

Ryszard Nikodem

PRZESYŁANIE DANYCH I OBRAZU W BEZPRZEWODOWYCH SIECIACH KOMPUTEROWYCH

1. Wstęp

Bezprzewodowe sieci komputerowe to przede wszystkim lokalne sieci WLAN (Wireless Local Area Network) o zasięgu kilkadziesiąt, kilkaset metrów oraz sieci WiMAX (World Interoperability for Microwave Access) o zasięgu 30-50 kilometrów.

Technologia WLAN została powszechnie zaakceptowana i od kilku lat rozwija się w imponującym tempie. Jednak notowany od lat wzrost przepustowości sieci WLAN nie szedł w parze ze wzrostem jakości świadczonych usług sieciowych. Gwałtownie rosnący rynek aplikacji multimedialnych adresowanych do środowiska sieci WLAN wymusił intensyfikację prac także nad zagwarantowaniem jakości usług przy przesyłaniu głosu i obrazów wideo, oraz nad ustaleniem w tym zakresie obowiązujących i powszechnie akceptowanych standardów. Czas po temu był już najwyższy, liczne bowiem i ciekawe rozwiązania poszczególnych producentów urządzeń i oprogramowania, to potencjalne zagrożenie niekompatybilnością przyłączeniu urządzeń sieciowych pochodzących od różnych producentów.

Podstawowe elementy składowe klasycznej sieci bezprzewodowej to bezprzewodowa karta sieciowa i punkt dostępowy (AP – *access point*). Niemal każda karta sieciowa współdziała z dowolnym punktem dostępowym, ale nie ma standardu współpracy punktów dostępowych – każdy producent rozwiązuje ten problem we własnym zakresie.

Tematem tego artykułu jest przesyłanie głosu i obrazów wideo w bezprzewodowych sieciach komputerowych. W końcu 2005 r. zatwierdzono długo oczekiwany standard dotyczący tego zagadnienia w sieciach WLAN. W kolejnych punktach artykułu przedstawiono rozproszoną i scentralizowaną architekturę lokalnych sieci bezprzewodowych, podstawowe ustalenia standardu 802.11e, opisującego mechanizmy pozwalające przypisywać różne priorytety strumieniom danych prze-

syłanych przez sieć, gwarantowaną przepustowość w bezprzewodowych sieciach dostępowych oraz inne rozwiązania standaryzacyjne w tym zakresie, m.in. specyfikację 802.11n.

2. Architektura rozproszona i architektura scentralizowana sieci WLAN

W stosunku do pierwszych instalacji nastąpiła zmiana architektury sieci WLAN – z architektury rozproszonej (zwanej także infrastrukturalną) na architekturę scentralizowaną, stosowaną dzisiaj coraz powszechniej. W przypadku architektury rozproszonej pełną implementację standardu 802.11 zrealizowano w punkcie dostępowym. W wersji podstawowej punkt dostępowy realizuje funkcje związane z kontrolą dostępu, bezpieczeństwem i szyfrowaniem. Punkty dostępowe wyższej klasy dodatkowo posiadają funkcjonalności wyższych warstw, takie jak filtrowanie pakietów czy narzędzia konfiguracyjne. Podstawową zaletą rozproszonej architektury bezprzewodowych sieci lokalnych jest ich prostota – wystarczy podłączyć punkt dostępowy do przełącznika LAN.

W sieci WLAN o architekturze scentralizowanej dodatkowo występuje jedno lub więcej urządzeń zwanych kontrolerem dostępu (AC – *access controller*) lub (przez innych dostawców) bezprzewodowym przełącznikiem. Zmiana ta ma za zadanie poprawić parametry użytkowe sieci, w tym m.in. bezpieczeństwo oraz jakość świadczonych usług [Pawełczak 2005].

Punkt dostępowy w nowej architekturze pełni role nadajnika-odbiornika do kontrolera dostępu, natomiast przenoszenie ramek między częścią bezprzewodową i stałą sieci odbywa się tylko w kontrolerze dostępu, co pozwala uzyskać wysoką wydajność łącza. Ruchomy użytkownik może bez problemu przemieszczać się między punktami dostępowymi – informacje o użytkowniku i stanie jego połączenia znajdują się bowiem nie w punkcie dostępowym, ale w kontrolerze dostępu, i nie muszą być przesyłane dopóki komputer mobilny znajduje się w zasięgu tego samego kontrolera dostępu. To samo dotyczy uwierzytelniania użytkownika. Zatem punkty dostępowe w przypadku architektury scentralizowanej zostały sprowadzone do roli punktów brzegowych i obsługa ruchu odbywa się na wyższym poziomie hierarchii sieci.

