

Dariusz KOŚCIELNIK
Akademia Górniczo-Hutnicza, Katedra Elektroniki

MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA TRYBU MULTIRATE W SIECIACH STANDARDU IEEE 802.11

Streszczenie. W artykule przedstawiono możliwości automatycznego sterowania prędkością transmisji w sieci IEEE 802.11. Omówiono sposób klasyfikowania algorytmów typu multirate oraz porównano ich najważniejsze cechy.

Słowa kluczowe: IEEE 802.11, prędkość transmisji, algorytmy multirate

THE POSSIBILITY OF THE IMPLEMENTATION OF THE MULTIRATE ALGORITHM IN THE IEEE 802.11 NETWORKS

Summary. The paper presents the possibility of the automatic control of the transmission rate in the IEEE 802.11 networks. We have described the classification of the multirate algorithms and compared the most important features of them.

Keywords: IEEE 802.11, transmission rate, multirate algorithms

1. Wprowadzenie

Bezprzewodowe sieci komputerowe klasy WLAN (*Wireless Local Area Network*) wśród użytkowników cieszą się wciąż rosnącą popularnością. Ich zalety, wynikające z zastosowania kanału radiowego, jako medium transmisyjnego, obejmują m.in.: mobilność wykorzystywanych terminali, dużą łatwość instalowania systemu oraz zwiększania jego pojemności, proste podnoszenie niezawodności, poprzez zwielokrotnienie liczby punktów dostępowych – AP (*Access Point*) oraz szybkość zestawiania instalacji tymczasowych – typu ad hoc. Wymienione cechy sprawiają, iż systemy klasy WLAN oferują swym użytkownikom niedostępny wcześniej komfort korzystania z sieci komputerowych. Jednak transmisja radiowa obfituje w wiele poważnych wad. Prócz problemów związanych z autoryzowaniem dostępu oraz zachowaniem

poufności i wiarygodności transmitowanych danych, należy zwrócić uwagę na bardzo słabą – w porównaniu z systemami przewodowymi – jakość transmisji, a zatem wysoką stopę błędów. Głównymi przyczynami takiego stanu rzeczy są: duża liczba zakłóceń pochodzących ze źródeł zewnętrznych, zjawiska dyfrakcji, interferencji i odbić oraz gwałtowny spadek mocy transmitowanego sygnału wraz z oddalaniem się od jego nadawcy. Dodatkowym powodem nieudanych transmisji w systemach posługujących się protokołami rywalizacyjnymi są kolizje pomiędzy pakietami, nadawanymi przez stacje usiłujące uzyskać dostęp do wspólnego kanału transmisyjnego. Specyficzne problemy, nieznanne w systemach przewodowych, tworzą stacje ukryte (*hidden station*) i stacje eksponowane (*exposed station*) oraz znaczne ograniczenia w zasięgu transmisji, wynikające z ujawniania się zjawiska wielodrogowości. I wreszcie należy pamiętać, iż pasma rzeczywistych kanałów radiowych są bardzo ograniczone i znacznie węższe od pasm transmisyjnych, dostępnych w sieciach przewodowych, w tym szczególnie światłowodowych. Kwestie optymalnego wykorzystania posiadanej przepustowości stają się zatem niezwykle krytyczne w sieciach RLAN.

Jednym z istotnych zagadnień, któremu obecnie poświęca się coraz więcej uwagi jest automatyczne dopasowywanie stosowanej prędkości transmisji do warunków aktualnie panujących w kanale radiowym. Potencjalna możliwość dynamicznej zmiany prędkości transmisji wynika z typowego dla nowoczesnych systemów oferowania dużej różnorodności dostępnych rodzajów modulacji, a raczej stopnia ich wartościowości oraz poziomu nadmiarowości zdefiniowanych kodów detekcyjno-korekcyjnego. Kanał radiowy o stałej szerokości może być zatem wykorzystywany do transmisji z różnymi, dynamicznie zmienianymi prędkościami.

