

Metoda zapewnienia jakości obsługi w bezprzewodowej sieci LAN

Artykuł dotyczy zagadnień zapewnienia jakości obsługi w bezprzewodowych sieciach LAN IEEE 802.11. Proponowane rozwiązanie zakłada wprowadzenie do sieci WLAN trzech usług sieciowych tj. *real time*, *non real time* oraz *standard*, które umożliwiają obsługę ruchu o zróżnicowanych wymaganiach dotyczących jakości obsługi. W artykule zaproponowano dwie realizacje usług sieciowych: (1) w której mechanizmy QoS są implementowane wyłącznie powyżej warstwy MAC oraz (2) w której zostały wykorzystane mechanizmy warstwy 802.11e. Przeprowadzone badania symulacyjne wykazały, że obie realizacje usług zapewniają wymagany poziom jakości obsługi.

1. Wprowadzenie

Bezprzewodowe sieci LAN IEEE 802.11 (WLAN) [1] są obecnie powszechnie stosowane jako sieci dostępne umożliwiające podłączenie do sieci Internet przenośnych terminali tj. laptopy, elektroniczne organizery, terminale VoIP (Voice over IP), etc. Ponieważ sieć Internet ewoluje w kierunku sieci wielo-usługowej zdolnej do przekazu ruchu o zróżnicowanych wymaganiach dotyczących jakości obsługi QoS (Quality of Service), takiego jak przekaz mowy, obrazów wideo oraz danych wymagających gwarantowanej przepływności, z tego względu niezbędne jest, aby bezprzewodowa sieć LAN również umożliwiała różnicowanie przekazu ruchu oraz zapewniała odpowiedni poziom jakości obsługi QoS. Główną przeszkodą w zapewnieniu jakości obsługi w sieciach WLAN jest zastosowany protokół dostępu do medium MAC (Medium Access Control), który wykorzystuje funkcję rozproszonego dostępu DCF (Distributed Coordination Function) opartą na rywalizacji stacji w dostępie do medium. W konsekwencji protokół dostępu nie umożliwia różnicowania przekazu pakietów, nie gwarantuje poszczególnym połączeniom dostępu do zasobów transmisyjnych oraz nie zabezpiecza sieci przed przeciążeniem. Z tego względu są obecnie prowadzone prace nad rozszerzeniem techniki WLAN. Proponowane rozwiązania można podzielić na dwie grupy. Autorzy prac [2,3,4,5] uzyskują poprawę jakości przekazu mowy lub danych przez odpowiedni dobór wartości parametrów protokołu MAC lub wprowadzenie dodatkowych mechanizmów QoS zaimplementowanych powyżej warstwy MAC. Natomiast druga grupa rozwiązań zakłada opracowanie nowego protokołu dostępu z wbudowanymi mechanizmami QoS. Przykładem może być nowo opracowany standard sieci WLAN 802.11e, [6,7], który oferuje 4 usługi sieciowe realizowane poprzez modyfikacje wielkości okna kolizji oraz czasu nasłuchiwania przed transmisją. Należy podkreślić, iż rozwiązanie to umożliwia jedynie względne różnicowanie jakości obsługi, natomiast nie umożliwia zapewnienia ścisłych gwarancji. Ponadto, proponowane rozwiązania często wymagają modyfikacji istniejącego sprzętu.

W artykule przedstawiono metodę zapewnienia jakości obsługi w sieci WLAN opracowaną w ramach projektu IST-EuQoS¹ [8,9]. Rozwiązanie to zakłada zdefiniowanie dla sieci WLAN trzech usług sieciowych, tj. RT (*real time*), NRT (*non real time*) oraz STD (*standard*), z których każda jest przeznaczona do obsługi ruchu o specyficznych wymaganiach dotyczących jakości

¹ Praca jest częściowo finansowana przez projekt IST-EuQoS: <http://www.ist-euqos.org>

przekazu ruchu oraz specyficznym profilem ruchowym. Dla poszczególnych usług sieciowych określono wymagania, z punktu widzenia aplikacji, dotyczące akceptowalnego poziomu jakości obsługi. Następnie, w artykule zaproponowano dwie realizacje powyższych usług w sieci WLAN obejmujące specyfikację mechanizmów QoS tj. mechanizmów szeregowania pakietów, mechanizmów nadzorowania kontraktu ruchowego (*policing*), mechanizmów kształtowania ruchu (*shaping*), jak również algorytmu przyjmowania nowych połączeń. Pierwsza realizacja zakłada implementację usług w sieci wykorzystującej standardową warstwę MAC 802.11, dla której proponowane mechanizmy QoS są zlokalizowane wyłącznie w warstwie IP. W drugiej realizacji wykorzystano mechanizmy szeregowania pakietów dostępne w warstwie MAC 802.11e. Efektywność obu rozwiązań zweryfikowano badaniami symulacyjnymi.

Organizacja artykułu jest następująca. W rozdziale 2 przedstawiono specyfikację usług sieciowych zaproponowanych dla sieci WLAN oraz przedstawiono szczegóły dwóch realizacji usług w sieci WLAN. Rozdział 3 zawiera omówienie przeprowadzonych eksperymentów symulacyjnych wraz z uzyskanymi wynikami dotyczącymi efektywności proponowanych realizacji usług sieciowych. Podsumowanie artykułu oraz kierunki dalszych prac zostały zamieszczone w rozdziale 4.