Obecnie wielu producentów sprzętu i oprogramowania dla sieci WLAN preferuje architekturę scentralizowaną. Dla użytkowników zaletą tego rozwiązania jest łatwa skalowalność sieci bezprzewodowej i możliwość przedłużania czasu jej żywotności przez wymianę oprogramowania. W połączeniu np. z protokołem WDS (Wireless Distribution System) komunikacji między punktami dostępowymi, umożliwiającym budowanie sieci o elastycznej konfiguracji, administrator może łatwo kontrolować rozwój sieci bezprzewodowej.

3. Priorytety nadawane strumieniom danych – standard 802.11e

Standard IEEE 802.11e, w którym opisano mechanizmy pozwalające przypisywać strumieniom danych przesyłanym przez sieć WLAN różne priorytety, dotyczy przesyłania danych i obrazu w sieciach bezprzewodowych. W ten sposób uzupełniono bezprzewodowe sieci WLAN (nazywane również sieciami Wi-Fi) o funkcję jakości usług QoS (Quality of Service), opisaną np. dla sieci Ethernet w standardzie 802.1d.

Zaproponowano mechanizmy ułatwiające przesyłanie danych strumieniowych (dźwięku i wideo) w sieciach bezprzewodowych przy niewielkim opóźnieniu i odpowiedniej przepustowości [Marciniak 2005]. Dotychczasowe specyfikacje z grupy 802.11 były pozbawione funkcji kontroli transmisji dla danych czułych na ewentualne opóźnienia. Dostępne na rynku firmowe systemy nie gwarantowały zgodności między sprzętem i oprogramowaniem pochodzącymi od różnych producentów.

W nowym standardzie definiowano cztery następujące klasy ruchu pakietów w sieci (od klasy mającej największy priorytet do klasy mającej priorytet najmniejszy): *voice*, *video*, *best-effort* i *background*. Użytkownik przypisuje pakiet do wybranej klasy, nadając mu priorytet odpowiadający tej klasie.

Realizująca ustalenia standardu 802.11e nowa technologia została nazwana WMM (Wi-Fi Multimedia) i jest już wdrażana przez producentów punktów dostępowych oraz bezprzewodowych kart sieciowych. Technologia WMM współpracuje ze wszystkimi trzema standardami WLAN dotyczącymi połączeń w warstwie fizycznej, tj. 802.11a, 802.11b i 802.11g [Chusteck 2005].

Należy pamiętać, że w wymienionych trzech podstawowych standardach transmisji radiowej w sieciach WLAN, w zakresie protokołu dostępu do zasobów fizycznych (MAC – Medium Access Control) korzysta się z mechanizmu DCF (Distributed Coordination Function) i z algorytmu dostępu do kanału CSMA/CA, tj. wielodostępu z detekcją fali nośnej i unikaniem kolizji. Algorytm ten jest modyfikacją algorytmu CSMA/CD (wielodostępu z wykrywaniem kolizji), stosowanego w klasycznym Ethernetie. Zarówno w sieciach WLAN, jak i w Ethernetie te proste algorytmy (i bazujące na nich protokoły) nie wymagają żadnego zarządzania i są wystarczające do realizacji ruchu typu *best effort* (najlepiej jak potrafisz), przy którym wszyscy użytkownicy mają jednakową szansę uzyskania dostępu do medium. Nie są jednak odpowiednie do realizacji takich połączeń, w których ważna jest stała jakość transmisji i minimalne opóźnienia, tak jak np. w przypadku przesyłania strumieni audio lub wideo.

Dzięki stosowaniu technologii WMM, aplikacje multimedialne mają zagwarantowane pasmo przesyłania, są obsługiwane przed innymi aplikacjami przesyłającymi w sieci WLAN standardowe dane.

Zróznicowaną jakość usług zapewniają dwa zastosowane mechanizmy dostępu do medium. Pierwszy mechanizm to EDCF (Enhanced DCF), zmodyfikowana wersja DCF z ustalonymi osobno dla każdej z czterech klas pakietów różnymi długościami liczników odliczających zwolnienie kanału i liczników czasu powrotu [Pawelczak 2005]. Równolegle jest stosowane drugie rozwiązanie – HCF (Hybrid Control Function), które rozszerza możliwości EDCF w wyniku zastosowania koordynatora dostępu do kanału. Zadaniem koordynatora jest sterowanie dostępem i wymaganiami co do jakości transmisji.