Stosowanie zbyt małej prędkości transmisji w oczywisty sposób ogranicza możliwości systemu. Ponadto, przeciągające się w czasie transmisje mogą prowadzić do tworzenia się coraz liczniejszej grupy stacji oczekujących na zwolnienie kanału transmisyjnego, a następnie rywalizujących o przejęcie nad nim kontroli. W ten sposób rośnie prawdopodobieństwo pojawiania się kolizji, a następujące po nich retransmisje dodatkowo obciążają i tak źle wykorzystywaną przepustowość systemu.

Podobne problemy może stwarzać używanie zbyt dużej prędkości transmisji w kanale o słabej jakości. Pojawiające się wówczas liczne błędy transmisji, które nie mogą być usunięte w odbiorniku na podstawie kodu korekcyjnego, prowadzą do podejmowania przez nadajnik wielokrotnych retransmisji. Nawet, jeżeli któraś z nich okaże się w końcu skuteczna, to łączny czas poświęcony na daną transakcję często może być znacznie dłuższy, niż potrzebny do przeprowadzenia tej samej transmisji z mniejszą prędkością, zwiększającą jednak szanse na dostarczenie danych już podczas pierwszej próby.

Rozważane obecnie algorytmy typu multirate do badania warunków panujących w kanale radiowym wykorzystują dwa rodzaje danych. Pierwszy stanowią statystyki, tworzone na pod-

stawie wyników przeprowadzonych ostatnio transakcji, a zatem wynikające z analizowania niezbyt odległej historii danej stacji lub ewentualnie większego fragmentu sieci [1]. Wadą takiego podejścia jest odczuwalne opóźnienie w reagowaniu na szybkie zmiany jakości kanału transmisyjnego. Alternatywne rozwiązanie polega na monitorowaniu przez stację stosunku mocy odbieranego sygnału do mocy szumu wewnątrzkanałowego – SNR (*Signal-to-Noise Ratio*). Metoda ta umożliwia znacznie szybsze uwzględnianie zmian stanu kanału [2, 4].

2. Potencjał standardu IEEE 802.11

Pierwszą wersję standardu IEEE 802.11 zatwierdzono pod koniec lat dziewięćdziesiątych ubiegłego stulecia. Do tej pory zdefiniowano sześć różnych odmian warstwy fizycznej, wykorzystujących różne zakresy częstotliwości, szerokości kanałów radiowych i przede wszystkim techniki modulacji: IR (*Infra-Red*), FHSS (*Frequency Hopping Spread Spectrum*), DSSS (*Direct Sequence Spread Spectrum*), HS-DSSS (*High Speed Direct Sequence Spread Spectrum*), OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) i MIMO (*Multiple Input, Multiple Output*). Każda ze zdefiniowanych odmian dysponuje przynajmniej dwiema różnymi prędkościami transmisji, które są osiągnęte dzięki dobieraniu odpowiedniej wartościowości modulacji oraz stopnia nadmiarowości kodowania korekcyjnego. Łączny zakres dostępnych prędkości transmisji w istniejących wersjach warstw fizycznych sięga od 1 Mb/s do 600 Mb/s. Mimo to, żadnej wersji standardu IEEE 802.11 jak dotąd nie wyposażono w choćby bardzo prosty algorytmu automatycznego adaptowania prędkości transmisji do warunków panujących w kanale radiowym. Wydaje się zatem rzeczą bardzo pożądaną, aby takie rozwiązanie powstało i zostało poddane standaryzacji. Pod uwagę są brane różne rodzaje procedur, zarówno bardzo proste, wykorzystujące metody statystyczne, jak i skomplikowane, rozróżniające możliwe przyczyny nieudanych transmisji. W dalszej części artykułu przedstawiono najważniejsze z istniejących rozwiązań.

3. Algorytmy statystyczne

Algorytmy statystyczne analizują skuteczność ostatnich transmisji, wykonanych przez daną stację [1,3,7]. Ich działanie polega na zliczaniu zdarzeń poszczególnych rodzajów i podejmowaniu decyzji o zwiększeniu lub zmniejszeniu stosowanej prędkości transmisji w sytuacji, gdy liczba zdarzeń konkretnego typu przekroczy zadany próg. Same wartości poszczególnych progów mogą również podlegać adaptacyjnej modyfikacji, co pozwala uwzględnić dynamikę zmian zachodzących w wykorzystywanym kanale radiowym.