2. Usługi sieciowe w sieci WLAN

W rozdziale tym przedstawiono metodę zapewnienia jakości w sieci WLAN opracowaną w ramach projektu EuQoS [8,9]. Celem projektu jest opracowanie rozwiązania umożliwiającego zapewnienie jakości obsługi pomiędzy użytkownikami wielo-domenowej sieci IP, budowanej w oparciu o różne techniki sieciowe. Proponowane rozwiązanie zakłada zdefiniowanie usług sieciowych oferowanych użytkownikowi, tzw. usług end-to-end, które następnie są mapowane na usługi zaprojektowane dla poszczególnych technik sieciowych.

Dla bezprzewodowej sieci LAN zdefiniowano trzy usługi sieciowe, tj. RT (*real time*), NRT (*non real time*) oraz STD (*standard*). Usługa RT jest przeznaczona dla obsługi ruchu wymagającego obsługi w czasie zbliżonym do rzeczywistego, wrażliwego na opóźnienia i zmienność opóźnienia przekazu pakietów, czego przykładem może być przekaz mowy lub przekaz obrazów wideo-konferencyjnych. Usługa NRT jest zaprojektowana dla obsługi ruchu wymagającego gwarantowanej przepływności, wrażliwego na straty pakietów, natomiast tolerancyjnego wobec opóźnień i zmienności opóźnienia przekazu pakietów. Przykładem takiego ruchu może być przekaz obrazów wideo lub danych wymagającej gwarantowanej przepływności. Trzecią usługą jest usługa STD, która jest przeznaczona dla przekazu ruchu niewymagającego gwarancji QoS. Dla każdej usługi zdefiniowano wymagania dotyczące gwarantowanego poziomu jakości obsługi, wyrażonego przez dopuszczalne wartości następujących parametrów: opóźnienia przekazu pakietów IPTD (IP Packet Delay Variation), zmienności opóźnienia IPDV (IP Packet Delay Variation) oraz poziomu strat pakietów IPLR (IP Packet Loss Ratio). W tabeli 1 przedstawiono podsumowanie wymagań dla usług sieciowych sieci WLAN. Należy zwrócić uwagę, iż podane wartości parametrów QoS są opracowane na podstawie zaleceń ITU-T [10] i odnoszą się do relacji pomiędzy użytkownikami, zatem w przypadku, gdy sieć WLAN jest siecią dostępową.

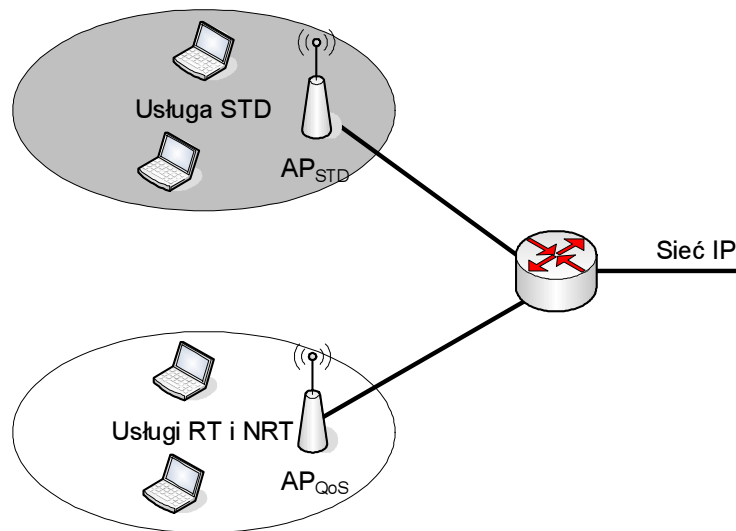
Poniżej przedstawiono dwie metody implementacji usług dla bezprzewodowej sieci LAN. Pierwsza przeznaczona jest dla systemów, które nie wspierają rozszerzenia standardu IEEE 802.11e, natomiast drugi sposób realizacji wykorzystuje już mechanizmy QoS wprowadzone w tym rozszerzeniu. Ważnym kryterium opracowanie proponowanych rozwiązań była możliwość implementacji rozwiązań w istniejącym sprzęcie komercyjnym. Należy zwrócić uwagę, pomimo tego, iż urządzenia zgodne ze standardem 802.11e są dostępne, w praktyce nie można ich zastosować ze względu na brak odpowiedniego oprogramowania w istniejących systemach operacyjnych pozwalającego wspierać usługi sieciowe.

Tab. 1: Specyfikacja usług sieciowych opracowanych dla sieci WLAN

Usługi sieciowe WLAN	Wymagania QoS			Deskryptor ruchu	Przykładowe aplikacje
	IPLR	IPTD	IPDV		
RT (<i>real time</i>)	10^{-3}	100 ms	50 ms	<i>peak rate</i>	- przekaz mowy - wideokonferencja
NRT (<i>non real time</i>)	10^{-3}	1 s	brak	<i>requested rate</i>	- przekaz wideo - przekaz danych z gwarantowaną szybkością
STD (<i>standard</i>)	brak	brak	brak	brak	- www, - e-mail, - p2p