Ponieważ priorytety ustalone przez WMM można mapować na priorytety interpretowane w standardzie Ethernet 802.1d, mechanizm jakości usług działa w jednolity sposób w obu środowiskach: bezprzewodowym i przewodowym. W konsekwencji standard 802.11e gwarantuje, że aplikacje multimedialne korzystające z usług sieci WLAN będą obsługiwane jako pierwsze, przed aplikacjami transmitującymi inne dane.

4. Gwarantowana przepływność w bezprzewodowych sieciach dostępowych

W bezprzewodowych sieciach dostępowych musi być spełniony szereg wymagań związanych z QoS w zakresie usług czasu rzeczywistego, w tym gwarantowanej przepływności danych strumieniowych (audio i wideo) oraz niewielkiego poziomu opóźnień.

Aby gwarantować jakość usług w bezprzewodowych sieciach dostępowych, należy klasyfikować generowany przez użytkownika ruch pakietów z dokładnością do aplikacji oraz różnicować sposób obsługi tego ruchu przed zagregowaniem wielu strumieni obsługiwanych w sieci. To pierwsze zadanie realizowane jest na brzegu sieci dostępowej, w technologii bezprzewodowej, natomiast agregacja, kolejkowanie i obsługa zagregowanych strumieni – w przewodowych sieciach transmisji, realizowanych bardzo często w technologii cyfrowej linii abonenckiej DSL (Digital Subscriber Line).

Interesujące rozwiązanie tego problemu opracowała firma Alcatel. Zaproponowana architektura nielicencjonowanego dostępu mobilnego (UMA – Unlicensed Mobile Access) gwarantuje konwergencję sieci stacjonarnych i mobilnych w zakresie komutacji kanałów dzięki połączeniu funkcjonalności QoS w obu rodzajach sieci. Specyfikacja UMA bazuje na połączeniu dostępu bezprzewodowego (WLAN lub Bluetooth) ze stałym łączem. Z kolei projekt 3GPP (Third Generation Partnership Project) opisuje sposób włączenia do architektury UMA sieci WLAN i umożliwia zastosowanie w tych sieciach udoskonalonych mechanizmów QoS, takich jak kontrola dostępu do zasobów i planowanie sieci, sprawdzonych w sieciach stacjonarnych.

W zapewnieniu jakości usług kluczową rolę odgrywa węzeł dostępowy. Jest on pierwszym elementem sieci pozostającym pod całkowitą kontrolą dostawcy usług sieciowych i w nim są gromadzone informacje o aktualnych parametrach łącza, pozwalające efektywnie zapobiegać natłokom ruchu o wysokim priorytecie. Mechanizmy QoS gwarantują, że ruch o wyższym priorytecie jest chroniony przed skutkami pogorszenia stanu sieci. Aby wyeliminować możliwość usuwania pakietów o wysokim priorytecie, potrzebne jest również planowanie sieci, polegające na podziale całego pasma na poszczególnych łączach na pasma dostępne dla każdej z klas QoS [Ooghe 2005].

5. Inne rozwiązania standaryzacyjne dla sieci bezprzewodowych

Trwają intensywne prace nad specyfikacją 802.11n, opisującą superszybkie sieci WLAN o przepustowości do 300, a nawet do 600 Mb/s. Już zwiększona przepustowość predestynuje te sieci do przesyłania danych strumieniowych (głosu i obrazu). Wprowadzono też mechanizmy ułatwiające w sieciach WLAN wdrożenie usług VoIP (przesyłanie głosu) i transmisji wideo. Inne rozwiązania przyjęte w specyfikacji 802.11n to m.in. agregacja pakietów (co oznacza zmniejszenie udziału danych sterujących i w efekcie zmniejszenie opóźnień), technologia MIMO transmisji z wielu nadajników i odbiorników równolegle jako z jednego systemu logicznego, nowe mechanizmy korekcji błędów (co zwiększa stosunek sygnału do szumu, zwiększa zasięg i realną przepustowość) oraz kierunkowa emisja fal radiowych (*beam forming*), co także zwiększa zasięg [Pawłowski 2006b].

Innym nowym rozwiązaniem, które ma szansę stać się standardem, jest technologia SSM (Secure Services Module) do zabezpieczenia transmisji danych w dużych sieciach WLAN. Nie zastępuje ona, lecz rozszerza funkcje szyfrowania opisane w przyjętych już standardach grupy 802.11. Punkty dostępowe w tej technologii skanują na bieżąco pakiety wysyłane w sieci i analizują opóźnienia transmisji. W razie wykrycia próby podsłuchu lub włączenia się do sieci stacji nieuprawnionej, aktywują sygnał zakłócający, zsynchronizowany z sygnałem „intruza”. Dodatkowo SSM stosuje kierunkowe szyfrowania (*directional scrambling*), wysyłając sygnał tylko w wybranym kierunku, a szum zakłócający w innych kierunkach, co utrudnia lub wręcz uniemożliwia przechwycenia pakietów przez stacje nieupoważnione.