3.1. Algorytm ARF

Algorytm ARF (*Auto Rate Fall-back*) jest pierwszym przedstawionym publicznie systemem typu *multirate*. Rozwiązanie to zostało stworzone dla urządzeń WaveLan II, pracujących w standardzie IEEE 802.11 [5]. W rozwiązaniu oryginalnym algorytm ARF dokonywał wyboru prędkości transmisji pomiędzy dwiema dostępnymi wartościami: 1 Mb/s i 2 Mb/s.

Natychmiast po połączeniu się stacji z siecią jest wybierana domyślnie największa z dostępnych prędkości transmisji. Wszystkie późniejsze modyfikacje tego parametru są dokonywane na podstawie statystyk poprawności transferów, zainicjowanych przez daną stację. Korzysta się przy tym z faktu, iż każde udane przekazanie ramki z danymi – DATA musi zostać potwierdzone przez węzeł docelowy ramką ACK (*Acknowledge*). Zliczanie pakietów ACK oraz ich braków, a także kontrolowanie sekwencji tworzonych przez oba wymienione rodzaje zdarzeń stanowi dla algorytmu ARF jedyne źródło danych na temat aktualnego stanu kanału.

Zmniejszenie prędkości transmisji ma miejsce, gdy dwa kolejne pakiety DATA pozostaną niepotwierdzone. Prędkość nadawania można zwiększyć w przypadku poprawnego przekazania dziesięciu kolejnych ramek DATA lub osiągnięcia założonej liczby poprawnych transferów, ewentualnie rozdzielonych pojedynczymi błędami. Transfery te zlicza się w przeznaczonym do tego celu liczniku, który jest zerowany po każdym zwiększeniu lub zmniejszeniu prędkości transmisji [3].

Dla pracy algorytmu ARF szczególne znaczenie ma ramka DATA, wysyłana jako pierwsza po podniesieniu prędkości transmisji i w związku z pełnioną przez siebie funkcją nazywana pakietem sondującym. Jeżeli próba przekazania pakietu sondującego zakończy się niepowodzeniem, to stacja natychmiast powraca do poprzedniej, niższej prędkości transmisji. Po pewnym czasie jest podejmowana kolejna próba nadania pakietu sondującego, o ile wcześniej nie dojdzie do zmniejszenia prędkości transmisji na skutek pogorszenia się jakości kanału.

Algorytm ARF należy niewątpliwie do rozwiązań bardzo prostych. Jedyną wartością podawaną modyfikacji jest tutaj położeniu progu liczby udanych transferów, po których stacja może podnieść prędkość transmisji. Próg ten powinien zostać dobrany zgodnie z dynamiką zmian jakości kanału, w którym przyszło pracować danej stacji. Algorytm ARF dopuszcza definiowanie rozważanego parametru, ale nie jego adaptacyjne regulowania. Rozwiązanie to słabo radzi sobie w sytuacji szybkich zmian charakterystyki kanału, a także podczas wolnego (pełzającego) pogarszania się jego jakości [7].

3.2. Algorytmy CARA i CARA2

Wadą przedstawionego rozwiązania jest całkowity brak mechanizmów rozpoznawania przyczyn nieudanych transferów. A przecież źródłem niepowodzeń nie musi być zła lub po-

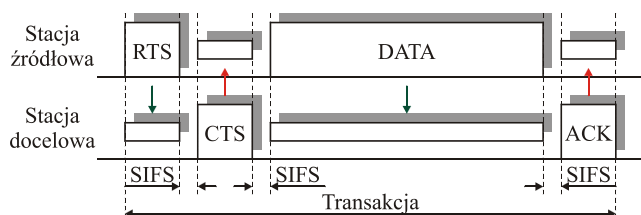
garszająca się jakość kanału, lecz pojawiające się kolizje. W sieciach klasy WLAN kolizje należą do sytuacji typowych, występujących znacznie częściej niż w systemach przewodowych, szczególnie w przypadku obecności stacji ukrytych. Zmniejszenie prędkości transmisji po rozpoznaniu kolejnego nieudanego transferu danych nie tylko nie rozwiąże problemu kolizji, ale spowoduje niepotrzebne ograniczenie przepustowości, dostępnej dla danej stacji. Ponadto, wydłużenie czasu trwania kolejnych transakcji rozpatrywanej stacji zwiększy wprowadzane przez nią efektywne obciążenie systemu. Wzrost współczynnika zajętości kanału transmisyjnego sprzyja powstawaniu następnych kolizji i obniżaniu prędkości transmisji przez kolejne węzły. Zatem zmniejszanie prędkości transmisji w wyniku kolizji tworzy niepożądane, dodatnie sprzężenie zwrotne. Jego istnienie ostatecznie może doprowadzić do przeciążenia systemu.