2.1. Realizacja usług sieciowych w sieci 802.11

Pierwszy sposób realizacji (EuQoS 802.11) przeznaczony jest dla sieci WLAN, które używają trybu DCF jako mechanizmu dostępu do kanału transmisyjnego. Ze względu na sposób działania protokołu dostępu do medium transmisyjnego, w trybie tym nie ma możliwości wprowadzenia ścisłej separacji zasobów. Dlatego w proponowanym rozwiązaniu założono fizyczną separację poprzez wprowadzenie dwóch punktów dostępowych działających na oddzielnych kanałach radiowych, przedstawionych na rysunku 1. Pierwszy z nich AP_{STD} dedykowany jest do obsługi ruchu standardowego, natomiast drugi AP_{QoS} obsługuje ruch generowany w ramach usług sieciowych RT oraz NRT. Użytkownik, po zestawieniu połączenia w ramach usługi RT lub NRT jest automatycznie przełączany do punktu dostępowego AP_{QoS} .



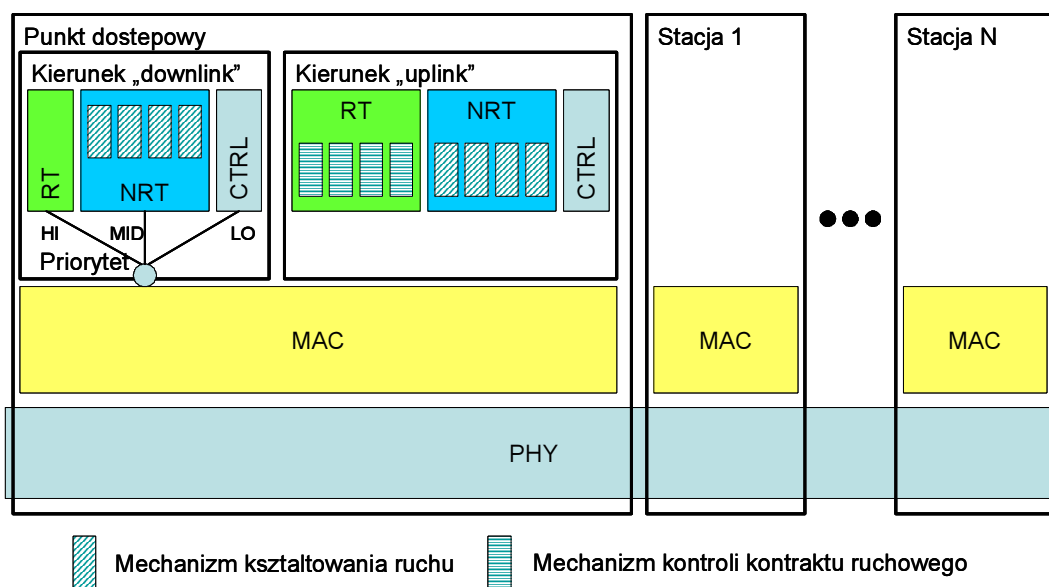
Rys.1 Separacja usług QoS (RT, NRT) od usługi standardowej (STD) za pomocą dwóch punktów dostępowych działających na dedykowanych kanałach radiowych.

Aby zapewnić zróżnicowanie pomiędzy usługami RT i NRT, w punkcie dostępowym AP_{QoS} przedstawionym na rysunku 2, zastosowano następujące mechanizmy sterowania ruchem:

- Klasyfikator, który przyporządkowuje pakiety od usług na podstawie adresów IP źródłowych i docelowych oraz użytych numerów portów protokołu TCP lub UDP.

- Mechanizm szeregowania pakietów w kierunku „downlink” (dane transmitowane od punktu dostępowego do klientów) wprowadzający priorytet dla ruchu RT nad ruchem NRT.
- Mechanizm nadzorowania kontraktu ruchowego (*policer*) dla połączeń RT w kierunku „uplink”, który sprawdza zgodność ruchu z deklaracją,
- Mechanizm kształtowania ruchu dla połączeń NRT w obu kierunkach, który ogranicza szybkość połączeń TCP do gwarantowanej przez system szybkości bitowej. Należy tu zaznaczyć, że mechanizm ten pozwala buforować pakiety dla strumienia, który przekracza dozwoloną szybkość bitową.
- Dodatkowo część zasobów została przeznaczona do obsługi ruchu kontrolnego (CTRL), który jest związany utrzymaniem sieci np. routing.

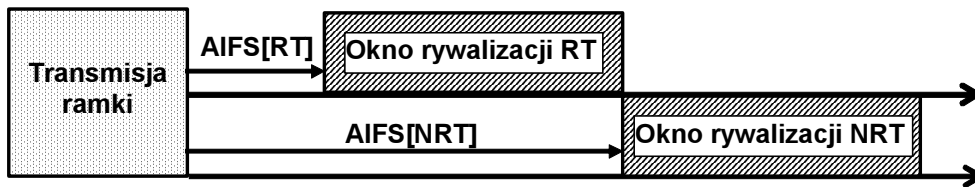
Należy zwrócić uwagę, że w tym rozwiązaniu nie wprowadzono żadnych mechanizmów sterowania ruchem w stacjach użytkowników. Wynika to z właściwości protokołu MAC, który zapewnia jednakową obsługę wszystkich stacji w tym punkcie dostępowego. Ponieważ ruch generowany przez stacje jest mniejszy niż ruch wysyłany przez punkt dostępowy AP_{QoS}, więc w kierunku „uplink” nie występuje przeciążenie.