W specyfikacji WiMAX jedną z podstawowych cech jest zagwarantowanie małych opóźnień w transporcie danych audio i wideo (ogólniej – w aplikacjach czasu rzeczywistego) oraz priorytetowanie ruchu w celu uzyskania założonego wskaźnika QoS [Pawłowski 2006a]. Są to zatem te same funkcjonalności, które zapewniają standardy sieci WLAN. Technologia WiMAX umożliwia też mobilne udostępnianie Internetu przez rozszerzenie zasięgu publicznych hot spotów i realizację tzw. *hot zones*.

6. Podsumowanie

Po opublikowaniu standardu 802.11e nadal trwają prace nad jeszcze lepszym zagwarantowaniem jakości usług w sieciach WLAN. Prawdopodobnie część z poczynionych ustaleń zostanie włączona do kolejnych standardów grupy 802.11, dotyczących sieci bezprzewodowych, czyli jednej z najbardziej dynamicznie rozwijających się technologii informacyjnych.

Jedną z ciekawszych propozycji jest architektura rozproszonego sterowania dostępem DAC (Distributed Admission Control), w której za cel postawiono ochronę już realizowanych połączeń przed degradacją jakości transmisji przy zgłaszaniu kolejnych połączeń.

Z polepszeniem jakości usług związane jest także m.in. płynne przemieszczanie się (*roaming*) bezprzewodowego klienta sieci pomiędzy punktami dostępowymi. Scentralizowana architektura sieci bezprzewodowej i przechowywanie w bezprzewodowym kontrolerze dostępu szablonu bezpieczeństwa oraz innych informacji niezbędnych do autoryzacji przemieszczającego się użytkownika pozwoli na płynny roaming w ramach sieci WLAN (a nawet szerzej, np. do sieci GSM/GPRS/UMTS). Zagadnieniem tym zajmuje się powołana w 2004 r. grupa IEEE pracująca nad standardem 802.11r.

Inna grupa standaryzacyjna pracuje od początku 2005 r. nad ustaleniami 802.11s, które mają określić zasady współpracy urządzeń dostępowych w sieci bezprzewodowej o topologii kraty (*mesh*). Koncepcja jest na tyle obiecująca, że pracujące w tej topologii punkty dostępowe działałyby tak, jak dzisiaj routery w węzłach sieci przewodowej, zatem mogłyby m.in. omijać uszkodzony punkt dostępowy, balansować obciążenie i optymalizować wydajność.

Sam standard 802.11e też nie jest bez wad. W obecnym kształcie nie wspiera on mechanizmów planowania (*scheduling*) i kontroli dostępu do sieci. Ponieważ działania takie mogłyby istotnie polepszyć jakość usług świadczonych przez sieci WLAN, instytut IEEE zapowiada, że będą one uwzględnione w jednej z kolejnych wersji standardu.

Literatura

- Chustecki J., *Bezprzewodowo z gwarancją*, „NetWorld” 2005, nr 11.
- Marciniak B., *Zarządzanie wydajnością i jakością usług w sieciach bezprzewodowych*, „NetWorld” 2005, nr 2.
- Ooghe S., Drevon N., Siebelink R., *Techniki QoS w szerokopasmowych sieciach dostępowych*, „Alcatel Telecommunications Review” 2005, nr 2 (polska wersja www.alcatel.pl/cmsimages/pl/QoS_tcm55-356871635.pdf).
- Pawelczak P., Suszkiewicz M., *Wydajność i jakość usług w sieciach WLAN*, „NetWorld” 2005, nr 2.
- Pawłowski W., *WiMAX z certyfikatem*, „Computerworld” 2006a, nr 5.
- Pawłowski W., *Radio na fali*, „Computerworld” 2006b, nr 7.

VOICE AND VIDEO TRANSFER IN WIRELESS COMPUTER NETWORKS

Summary

The article concerns audio and video transfer in wireless computer networks. Centralized architecture of WLAN and 802.11e standard are described. Other methods, as guaranteed throughput of access network, quality of service and Voice over IP in WLAN networks, are also mentioned. Trends and new technologies like WiMAX, Distributed Admission Control and mesh topology for wireless networks are discussed in the last section.

Dr inż. Ryszard Nikodem jest starszym wykładowcą w Katedrze Teorii Informatyki Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu, e-mail: ryszard.nikodem@ae.wroc.pl.