Jednym z rozwiązań rozróżniających przyczyny niepowodzenia w przebiegu ostatniego transferu jest algorytm CARA (*Collision Aware Rate Adaptation*). Zastosowano w nim identyczną jak poprzednio zasadę zwiększania prędkości transmisji [5]. Natomiast zupełnie inaczej rozwiązano problem zmniejszania tego parametru, wykorzystując w tym celu standardowy mechanizm rezerwowania kanału radiowego za pomocą ramek RTS (*Ready to Send*) i CTS (*Clear to Send*).

Mechanizm rezerwowania kanału opracowano w celu zredukowania problemów generowanych przez stacje ukryte. Węzeł źródłowy korzystający z tego rozwiązania rozpoczyna swą transakcję od przekazania węzłowi docelowemu raki RTS, wskazującej potrzebę przeprowadzenia transferu danych i podającej jego przewidywany czas trwania. Jeżeli stacja docelowa odbierze poprawnie ramkę RTS, to w odpowiedzi na nią wysyła pakiet CTS, przynoszący informacje o pozostałym czasie trwania rozpoczętej transakcji, skróconym w stosunku do znajdującego się w RTS o wykorzystany już fragment. Ramka CTS dociera do wszystkich stacji znajdujących się w zasięgu węzła docelowego, a zatem tych, w zasięgu których on sam się znajduje. Jeżeli wśród tych węzłów są także stacje ukryte względem węzła źródłowego, to stanowią one potencjalne zagrożenia dla rozpoczętego transferu. Jednak w wyniku odebrania ramki CTS stacje te zostaną poinformowane o trwającej już transakcji, której same mogą „nie słyszeć” – ze względu na duże odległości, dzielące je od węzła źródłowego. Ramka CTS zablokuje wszystkie potencjalne stacje ukryte na czas trwania transakcji i jednocześnie informuje węzeł źródłowy o możliwości przeprowadzenia transferu. Omawianą sekwencję wymiany ramek przedstawiono na rys. 1.

Algorytm CARA wykorzystuje zupełnie inne cechy ramek RTS i CTS niż te, które są istotne dla mechanizmu rezerwowania kanału [5]. W tym przypadku kluczową rolę odgrywa bardzo mały rozmiar tych pakietów oraz fakt, iż zwykle są one przesyłane z mniejszą prędkością niż transmitowane po nich ramki DATA. Oba wymienione parametry czynią ramki RTS

i CTS zdecydowanie bardzo odpornymi na słabą jakość kanału radiowego. Z dobrym przybliżeniem można przyjąć, iż ewentualnymi przyczynami niepowodzeń w przekazaniu tych ramek są zwykle kolizje, a nie błędy transmisji. Jednocześnie, jeżeli transakcja rozpocznie się od prawidłowego zarezerwowania kanału, to dalszy jej przebieg nie może być już zakłócony w wyniku kolizji, lecz jedynie błędów transmisji, związanych ze złą jakością kanału radiowego. Zaniebuje się przy tym te zdecydowanie rzadsze przypadki kolizji, które wynikają z mobilnością terminali.