Rys. 2. Lokalizacja mechanizmów QoS dla realizacji usług RT i NRT w rozwiązaniu EuQoS 802.11.

2.2. Realizacja usług sieciowych w sieci 802.11e

W przypadku, gdy w sieci bezprzewodowej LAN jest zaimplementowany rozszerzony tryb dostępu do medium transmisyjnego EDCA, implementacja usług RT i NRT wymaga pojedynczego punktu dostępowego AP. W rozwiązaniu (EuQoS 802.11e) wykorzystano klasy usług wprowadzone w standardzie IEEE 802.11e. Każda klasa posiada własny zestaw parametrów warstwy MAC: AIFSN, CW_{MIN} , CW_{MAX} , etc. Poprzez odpowiednią modyfikację parametrów w warstwie MAC można priorytetyzować ruch oraz uzyskać separację ruchu QoS od ruchu standardowego. Modyfikacja ta polega na rozsunięciu okien rywalizacji tak, aby pakiety należące do klasy RT miały zawsze pierwszeństwo w dostępie do medium transmisyjnego. Przykładowy schemat okien rywalizacji przedstawiono na rysunku 3. Podobnie realizowane jest pierwszeństwo ruchu NRT nad ruchem standardowym (usługa STD).

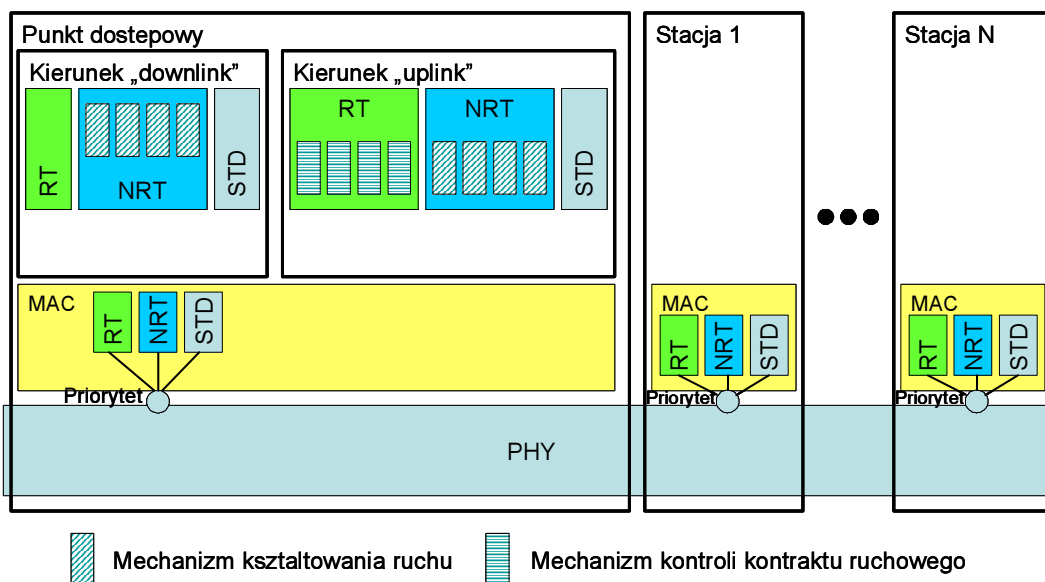


Rys. 3. Propozycja separacji usług RT i NRT za pomocą parametrów AIFSN i CW warstwy MAC standardu 802.11e.

Podobnie jak w poprzedniej realizacji usług, niezbędne jest dodatkowo zastosowanie mechanizmów sterowania ruchem w punkcie dostępowym. Mechanizmy te, przedstawione na rysunku 4, to:

- Klasyfikator, który przyporządkowuje pakiety od usług na podstawie adresów IP źródłowych i docelowych oraz użytych numerów portów protokołu TCP lub UDP,
- Mechanizm nadzorowania kontraktu ruchowego (*policer*) dla połączeń RT w kierunku „uplink”, który sprawdza zgodność ruchu z deklaracją,
- Mechanizm kształtowania ruchu dla połączeń NRT w obu kierunkach, który ogranicza szybkość połączeń TCP do gwarantowanej przez system szybkości bitowej. Należy tu zaznaczyć, że mechanizm ten pozwala buforować pakiety dla strumienia, który przekracza dozwoloną szybkość bitową
- Ponadto, należy zarezerwować część zasobów obsługi ruchu standardowego.

W odróżnieniu od poprzedniego rozwiązania w tym przypadku mamy możliwość ingerencji w zachowanie stacji bezprzewodowej. Wynika to z faktu, że tryb dostępu do medium transmisyjnego 802.11e jest również zaimplementowany w kartach sieciowych, dla których można skonfigurować i wykorzystać istniejące klasy usług.



Rys. 4. Lokalizacja mechanizmów QoS dla realizacji usług RT, NRT i STD w rozwiązaniu EuQoS 802.11e.

