

Wykorzystanie bezprzewodowych sieci komputerowych do przesyłania danych pomiarowych

Dariusz Eljasz
Piotr Powroźnik

W artykule przedstawiono wyniki analizy możliwości zastosowania bezprzewodowych sieci komputerowych do przesyłania danych pomiarowych zapisanych w formacie opisu i wymiany danych Extensible Markup Language (XML). Następnie przedstawiono schemat komunikacyjny standardu IEEE 802.11b. Analizie zostanie poddany wpływ rozmiaru danych pomiarowych przesyłanych w formacie XML oraz wpływ przeszkód na przepustowość komunikacyjną.

Applying wireless network for sending measurement data

In paper will, analysis of use wireless computer networks for sending measuring data saved in format Extensible Markup Language (XML) is presented. Next schema of communication standard IEEE 802.11b is outlined. Influence of measuring data size sending in format XML and influence of obstruction at capacity of communication is described.

1. Wstęp

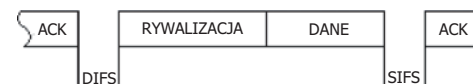
Od czasu, kiedy sieci bezprzewodowe pojawiły się na rynku, zyskują one coraz większą sympatię użytkowników. Producenci sprzętu prześcigają się w nowościach, wprowadzając własne rozwiązania, często niekompatybilne z innymi producentami, i obiecując coraz większe transfery danych. Sieci bezprzewodowe wkraczają także do przemysłu. Coraz więcej firm produkuje urządzenia pomiarowe zaopatrzone w interfejsy do sieci bezprzewodowych. W celu ułatwienia komunikacji pomiędzy różnymi producentami, dane w takich systemach są przesyłane w formacie XML. Dla przemysłu powstał nawet specjalny format SensorML. Zastosowanie formatowania XML-owego wnosi mnóstwo korzyści. Dzięki takiej formie przesyłania danych jest możliwe tworzenie systemów informatycznych w architekturze klient-serwer bez konieczności implementacji obu części na jednej platformie programistycznej. Zmiana oprogramowania po którejkolwiek stronie nie wymaga zmiany po stronie przeciwnej.

Celem pracy jest przeprowadzenie analizy wpływu wielkości przesyłanych danych w formacie XML transmitowanych drogą bezprzewodową na podstawie standardu IEEE 802.11b (WiFi – *Wireless Fidelity*). Wykonano ponadto pomiary mające na celu zobrazowanie wpływu przeszkód na torze bezprzewodowym na przepustowość komunikacyjną sieci.

Dariusz Eljasz – e-mail: D.Eljasz@ime.uz.zgora.pl
Piotr Powroźnik – e-mail: P.Powroznik@ime.uz.zgora.pl
Uniwersytet Zielonogórski, Instytut Metrologii Elektrycznej

2. Przepustowość komunikacyjna standardu 802.11b

Na wstępie zostaną przedstawione teoretyczne możliwości przepustowości standardu, w celu poznania schematu komunikacyjnego transmisji bezprzewodowej [2, 3].

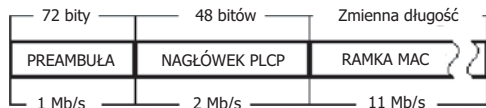


Rys. 1. Schemat komunikacyjny [1]
Fig. 1. Communication schema [1]

Zanim stacja przystąpi do transmisji danych, musi sprawdzić czy łącze jest wolne. Jeżeli tak nie jest, stacje wstrzymują się nawzajem i angażują algorytm rywalizacji o dostęp do nośnika, aby zapobiec kolizjom. Jest to tak zwany okres rywalizacji. Gdy dana stacja „wygra” rywalizację, może przystąpić do wysyłania swoich danych. W 802.11b niemalże każda transmisja musi zostać potwierdzona przez odbiorcę. Jednakże pomiędzy wysłaniem danych musi upłynąć minimalny czas (przerwa) SIFS (*Short Interframe Space*). Po wysłaniu potwierdzenia przez stację odbiorczą, do transmisji kolejnych danych musi upłynąć czas DIFS (*DCF Interframe Space*), po którym ponownie rozpoczyna się rywalizacja o łącze, co przedstawiono na rys. 1.