Rys. 1. Transakcja z wykorzystaniem rezerwowania kanału transmisyjnego

Fig. 1. Transaction with the channel reservation

Poprzedzanie każdej transakcji procedurą rezerwowania kanału powoduje niepotrzebną utratę efektywnej przepustowości systemu, szczególnie w sytuacji, gdy jest on wolny od efektu stacji ukrytych. Dlatego algorytm CARA dopuszcza prowadzenie transmisji bez uzupełniania ich ramkami RTS i CTS. W tym przypadku każdy nieudany transfer jest traktowany jako wynik błędu transmisji. Jeżeli liczba kolejno występujących porażek przekroczy próg aktywacji – P_{th} , algorytm CARA zażąda wykonania kolejnej retransmisji w trybie z rezerwowaniem kanału. Dzięki temu stanie się możliwe określenie przyczyn niepowodzeń, a w ich liczniku będą dalej zliczane tylko te, które są wynikiem błędów transmisji. Jeśli ich liczba przekroczy następny próg, nazywany progiem kolejnych nieudanych transmisji – N_{th} , algorytm CARA zmniejszy prędkość transmisji. Domyślnie stosowane wartości obu wymienionych parametrów wynoszą odpowiednio: $P_{th} = 1$ i $N_{th} = 2$. Oznacza to, iż już pierwsze niepowodzenie powoduje włączenie mechanizmu rezerwowania kanału, a kolejne, spowodowane błędem transmisji, skutkuje obniżeniem jej prędkości.

Rozwinięciem algorytmu CARA jest CARA2, w którym wykorzystuje się dodatkowo mechanizm CCA (*Clear Channel Assessment*) warstwy fizycznej. CCA pozwala na wykrywanie stanu zajętości kanału transmisyjnego poprzez pomiar mocy odbieranego sygnału. Algorytm CARA2 monitoruje stan zajętości kanału podczas przerwy SIFS (*Short Inter-Frame Space*), występującej pomiędzy pakietem DATA a mającą pojawić się po nim ramą ACK (rys. 1). Wykrycie zajętości kanału w rozważanym czasie oznacza, iż przyczyną niepowodzenia ostatniej transakcji nie był błąd transmisji, lecz kolizja. Przypadek ten nie będzie zatem brany pod uwagę przez procedurę analizującą konieczność obniżenia prędkości transmisji.

Algorytmy CARA i CARA2 sprawdzają się najlepiej w systemach o stałej lub wolnozmiennej charakterystyce kanału transmisyjnego [4].

4. Algorytmy wykorzystujące pomiar współczynnika SNR

Algorytmy statystyczne podejmują decyzje o ewentualnej zmianie aktualnej prędkości transmisji na podstawie analizy historii przeprowadzonych ostatnio transferów. Zbieranie tych danych wymaga czasu i wprowadza oczywiste opóźnienie reagowania tych mechanizmów na zmiany jakości kanału radiowego. Z wymienionych względów algorytmy statystyczne nie radzą sobie dobrze z nadzorowaniem stanu kanału o szybko zmieniającej się charakterystyce. W takim przypadku okazuje się konieczne zastosowanie algorytmów wykorzystujących wyniki wykonywanych na bieżąco pomiarów jakości kanału [2]. Pomiary te zwykle sprowadzają się do wyznaczania lub szacowania stosunku mocy sygnału użytecznego do mocy szumu wewnątrzkanalowego – SNR. Jako przykład tego typu mechanizmów wybrano algorytm RBAR (*Receiver Based Auto Rate*).