2.3. Mechanizm przyjmowania nowych połączeń

W obu realizacjach usług sieciowych założono, że decyzję o przyjęciu bądź odrzuceniu nowego wywołania podejmuje punkt dostępowy w oparciu o wartości deskryptora ruchowego przesłanego w żądaniu zestawienia połączenia oraz model zasobów sieci WLAN uwzględniający właściwości protokołu MAC. Model ten zakłada, że nowe połączenia mogą być przyjęte dopóki ruch oferowany nie przekracza zdolności obsługowej systemu WLAN. Formalnie warunek ten można zapisać jako zależność: (1):

$$PPR_{new} \cdot T_{eff-new} + \sum_{i \in \text{all accepted flows}} PPR_i \cdot T_{eff-i} \leq \eta \quad (1)$$

w której: PPR_x oznacza wartość szczytową (peak rate) ruchu dla połączeń RT lub wartość żądanej przepływności dla połączeń NRT odpowiednio dla nowych połączeń (PPR_{new}) bądź już realizowanych (PPR_i). Wartość \bar{T}_{eff-x} oznacza czas wymagany przez system dla obsługi pakietu należącego do danego połączenia, natomiast parametr η jest dopuszczalnym obciążeniem systemu, którego wartość powinna być mniejsza od 1.

Wartość \bar{T}_{eff} można wyznaczyć jako sumę czasu „backoff” ($\bar{T}_{backoff}$) związanego z fazą rywalizacji o dostęp do medium oraz czasu transmisji pakietu (\bar{T}_{trans}).

$$\bar{T}_{eff} = \bar{T}_{backoff} + \bar{T}_{trans} \quad (2)$$

Należy zwrócić uwagę, iż wyznaczenie dokładnej wartości $\bar{T}_{backoff}$ jest problemem złożonym, który do tej pory nie został rozwiązany. Wynika to z faktu, iż czas „backoff” jest zależny w uwikłany sposób od liczby stacji, ich stanu oraz przenoszonego ruchu. Z tego względu w proponowanym rozwiązaniu zastosowano aproksymację wartości $\bar{T}_{backoff}$, która w warunkach braku przeciążenia systemu stanowi jego górne ograniczenie (3).

$$\bar{T}_{backoff} = \frac{CW_{min}}{2} * T_{slot} \quad (3)$$

gdzie CW_{min} oznacza minimalną wartość okna kolizji, natomiast T_{slot} oznacza wartość długości szczeliny czasowej protokołu MAC.

Wartość czasu transmisji pakietu \bar{T}_{trans} można wyznaczyć uwzględniając wartości parametrów systemu WLAN oraz długości ramek jako zależność (4)

$$\bar{T}_{trans} = T_{DIFS} + T_{SIFS} + 2 * T_{preamble} + \frac{8 * (L_{HDR} + L_{ACK} + L_{PKT})}{C} \quad (4)$$

w której czas DIFS (T_{DIFS}), czas SIFS (T_{SIFS}) oraz czas trwania preambuły ($T_{preamble}$) są związane z zastosowaną warstwą fizyczną [1], natomiast wartości L_{HDR} , L_{ACK} , L_{PKT} odpowiadają odpowiednio długości nagłówka ramki MAC, długości pakietu potwierdzającego oraz długości pakietu użytkownika. Wartość C odpowiada fizycznej szybkości łącza radiowego.

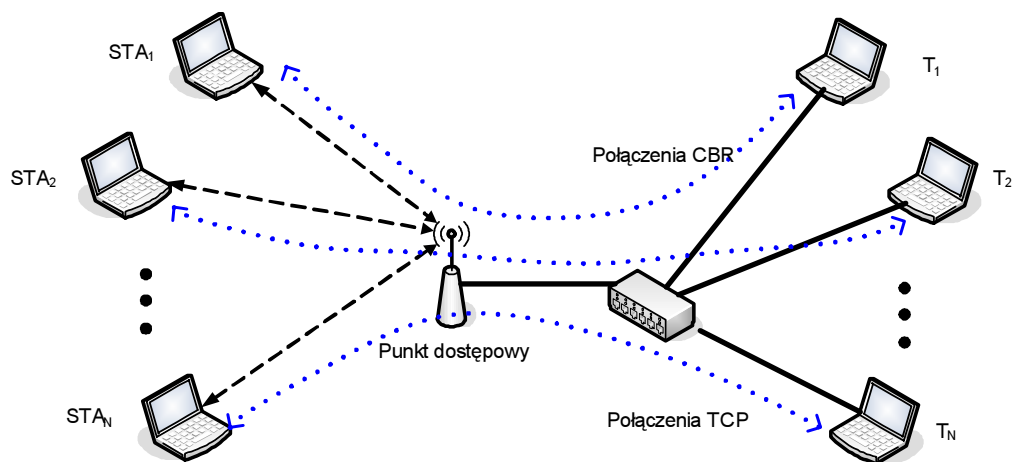
2.4. Implementacja

W celu zaimplementowania obu prezentowanych rozwiązań należy zastosować punkt dostępowy pozwalający obsługiwać szereg mechanizmów QoS. Podstawowym wymaganiem jest możliwość klasyfikacji strumieni w oparciu o zawartość nagłówków IP oraz mechanizm szeregowania pakietów pozwalający wprowadzić priorytet dla wybranych strumieni. Niezbędna jest również dostępność mechanizmów kształtowania i nadzoru kontraktu ruchowego użytkownika (policing, shaping). W projekcie EuQoS prototyp proponowanej metody zapewnienia jakości w sieci WLAN zaimplementowano w oparciu o sprzęt firmy Linksys model WRT54G, który

kontrolowany jest przez system operacyjny Linux. Implementacja obu rozwiązań wymaga mechanizmów działających dla każdego strumienia ruchu, co może negatywnie wpłynąć na wydajność urządzenia.

