przyjętego przez operatora algorytmu, uwzględniającego wybrane wielkości.

Ostatni z wymienionych procesów, czyli obsługa płatności, jest związany z wymianą dokumentów rozliczeniowych pomiędzy dostawcą usługi a klientem oraz egzekwowaniem należności za zrealizowaną usługę.

6. Główne definicje związane z naliczaniem opłat

W celu uporządkowania pojęć dotyczących naliczania opłat wprowadzimy pewne definicje. Mówimy, że od klienta pobierana jest **opłata** (*charge*) za dostarczone usługi telekomunikacyjne. Opłata ta jest wyliczana na podstawie właściwych dla danej usługi **taryf**. Taryfa może być złożoną funkcją, może uwzględniać wiele aspektów związanych z samą usługą (jej scenariuszem, stopniem skomplikowania), jak również z pomiarami pozwalającymi ocenić wielkość ruchu przesyłanego

w związku z korzystaniem z usługi przez klienta. Przykładowo, taryfa dotycząca usługi telefonicznej mogłaby być określona przez comiesięczną stałą opłatę, przez liczbę wykonanych połączeń, ich czas trwania, pory dnia oraz to, czy była to rozmowa lokalna czy też zamiejscowa. Opłata końcowa wystawiona dla klienta będzie uwzględniała dodatkowe czynniki, jak np. warunki ekonomiczne, regulację rynku czy też czynnik marketingowy.

Z kolei **cena** (*price*) jest to opłata związana z pojedynczą wykorzystaną jednostką. Przykładowo, operator sieci telekomunikacyjnej może stosować taryfę dwuczęściową w formie $a+bx$, gdzie parametr a jest stałą comiesięczną opłatą, x jest liczbą minut wynikającą z przeprowadzonych połączeń, natomiast parametr b jest ceną jednostki połączenia, czyli np. minuty. W przypadku ogólnym taryfy opisanej zależnością $r(x)$, gdzie x jest liczbą zużytych jednostek, cena jednostkowa może zależeć od x . Zakładając, że zużyto x jednostek, cena dodatkowej jednostki wynosi $p=dr(x)/dx$. Jeśli taryfa jest w postaci $r(x)=p^T x$ dla pewnego wektora cen p , wówczas $r(x)$ jest taryfą liniową. Wszystkie inne formy taryfy są taryfami nieliniowymi. Przykładowo, $a+bx$ jest nieliniową taryfą, podczas gdy bx jest taryfą liniową.

Całkowita opłata za usługę może uwzględniać cztery składniki:

- 1) opłatę za dostęp do usługi,
- 2) opłatę za wykorzystanie zasobów sieciowych,
- 3) opłatę wynikającą z przesyłania pakietów w sytuacji natłoku w sieci,
- 4) opłatę za jakość realizowanej usługi.

Stale opłaty za dostęp do usługi są obecnie bardzo rozpowszechnione. Od użytkownika pobiera się opłatę w formie abonamentu za przywilej dostępu do sieci. Jego zadaniem jest pokrycie stałych kosztów działalności sieci. Z kolei opłaty wynikające ze stopnia wykorzystania zasobów sieciowych podczas realizacji danej usługi mają pokryć zmienne koszty działania sieci. Użytkownik płaci za każdy pakiet lub wiadomość przesyłaną przez sieć. Opłaty pobierane w czasie natłoku sieci z kolei odzwierciedlają dodatkowe koszty przesyłania wiadomości w takich warunkach i powinny być przeznaczone na finansowanie przyszłego rozwoju sieci (nie jest to jednak podejście naturalne, bo trudno się zgodzić z „karaniem” klienta za stan natłoku w sieci). Na koniec, opłaty za jakość realizowanej usługi uwzględniają fakt, że użytkownik powinien ponieść dodatkowe koszty, aby uzyskać wyższy od podstawowego poziom dostarczanej usługi.

7. Metody ustalania cen usług

Sposób ustalania cen zależy głównie od dwóch czynników, mianowicie kto ustala cenę oraz jaki jest cel ustalania ceny. Można wyróżnić trzy główne odpowiedzi i powody.