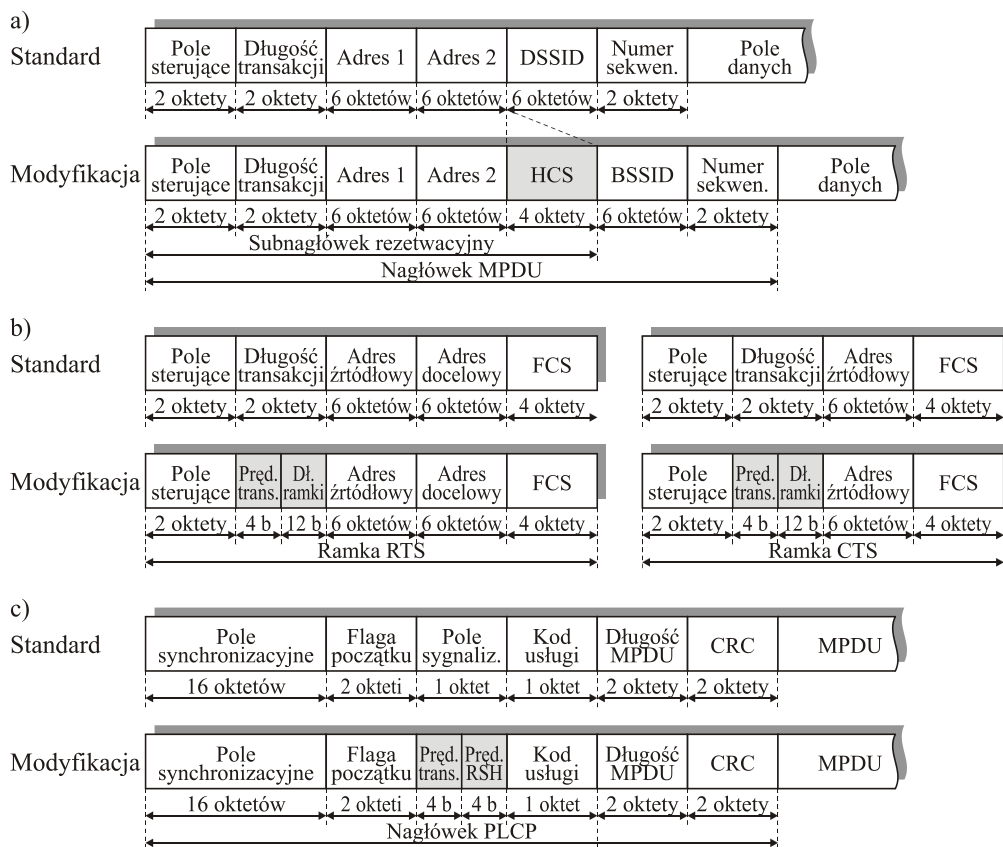
Algorytm RBAR bazuje na pomiarach stosunku sygnał/szum, wykonywanych przez stację docelową, a nie statystykach prowadzonych przez węzeł źródłowy. Aby pomiar taki był możliwy, wymaga się poprzedzenia każdego transferu danych procedurą rezerwowania kanału radiowego. Jej pierwszym elementem jest naturalnie przesłanie przez węzeł źródłowy ramki RTS (rys. 1). Pakiet ten przenosi m.in. informacje o ilości danych, oczekujących na przesłanie oraz proponowanej prędkości transmisji. Prędkość ta jest zwykle identyczna ze stosowaną podczas ostatniej transakcji i wcale nie musi być rzeczywiście wykorzystywana podczas kontynuowania rozpoczynającej się właśnie transakcji [2]. Dlatego obliczany na podstawie ramki RTS czas rezerwowania kanału jest nazywany wstępnym. Stacje odbierające ramkę RTS wykorzystują jej zawartość do wyznaczenia pierwszej wartości wektora alokacji sieci – NAV (*Network Allocation Vector*), która później może być zmieniona zgodnie z uaktualnionymi danymi, przesyłanymi przez ramkę CTS.

Węzeł docelowy wykorzystuje czas odbierania pakietu RTS do określenia wartości współczynnika SNR. Wynik przeprowadzonego pomiaru służy do odnalezienia w odpowiedniej tablicy prędkości transmisji, przypisanej danej jakości kanału. Prędkość tę uznaje się za najwłaściwszą dla panujących aktualnie warunków odbioru i przekazuje węzłowi źródłowemu w ramce CTS. Pozostałe węzły sieci muszą wówczas obliczyć nowy wektor alokacji – NAV, który tym razem rzeczywiście prawidłowo charakteryzuje trwającą już transakcję. Dalsza wymiana pakietów DATA i ACK przebiega w typowy sposób.

Algorytm RBAR, dobierając prędkość transmisji indywidualnie dla każdej transakcji jest w stanie nadążyć za nawet bardzo szybkimi zmianami jakości kanału radiowego. Ponadto, wybierana prędkość jest ściśle związana z warunkami odbioru dokładnie tej stacji, dla której jest przeznaczony dany transfer. Pomijając konieczność każdorazowego przeprowadzenia procedury rezerwowania kanału, istotną wadą omawianego mechanizmu jest jednak koniecz-

ność wprowadzenia zmian w obowiązującym standardzie IEEE 802.11 [2]. Niezbędne modyfikacje muszą dotyczyć trzech aspektów budowy ramek transmisyjnych podwarstw: MAC (*Medium Access Control*) i PLCP (*Physical Layer Convergent Protocol*):