Każda ramka wysłana w sieci bezprzewodowej składa się z 3 części: PREAMBUŁY, NAGŁÓWKA PLCP oraz RAMKI MAC. To właśnie w ramce MAC są przechowywane transmitowane dane. Preambuła oraz nagłówki PLCP dla wszystkich ramek zawsze pozostają takie same. Dodatkowo każda część może być

transmitowana z różnymi szybkościami. Na rys. 2 przedstawiono sytuację, w której jest wykorzystywana tzw. krótka preambuła. W takim wariancie pracy systemu szybkość przesyłania preambuły wynosi 1 Mbit/s, nagłówek PLCP – 2 Mbit/s, a pola z danymi – 11 Mbit/s [2].



Rys. 2. Ramka HR/DSSS PLCP [1]

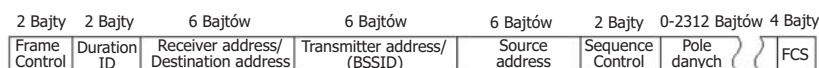
Fig. 2. HR/DSSS PLCP frame [1]

Ramka MAC może mieć różną długość, zależną od przesyłanych danych [1]. Rozmiary przykładowych ramek wraz z ich opisem zostały przedstawione na rys. 3 – 6.



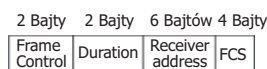
Rys. 3. Ramka MAC wysyłana do punktu dostępowego [1]

Fig. 3. MAC frame sending to Access Point [1]



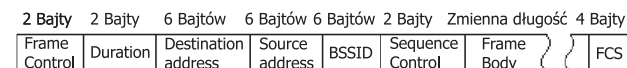
Rys. 4. Ramka MAC wysyłana z punktu dostępowego [1]

Fig. 4. MAC frame sending from Access Point [1]



Rys. 5. Ramka ACK [1]

Fig. 5. ACK frame [1]



Rys. 6. Ramka Beacon [1]

Fig. 6. Beacon frame [1]

Standard IEEE 802.11b definiuje następujące wartości parametrów:

SIFS – 10 μs

Szczelina czasowa – 20 μs

DIFS – 2 x Szczelina czasowa + SIFS = 50 μs

Okno rywalizacji – 31 ÷ 1023 szczelin czasowych (przyjęto wartość 31 –> 610 μs)

Preambuła – krótka 72 bity, długa 144 bity

Nagłówek PLCP – 48 bity

Ramka MAC – maks. 4095 B, zwykle 2346 B.

Z uwagi na to, że analizie zostaną poddane ramki pochodzące od protokołu TCP, wielkość ramki MAC przyjęto **1536 bajtów** [3]

Mając powyższe dane, można przystąpić do obliczenia wydajności łącza [3].

W obliczeniach przyjęto ramkę PLCP, która będzie się składać z krótkiej preambuły. Wówczas czas potrzebny na przesłanie preambuły będzie wynosił

$$72 \text{ bit}/1 \text{ Mbit/s} = 72 \mu\text{s}$$

natomiast nagłówek PLCP

$$48 \text{ bit}/2 \text{ Mbit/s} = 24 \mu\text{s}$$

Na podstawie powyższych rozważań otrzymano następujące równanie

$$t_{RAMKI} = t_{RYWALIZACJI} + t_{DANYCH} + t_{SIFS} + t_{ACK} + t_{DIFS} \quad (1)$$

Czas wysyłanych danych dla pola danych = 1536 bajtów [3] (maksymalny rozmiar ramki w protokole TCP, przenoszący 1460 bajtów „czystych” danych)

$$\begin{aligned} t_{RAMKI_danych} &= 620 + 1213,1 + 10 + 106,2 + 50 \\ &= 1999,3 \mu\text{s} \approx 2000 \mu\text{s} \end{aligned}$$