W pierwszym przypadku rozważamy sytuację, w której to rynek ustala cenę usługi. Rozpatrując wykres krzywej podaży i popytu, znajdujemy się wówczas w punkcie równowagi, w którym popyt jest równy podaży. Oczywiście podaż i popyt przy ustalonej cenie zależy od możliwości technologicznych dostawcy usług, kosztów dostarczenia usługi oraz wartości, jaką użytkownicy przypisują danej usłudze. Jeśli ceny będą zbyt niskie, wówczas wystąpi niedobór usługi na rynku, ponieważ dostawcy nie będą mieli odpowiedniej motywacji do jej dostarczania. Z drugiej strony, jeśli ceny będą zbyt wysokie, wówczas powstanie znaczna nadwyżka towaru na rynku, podaż przewyższy popyt.

Druga sytuacja dotyczy przypadku, w którym to dostawca ustala cenę usługi. Celem dostawcy jest takie ustalenie ceny usługi, aby zniechęcić potencjalnych konkurentów do wejścia na rynek, na którym on działa. Jest to przykład gry, która ma miejsce przy pewnych założeniach dotyczących zarówno dostawcy operującego już na rynku, jak i chcącego wejść na rynek.

Trzeci z powodów ustalania cen dotyczy sytuacji, w której to „żonglowanie” cenami usług tworzy mechanizm wymuszający podejmowanie pewnych działań przez użytkownika danej usługi. Oczywiście dostawca usług nie wskazuje bezpośrednio działań, które chciałby, aby użytkownik podjął, natomiast ceny są środkiem do nagradzania lub karania użytkownika za działania, które są, lub nie są, pożądane. Motywuje on w ten sposób użytkowników do wybrania usług (lub szczególnych parametrów), które zarówno zaspokoją ich potrzeby, jak i nie dopuszczą do marnotrawienia zasobów sieciowych. Przypuśćmy, że dostawca usług zarządza pulą modemów dostępowych. Jeśli pobiera opłaty za każdą jednostkę czasu połączenia, wówczas zachęca użytkowników do rozłączenia się, kiedy nie będą więcej potrzebowali danej usługi. Jest to działanie zachęcające do racjonalnego wykorzystywania zasobów sieciowych. Opłata natomiast oparta jedynie na pobieraniu opłat za każdy przesłany bit nie zachęca do takiego działania.

Podane zostały trzy główne powody ustalania cen za usługi. Niekoniecznie wszystkie te powody prowadzą do ustalenia takiej samej ceny. Nie ma bowiem jednej jedynie słusznej recepty na ustalanie cen. Ceny bowiem zależą m.in. od kontekstu, w którym są ustalone, jak również od często sprzecznych ze sobą warunków.

8. Wpływ metod naliczania opłat na zarządzanie ruchem

Metody naliczania opłat za usługi telekomunikacyjne mają duży wpływ na zagadnienia dotyczące zarządzania ruchem. Wpływ ten był przedmiotem intensywnych badań nie tylko z ekonomicznego punktu widzenia. Jakkolwiek proponowane rozwiązania różnią się między sobą, to mają jedno główne przesłanie:

odpowiednia polityka ustalania cen zachęca użytkowników do podejmowania działań, które poprawiają całościowo rozumiane wykorzystanie sieci oraz sposób jej działania. W obszarze zarządzania zasobami sieci można wyróżnić kilka dziedzin, na które ma wpływ polityka dotycząca ustalania i pobierania opłat za usługi. Są to m.in. następujące płaszczyzny zarządzania siecią:

- Sterowanie natłokiem (*congestion control*)

Sugestie dotyczące zastosowania odpowiednich metod naliczania opłat w celu uniknięcia natłoku w sieci pojawiały się w pracach badawczych dosyć często. Jednym ze sposobów pozwalających na zmniejszenie ruchu przenoszonego przez sieć jest zastosowanie dynamicznego modelu naliczania opłat, odpowiadającego bieżącemu stanowi sieci. Gdy w sieci zaczyna pojawiać się nadmiar ruchu, ceny zaczynają wzrastać, zniechęcając użytkowników do korzystania z usług sieci w danej chwili; gdy obciążenie wróci do odpowiedniego poziomu, ceny maleją, zachęcając tym samym użytkowników do przesyłania większej ilości danych. Należy podkreślić, że nowoczesne metody inżynierii ruchu wskazują, że duży zysk można osiągnąć w sytuacji kształtowania ruchu (*shaping*), aby przesyłane strumienie były bardziej „przewidywalne” – te zagadnienia wszechstronnie opracowywano w przypadku definiowania reguł działania sieci w technice ATM.