- W nagłówku ramki MAC należy wydzielić subnagłówek rezerwacji kanału – RSH (*Reservation Subheader*) i uzupełnić go polem sumy kontrolnej – HCS (*Header Check Sequence*). Rozwiązanie takie (rys. 2a) umożliwi stacjom, znajdującym się w zasięgu węzła źródłowego i jednocześnie poza zasięgiem węzła docelowego, prawidłowe zmodyfikowanie wstępnej wartości wektora NAV.
- W ramkach RTS i CTS należy zmienić sposób definiowania pola wskazującego czas trwania transakcji, dzieląc go na dwa mniejsze: 4-bitowe pole wskaźnika prędkości transmisji i 12-bitowe pole liczby oktetów przesyłanych w ramce DATA (rys. 2b).
- Pole PSF (*PLCP Signalling Field*) nagłówka PLCP ramki warstwy fizycznej należy podzielić na dwa 4-bitowe elementy (rys. 2c). Pierwszy z nich powinien wskazywać identyfikator prędkości transmisji subnagłówek RSH, która musi być taka sama, jak zastosowana w czasie przekazywania ramki RTS. Element drugi musi podawać identyfikator prędkości transmisji, z którą będzie nadawana pozostała część ramki MAC.

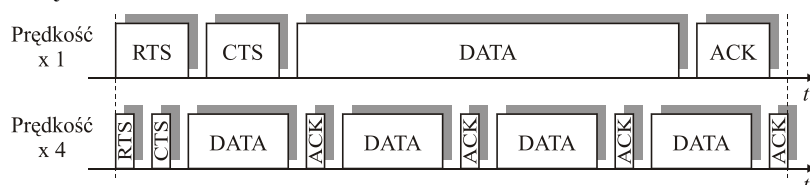


Rys. 2. Modyfikacje standardu IEEE 802.11 niezbędne do zastosowania algorytmu RBAR
 Fig. 2. The needed modifications of the frames structures of the IEEE 802.11 standard

5. Mechanizmy dodatkowe

Oprócz algorytmów sterujących doбором prędkości transmisji, równocześnie mogą być stosowane dodatkowe mechanizmy optymalizujące przebieg wymiany danych [1]. Mechanizmy te nie wpływają na pracę algorytmów typu multirate, lecz jedynie wykorzystują efekty ich działania. Jako przykład tego typu rozwiązań zostanie przedstawiony mechanizm OAR (*Opportunistic Auto Rate*).

OAR wykorzystuje wbudowany w standard IEEE 802.11 tryb transmisji wieloramkowej (*multi-frame mode*) i może współpracować z praktycznie dowolnym algorytmem typu multirate [6]. Celem działania mechanizmu OAR jest wyrównanie praw wszystkich stacji w zakresie czasu zajmowania kanału transmisyjnego. W tym celu definiuje się maksymalny czas trwania pojedynczej transakcji. Jego długość odpowiada zwykle okresowi niezbędnemu do przeprowadzenia z minimalną, dostępną prędkością transakcji zawierającej: ramki rezerwujące kanał radiowy RTS i CTS, jedną ramkę DATA oraz potwierdzającą ją ramkę ACK [6]. W ciągu takiego samego czasu inna stacja, ze względu na własne możliwości lub warunki odbioru jej węzła docelowego wykorzystująca większą prędkość transmisji, może przeprowadzić transakcję wieloramkową. W jej skład wejdzie: jeden komplet ramek rezerwujących kanał: RTS i CTS oraz kilka ramek DATA wraz z towarzyszącymi im pakietami ACK. Na rys. 3 przedstawiono porównanie transakcji przeprowadzonych z minimalną i czterokrotnie większą prędkością.