3. Badania efektywności proponowanych realizacji usług sieciowych

W rozdziale tym zamieszczono wyniki oceny efektywności realizacji usługi sieciowych proponowanych dla bezprzewodowej sieci WLAN realizowanych w oparciu o protokoły MAC w wersji 802.11 oraz 802.11e. Ocenę przeprowadzono za pomocą symulacji komputerowej wykorzystując w tym celu symulator NS-2 [11], który rozszerzono o proponowane mechanizmy sterowania ruchem. Eksperymenty symulacyjne przeprowadzono zakładając topologię sieci WLAN przedstawioną na rysunku 5, która jest zbudowana z pojedynczego punktu dostępowego, do którego dołączone są stacje bezprzewodowe STA_x .



Rys. 5. Topologia sieci założona w eksperymentach.

Wszystkie symulacje przeprowadzono przy zastosowaniu warstwy fizycznej 802.11b (11Mbit/s), z długą preambułą PLCP, wyłączoną funkcją rezerwacji medium transmisyjnego RTS/CTS, zakładając idealne warunki propagacyjne zapewniające bezstratny przekaz pakietów w warstwie fizycznej. Szczegółowe parametry warstwy MAC zastosowane w eksperymentach podsumowano w tabeli 2.

Tab. 2. Parametry warstwy MAC badanych systemów.

System:	802.11	EuQoS 802.11		EuQoS 802.11e	
Oferowane usługi:	-	RT	NRT	RT	NRT
DIFS/AIFS [SlotTime]	2	2		2	17
CWmin [SlotTime]	31	31		15	15
CWmax [SlotTime]	1023	1023		1023	1023
rozmiar bufora [pkt]	20	20	20	20	20

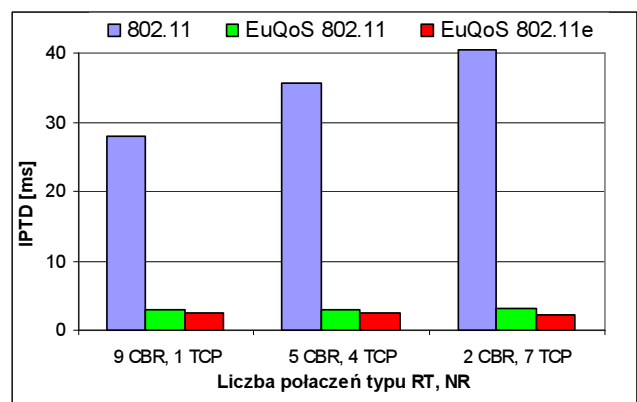
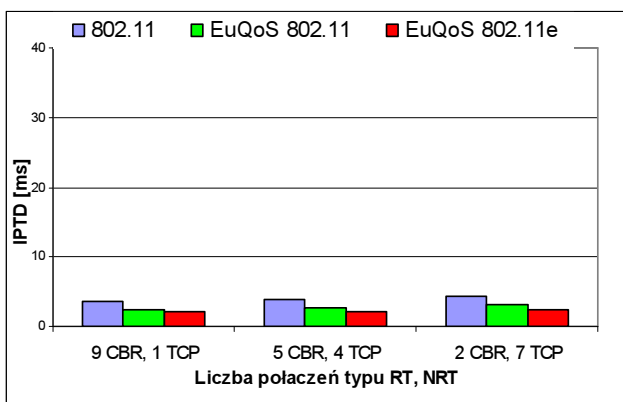
Eksperymenty przeprowadzono zakładając różną liczbę połączeń typu RT oraz NRT zestawionych pomiędzy każdą parą stacja bezprzewodowa STA_x – terminal przewodowy T_x . W każdym eksperymencie liczbę połączeń ustalono tak, aby sieć była obciążona do limitu wyznaczonego przez proponowany w rozdziale 2.3 algorytm przyjmowania nowych połączeń. W ramach połączeń RT generowano dwukierunkowy strumień o stałej szybkości bitowej CBR (*Constant Bit Rate*) modelujący połączenia VoIP z kodekiem G711, w którym pakiety IP o długości 188B (160B dane + 20B nagłówek IP + 8B nagłówek UDP) były wysyłane przez źródło co 20ms. W ramach usługi NRT ruch był generowany wyłącznie w kierunku od terminala do stacji

bezprzewodowej przez zachłanne połączenie TCP Reno. Połączenia NRT żądają od systemu przepływności 512 kbit/s i wysyłały pakiety o długości 1500B.