- Sterowanie przyjmowaniem zgłoszeń (*call admission control*)

Kwestie związane z naliczaniem opłat mają również wpływ na decyzje dotyczące zestawiania połączeń (np. dla ATM). W sieciach, w których kontrakt ruchowy został zawarty z klientem przed rozpoczęciem korzystania z usługi, do pobierania opłat wykorzystuje się zadeklarowane wcześniej przez użytkownika parametry generowanego przez siebie ruchu. Nagradzani są ci użytkownicy, którzy generują ruch dokładniej odpowiadający zadeklarowanym parametrom. Inaczej mówiąc, za ruch, który przewyższa zadeklarowaną przez użytkownika wartość, pobierana jest znacznie większa opłata niż za ruch odpowiadający ustalonym parametrom. W tym znaczeniu naliczanie opłat powinno regulować zachowanie użytkowników, maksymalizując zysk operatora.

- Zarządzanie zasobami (*resource management*)

Taryfy uwzględniające porę dnia czy też dynamiczne naliczanie opłat mają wpływ zarówno na wielkość ruchu generowanego przez użytkowników, jak i na rozkład ruchu w ciągu dnia. Umiejętność wpływania poprzez politykę cenową na wielkość oczekiwanego ruchu może być użyteczna dla operatorów wymiarujących swoje sieci, jak również dla celów efektywnego zarządzania już dostępnymi zasobami.

- Obsługa płatności (*billing*)

Aby wystawić właściwy rachunek za dostarczoną usługę telekomunikacyjną, należy przeprowadzić wiele operacji, zaczynając od pomiaru uwzględnianych w zastosowanej taryfie parametrów, przez zebranie zmierzonych parametrów w jednym centrum kolekcjonującym te dane, do naliczenia opłat za wykorzystane zasoby. Natura tych procesów, które muszą być wykonane w węzłach dostępowych, jak również dodatkowy ruch generowany w celu konsolidacji danych pomiarowych są ważnymi zagadnieniami w inżynierii ruchu. Do systemu bilingowego odnosi się także wymaganie, według którego system ten nie powinien wcale lub tylko w niewielkim stopniu wpływać na istniejące protokoły lub aplikacje.

9. Kryteria oceny schematów naliczania opłat

Dla usługi sieciowej można zaproponować dowolny schemat naliczania opłat. Niemniej jednak to, czy jest to schemat właściwy, zależy od czynników, które bierzemy pod uwagę. Można wyróżnić kilka kryteriów, które mogą być pomocne przy ocenie odpowiedniości przyjętego schematu naliczania opłat. Poniżej wymieniono kilka z nich [6, 10].

Pierwszym kryterium jest zgodność z istniejącymi technikami sieciowymi, które również wskazuje na złożoność implementacyjną danego schematu. Jest oczywistym fakt, że schematy naliczania opłat, które są zgodne z istniejącymi technikami, są łatwiejsze do zaadaptowania niż te, które wymagają znaczących zmian w istniejącej infrastrukturze telekomunikacyjnej, protokołach sieciowych, aplikacjach, itp. Kryterium to jest silniejsze od kryterium, które uwzględnia jedynie złożoność implementacyjną, ponieważ dany schemat może być łatwo wprowadzony, natomiast nie będzie zgodny z istniejącymi technikami sieciowymi.