Rys. 3. Przykład przebiegu transakcji prowadzonych z różnymi prędkościami transmisji
Fig. 3. The comparison of two transaction using different transmission rates

Omawiane rozwiązanie ma kilka zalet. Przede wszystkim uniemożliwia monopolizowanie kanału przez stacje pracujące z małą prędkością i przeprowadzające długie transakcje. Jednocześnie zezwala na stosowanie trybu wielomarkowego stacjom, które są w stanie dobrze wykorzystać przysługujący im czas pracy kanału. Ponadto, tryb transmisji wieloramkowej sam w sobie jest bardzo efektywną formą wykorzystywania dostępnej przepustowości systemu. Po jednokrotnym przeprowadzeniu procedury rywalizacji o dostęp do wspólnego kanału oraz także jednokrotnym zarezerwowaniu go na wskazany czas można bezpiecznie przesłać nie jedną, lecz wiele ramek DATA, rozdzielonych jedynie krótkimi przerwami międzyramkowymi – SIFS oraz potwierdzeniami ACK. Kwestia wykorzystywania mechanizmu rezerwowania kanału jest przy tym otwarta i w praktyce determinowana przez parametry danego systemu lub wymagania zastosowanego algorytmu multirate.

6. Podsumowanie

Istniejące metody adaptacyjnego sterowania prędkością transmisji charakteryzują się ogromną różnorodnością zarówno w zakresie sposobów, jak i efektów działania. Jednoznaczna ocena ich skuteczności jest niemożliwa, gdyż silnie zależy od przyjętych kryteriów. Algorytmy bardzo proste w implementowaniu zwykle bazują na metodach stochastycznych, a te wiążą się ze stosunkowo dużym opóźnieniem w rozpoznawaniu zmian jakości wykorzystywanego kanału. Używanie algorytmu RBAR, bazującego na ciągle aktualnym pomiarze stosunku sygnał/szum, wymaga z kolei wprowadzenia kilku zmian w strukturach ramek transmisyjnych. Otwartą kwestią pozostaje stosowanie dodatkowych mechanizmów, współpracujących z algorytmami typu multirate i wykorzystujących efekty ich działania do maksymalizowania efektywnej przepustowości systemu.

Zagadnienia przedstawione w artykule z całą pewnością będą nadal przedmiotem wielu badań i prac normalizacyjnych. Efektywne sterowanie prędkością transmisji stwarza przecież nowe możliwości podnoszenia efektywności pracy systemów klasy WLAN.

BIBLIOGRAFIA

1. Bicket J. C.: Bit-rate Selection in Wireless Networks. Cambridge, MA: Department of Electrical Engineering and Computer Science, MIT, 2009.
2. Chakravarty B.: Rate Control Algorithms for IEEE 802.11 Wireless Networks. Arlington: University of Texas at Arlington, 2007.
3. Choi J., Jongkeun N., Kihong P., Chong-Kwon K.: Adaptive Optimization of Rate Adaptation Algorithms in Multi-Rate WLANs. 2007.
4. Khan M.: Performance Testing of Rate Adaptation Algorithms in WLAN. Helsinki: Helsinki University of Technology, 2008.
5. Lacage M., Manshaei H., Turetli T.: IEEE 802.11 Rate Adaptation: A Practical Approach. Sophia Antipolis: Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique, 2009.
6. Pal S., Sumantra R. K., Basu K., Sajal K.: IEEE 802.11 Rate Control Algorithms: Experimentation and Analysis. Arlington: Department of Computer Science and Engineering, University of Texas at Arlington, 2008.
7. Pal S., Sumantra R. K., Basu K., Sajal K.: IEEE 802.11 Rate Control Algorithms: Experimentation and Performance Evaluation in Infrastructure Mode. Arlington: Department of Computer Science and Engineering, University of Texas at Arlington.

Recenzenci: Prof. dr hab. inż. Bolesław Pochopień
Prof. dr hab. inż. Tadeusz Wiczorek

Wpłynęło do Redakcji 20 marca 2011 r.

Abstract

Automatic selection of transmission bitrate to current conditions in radio channel enables the stations to reach the maximum efficiency of data transfer in WLANs. Several algorithms that manage this task are proposed in the paper. These algorithms are classified according to classes of data they process. Furthermore, the conditions enabling the optimal performance of particular algorithms are specified.

Adres

Dariusz KOŚCIELNIK, Akademia Górniczo-Hutnicza, Katedra Elektroniki,
al. Mickiewicza 30 C3, 30-059 Kraków, koscieln@agh.edu.pl