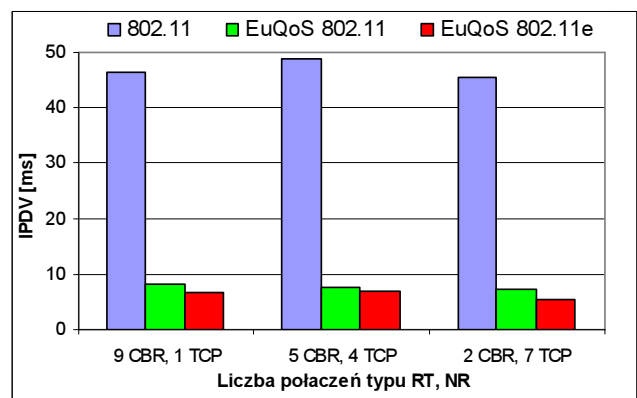
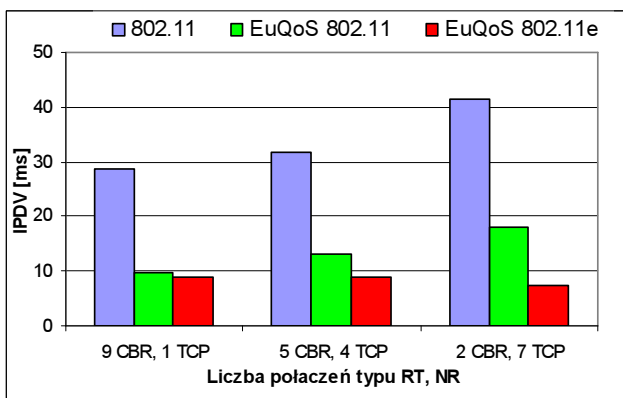
W każdym eksperymencie symulacyjnym źródła RT oraz NRT były startowane w losowych momentach w ciągu pierwszych 10s symulacji. Wyniki symulacyjne były zbierane od 20s do 100s. Przedstawione poniżej wyniki numeryczne dotyczą średnich wartości uzyskanych z 10 symulacji.

Na rysunku 6 przedstawiono porównanie wartości parametrów IPTD oraz IPDV oferowanych połączeniom RT w kierunku od stacji bezprzewodowej do terminala („uplink”) oraz w kierunku przeciwnym („downlink”), które zostały zmierzone w trzech systemach WLAN tj. EuQoS 802.11 z usługami sieciowymi, EuQoS 802.11e z usługami sieciowymi oraz standardowej sieci 802.11 bez zaimplementowanych usług. Przedstawione wyniki uzyskano zakładając różną liczbę połączeń RT oraz NRT (odpowiednio (9; 1), (5; 4) i (2; 7)) odpowiadających granicznym wartościom dopuszczalnym przez algorytm przyjmowania połączeń.

IPTD



IPDV



(a) kierunek „uplink”

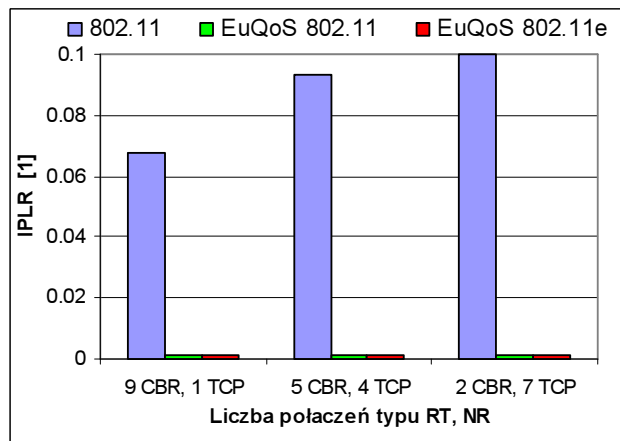
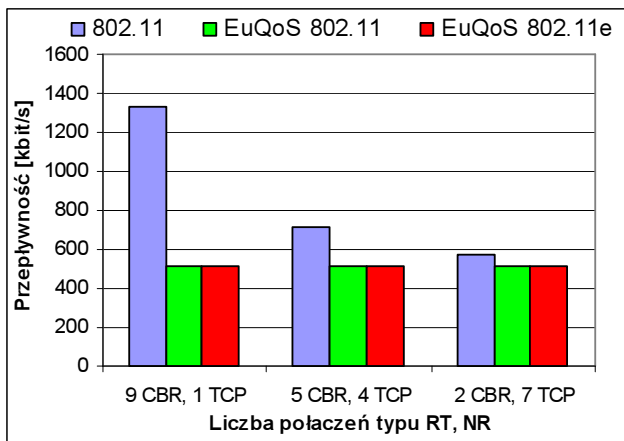
(b) kierunek „downlink”

Rys. 6. Porównanie parametrów IPTD, IPDV zmierzonych dla połączeń typu RT obsługiwanych w systemach: standardowy 802.11, EuQoS 802.11, EuQoS 802.11e.

Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, iż obie realizacje usług sieciowych pozwalają na znacząco poprawę jakości oferowanej połączeniom RT. Efekt ten jest szczególnie widoczny w przypadku transmisji w kierunku „downlink” gdzie zastosowanie proponowanych usług pozwala zredukować zarówno wartość opóźnienia IPTD (z wartości 30ms do około 3ms), jak również wartość zmienności opóźnienia (z około 45ms do poniżej 10ms). Dla kierunku „uplink” obserwowana wartość średniego opóźnienia jest porównywalna dla wszystkich systemów. Wynika to z faktu, iż protokół MAC 802.11 w podobnym stopniu zapewnia możliwość transmisji każdej ze stacji. Biorąc pod uwagę fakt, iż punkt dostępowy obsługuje ruch ruchem ze wszystkich połączeń, zatem przeciążenie występuje w kierunku „downlink”. Porównując efektywność realizacji usług

sieciowych w systemie EuQoS 802.11 oraz EuQoS 802.11e należy stwierdzić iż oferowana jakość jest zbliżona. Jedynie w przypadku transmisji w kierunku „uplink” system 802.11e umożliwia zredukowanie wartości zmienności opóźnienia w przypadku małej liczby połączeń CBR.