Kolejnym kryterium jest zakres i ilość koniecznych do przeprowadzenia pomiarów w celu wystawienia odpowiedniej faktury. Pewne schematy nie wymagają przeprowadzenia żadnych pomiarów, upraszczając procedury wystawiania rachunku, inne natomiast mogą wymagać rozległych pomiarów. Wsparcie dla sterowania natłokiem lub zarządzania ruchem wskazuje możliwość zastosowania schematu naliczania opłat do celów sterowania poziomem natłoku w sieci przez wykorzystanie wrażliwości generowanego przez użytkowników ruchu na zmiany cen, tym samym nakłaniając ich do przesyłania mniej danych lub też w okresie braku przeciążenia. Należy w tym miejscu rozróżnić schematy, które zachęcają użytkowników do wartościowania swojego ruchu (tak aby sieć mogła uporządkować te

pakiety w kolejności zgodnej z przypisanym priorytetem) od schematów, które są ściśle związane z procedurą przyjmowania zgłoszeń CAC. W pierwszym przypadku użytkownicy są nadal zachęceni do generowania ruchu zgodnie z życzeniem, natomiast nie ma gwarancji, że transmisja zakończy się sukcesem (pakiety mogą być usuwane w okresach przeciążenia sieci). W drugim zaś przypadku sieć może odmówić przyjęcia połączenia, tym samym zmuszając użytkownika do odłożenia w czasie swojej transmisji. Wsparcie dla gwarantowania jakości usługi dla indywidualnego użytkownika w przeciwieństwie do poziomu usługi dla użytkownika typowego to kolejne kryterium oceny. Kategoria określona jako „efektywność sieci” ocenia oczekiwane poziomy wykorzystania w sieci. Podczas gdy duże wykorzystanie sieci jest korzystne z punktu widzenia operatora, to z perspektywy użytkownika niekoniecznie tak musi być. Niski poziom wykorzystania sieci gwarantuje dostępność usług, podczas gdy sieci o dużym stopniu wykorzystania mogą nie być zdolne do realizacji usługi dla niektórych klientów. Z punktu widzenia użytkownika ważnym kryterium jest efektywność ekonomiczna zastosowanego schematu naliczania opłat. Wskazuje ono, czy zastosowany schemat bierze pod uwagę, i w jakim stopniu, zyski użytkowników danej usługi.

Kolejne kryterium bierze pod uwagę społeczną sprawiedliwość (*social fairness*), wskazując, czy użyty schemat naliczania opłat zapobiega dostępowi do sieci w okresach przeciążenia użytkownikom, którzy nie są w stanie ponieść wynikających z tego faktu opłat. Należy w tym miejscu zauważyć, że „sprawiedliwość” (*fairness*) jest pojęciem względnym i posiada wiele definicji. Na przykład w schemacie naliczania opłat uwzględniającym „sprawiedliwość proporcjonalną” (*proportional fairness pricing*) przydział zasobów jest uważany za sprawiedliwy, jeśli jest proporcjonalny do opłaty. Niemniej jednak pojęcie sprawiedliwości jest trudne do zdefiniowania. Powstaje wiele pytań, np. czy należy je określać na poziomie pakietów czy połączeń. Kwestia przesyłania pliku o dużej objętości i wpływu jego transmisji na ruch generowany przez innych użytkowników też nie daje się łatwo zakwalifikować, jeśli chodzi o kwestie sprawiedliwości. Kolejnym kryterium umożliwiającym porównanie różnych schematów są ramy czasowe uwzględniane w danym schemacie. Możliwość działania schematu w krótkich ramach czasowych zwiększa elastyczność schematu, umożliwiając reakcję w sytuacjach przeciążenia sieci, która objawia się właśnie w krótkich odcinkach czasowych. Jeśli dany schemat naliczania opłat posiada taką funkcjonalność,

to dzięki temu operator może zmieniać ceny w odpowiedzi na zmienne warunki działania sieci. Sytuacja dynamicznych cen jednak nie jest zbyt korzystna z punktu widzenia użytkownika. Z drugiej strony długie ramy czasowe uwzględniane w schemacie nie pozwalają skorzystać ze stosowanego schematu w celu sterowania przeciążeniem sieci.

Szeroki zakres usług sieciowych w połączeniu z wymaganiami dotyczącymi wymaganego pasma, jak również parametrów QoS w połączeniu z wybuchowym (*burstiness*) charakterem ruchu może doprowadzić do nieoczekiwanej wielkości wystawionej klientowi faktury. Zarówno użytkownik indywidualny, jak i firma nie chciałby otrzymywać nieoczekiwanie wysokiego rachunku, bez względu na koszty ponoszone przez sieć lub otrzymaną wartość usługi. Stąd też możliwość sprawdzenia poprawności otrzymanego rachunku za zrealizowane usługi jest ważnym kryterium oceny. Użytkownik może chcieć przeanalizować otrzymany rachunek również pod kątem ewentualnych błędów. Odpowiednia prezentacja danych powinna umożliwiać to zadanie.

Ważność każdego z przedstawionych powyżej kryteriów zależy od perspektywy, z jakiej oceniamy dany schemat naliczania opłat. Dla operatora sieciowego stopień skomplikowania schematu dla użytkownika, przewidywalność opłat dla danego schematu czy też możliwość analizy wystawionego rachunku może być mniej ważna od innych czynników, podczas gdy z perspektywy użytkownika sprawa wygląda dokładnie na odwrót.

Literatura:

- [1] Anerousis N. and Lazar A.A.: *A framework for pricing virtual circuit and virtual path services in ATM networks*. ITC-15, 1997
- [2] *Charging and Accounting in International Telecommunications Services – General tariff principles for international public data communication services*. Rec. D.10, 07/1991
- [3] *Charging and Accounting in International Telecommunications Services – Special tariff principles for international packet-switched public data communication services by means of the virtual call facility*. Rec. D.10, 07/1991
- [4] Cocchi R. et al.: *Pricing in Computer Networks: Motivation, Formulation and Example*. IEEE/ACM Trans. Net., vol. 1, no. 6, Dec. 1993
- [5] Cocchi R., Shenker S., Estrin D., and Zhang L.: *Pricing in computer networks: Motivation, formulation, and example*. IEEE/ACM Trans. Net., vol. 1, Dec. 1993

-
- [6] Falkner M. et. Al: *An Overview of Pricing Concepts for Broadband IP Networks*. IEEE Comm. Surveys, Second Quarter 2000
- [7] Fulp E.W., Reeves D.S.: *Distributed network flow control based on dynamic competitive markets*. Proceedings International Conference on Network Protocol (ICNP'98), Austin Texas, Oct. 13-16, 1998
- [8] Karsten M., Schmitt J., Wolf L., and Steinmetz R.: *An embedded charging approach for RSVP*. The Sixth International Workshop on Quality of Service (IWQoS'98), California, USA
- [9] Kley P., McAlulley D.: *Differential QoS and Pricing in Networks: where flow-control meets game theory*. IEE Proceedings Software, March 1999
- [10] Morris D, Pronk V.: *Charging for ATM Services*. IEEE Comm. Mag., May 1999
- [11] Musacchio J., Walrand J.: *Game Theoretic Modeling of WiFi Pricing*. 2003
- [12] Stiller B., Fankhauser G., Plattner B., Weiler N.: *Charging and Accounting for Integrated Internet Services – State of the Art, Problems and Trends*. INET'98, Geneva 1998
- [13] Wang X., Schulzrinne H.: *An Integrated Resource Negotiation, Pricing and QoS Adaptation Framework for Multimedia Applications*. IEEE JSAC, December 2000



Mirosław Kantor ukończył studia w roku 2001 na specjalności telekomunikacja na Wydziale Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Elektroniki na Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Od 2001 r. jest zatrudniony na stanowisku asystenta w Katedrze Telekomunikacji AGH. Zaangażowany w międzynarodowe programy naukowo-badawcze IST. Uczestniczy w realizacji projektów badawczych finansowanych przez Komitet Badań Naukowych. Jego zainteresowania zawodowe koncentrują się wokół zagadnień związanych z niezawodnością sieci telekomunikacyjnych, optycznych sieci transportowych oraz modulacji analogowych i cyfrowych. Mirosław Kantor jest współautorem kilku publikacji naukowych w czasopiśmie i materiałach konferencyjnych oraz szeregu raportów z prac naukowo-badawczych.



Krzysztof Wajda – dr inż. Urodzony 7 sierpnia 1958 roku w Oświęcimiu. Stopień doktora nauk technicznych uzyskał w Akademii Górniczo-Hutniczej w 1990 roku. W latach dziewięćdziesiątych przebywał na stażach w Japonii i Francji. Jest autorem lub współautorem czterech książek z zakresu sieci szerokopasmowych oraz recenzentem kilku czasopism i konferencji zagranicznych.