Rysunek 7 przedstawia porównanie wartości przepływności uzyskanej przez pojedyncze połączenie TCP (rysunek 7a) oraz wartości strat pakietów (rysunek 7b), które zostały zmierzone w trzech systemach WLAN tj. EuQoS 802.11, EuQoS 802.11e oraz standardowej sieci 802.11 bez zaimplementowanych mechanizmów QoS.



(a) przepływność pojedynczego połączenia TCP

(b) IPLR dla pojedynczego połączenia TCP

Rys. 7. Porównanie przepływności oraz poziomu strat uzyskanych przez pojedyncze połączenie TCP w systemach: standardowy 802.11, EuQoS 802.11, EuQoS 802.11e.

Uzyskane wyniki potwierdzają, iż obie realizacje usług sieciowych umożliwiają zapewnienie w sieci WLAN żądanej przepływności oraz gwarantują bezstratny przekaz pakietów (w założonych idealnych warunkach propagacyjnych). W przypadku standardowej sieci WLAN połączenia TCP uzyskiwały większą przepływność niż żądana jednakże występowały również znaczne straty pakietów. Efekt ten nie występuje dla obu proponowanych rozwiązań ze względu na zastosowanie urządzeń kształtujących ruch, które ograniczały przepływność uzyskiwaną przez połączenia TCP oraz konserwatywnością proponowanego algorytmu przyjmowania wywołań.

4. Wnioski

W artykule przedstawiono metodę zapewnienia jakości obsługi w bezprzewodowej sieci WLAN opartą o koncepcję usług sieciowych. Proponowane rozwiązanie zakłada zdefiniowanie trzech usług sieciowych tj. usługi RT, NRT oraz STD, z których każda jest przeznaczona dla obsługi ruchu o specyficznym profilu ruchowym oraz wymaganiach dotyczących jakości obsługi. W artykule przedstawiono dwie realizacje proponowanych usług wykorzystujące mechanizmy standardowego protokołu dostępu MAC 802.11 oraz rozszerzonego protokołu 802.11e. Dla każdej realizacji przedstawiono specyfikację mechanizmów sterowanie ruchem tj. mechanizmów szeregowania pakietów, mechanizmów nadzorowania kontraktu ruchowego, mechanizmów kształtowania ruchu, jak również algorytm przyjmowania nowych połączeń. Przeprowadzone badania symulacyjne wskazują, iż zastosowanie proponowanych usług sieciowych pozwala spełnić wymagania aplikacji dotyczące jakości obsługi.

Kontynuacja prac powinna się być związana z wpływem czynników związanych z propagacją radiową w sieciach bezprzewodowych LAN. Podstawowe rozszerzenia powinny uwzględnić błędy transmisyjne oraz różne warunki propagacyjne pomiędzy stacjami. Ostatecznym celem badań jest pełna implementacja rozwiązań w sieci pilotowej oraz weryfikacja rozwiązania za pomocą pomiarów dla różnych warunków propagacyjnych.

Bibliografia

1. IEEE 802.11 WG, IEEE Std 802.11-1999, Part 11: Wireless LAN MAC and physical layer specifications, 1999
2. A. Veres, A. T. Campbell, M. Barry, Li-Hsiang Sun, Supporting Service Differentiation in Wireless Packet Networks Using Distributed Control, IEEE Journal on selected Areas in Communications, vol. 19, No 10, October 2001, pp. 2081-2093.
3. A. Jain, D. Qiao, K. G. Shin, RT-WLAN: A Soft Real-Time Extension to the ORiNOCO Linux Device Driver, 2003 International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC 2003), 2003
4. J. Śliwiński, W. Burakowski and A. Beben, A Method for Improving Transfer Quality of CBR Streams over Wireless LANs, 4th Polish-German Teletraffic Symposium, September 21-22, Wroclaw, Poland, 2006 (w druku)
5. K. Medepalli, P. Gopalakrishnan, D. Famolari, T. Kodama, Voice capacity of IEEE 802.11b, 802.11a and 802.11g wireless LANs, IEEE Global Telecommunications Conference Globecom 04, Dallas, USA 2004.
6. IEEE 802.11 WG, Part 11: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications: Medium Access Control (MAC) Quality of Service (QoS) Enhancements, Draft ver. 6.0, 2003
7. Qiang Ni, Performance Analysis and Enhancements for IEEE 802.11e Wireless Networks, IEEE Network July/August 2005
8. W. Burakowski, H. Tarasiuk, A. Beben, M. Dąbrowski, EuQoS IST project: Overview of the QoS framework for EuQoS, Krajowe Sympozjum Telekomunikacji, Bydgoszcz 2005
9. J. Enriquez (eds), Deliverable D113: Business models and system design specification, No 004503/TID/DS/D1.1.3/A1, August 2005 ([http://www.ist-euqos.org/documents.php?idfolder=262 &viewdoc=916](http://www.ist-euqos.org/documents.php?idfolder=262&viewdoc=916))
10. ITU-T Recommendation Y.1541, "Network performance objectives for IP-based services", ITU, May 2002
11. NS-2, Network Simulator 2, <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>