Dla potwierdzenia odbioru danych wynikających z protokołu TCP (76 bajtów)

$$\begin{aligned} t_{RAMKI_potwierdzenia_TCP} &= 620 + 151,3 + 10 + 106,2 + 50 \\ &= 937,5 \mu\text{s} \approx 938 \mu\text{s} \end{aligned}$$

Dodatkowo należy uwzględnić ramki Beacon, które są wysyłane w sieci niezależnie od pozostałych ramek 10 razy na sekundę. Podczas tych ramek nie może się odbywać żadna inna transmisja, w związku z czym ramka ta nie podlega okresowi rywalizacji i nie wymaga potwierdzenia.

$$t_{RAMKI_beacon} = 129,5 + 50 = 179,5 \mu\text{s} \approx 180 \mu\text{s}$$

Przy tak zdefiniowanych czasach można wyliczyć ile poszczególnych transmisji odbędzie się w jednostce czasu. W dalszych obliczeniach przyjęto, że potwierdzenia od protokołu TCP będą realizowane raz na 10 przesłanych ramek, a jednostką czasu będzie sekunda.

$$\begin{aligned} x \cdot t_{RAMKI_danych} (\mu\text{s}) + \frac{1}{10} x \cdot t_{RAMKI_potwierdzenia_TCP} (\mu\text{s}) + \\ + 10 \cdot t_{RAMKI_beacon} (\mu\text{s}) = 1000000 (\mu\text{s}) \end{aligned} \quad (2)$$

gdzie: $x = 476$ (powtórzeń/s)

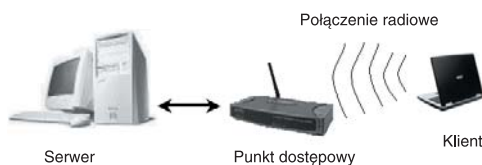
Oznacza to, że przy tak zdefiniowanych parametrach maksymalna teoretyczna przepustowość sieci wynosi:

$$\begin{aligned} 476 (\text{powtórzeń/s}) \cdot 1460 (\text{B}) &= 694960 (\text{B/s}) \\ &\approx 5,3 (\text{Mbit/s}) \end{aligned}$$

Oczywiście w warunkach rzeczywistych rzadko istnieje wpływ na ustawienie parametru decydującego o potwierdzaniu przesyłanych danych w protokole TCP. Dodatkowo wartości przesyłanych danych, szczególnie w systemach pomiarowych, są mniejsze niż zakładane w tych obliczeniach, co może znacząco obniżyć efektywną przepustowość komunikacyjną sieci.

3. Wpływ rozmiaru danych na przepustowość efektywna sieci

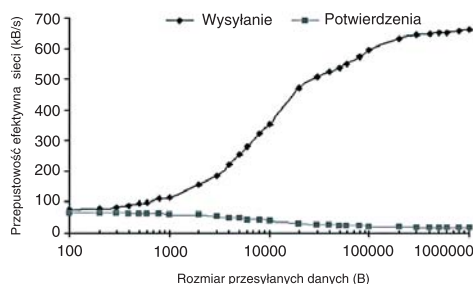
W celu przetestowania wpływu rozmiaru przesyłanych danych na przepustowość efektywna sieci bezprzewodowej, zostały wygenerowane dane w formacie XML o różnych wielkościach. Źródłem danych pomiarowych była karta akwizycji danych DaqBoard 1000 firmy Iotech zainstalowana w komputerze PC. Zadaniem karty było próbkowanie z zadaną przez użytkownika częstotliwością sygnału z układu korektora RC I lub II stopnia. Uzyskane wyniki pomiarów zostały zapisane w formacie XML. Klient po sparsowaniu otrzymanych danych dokonywał wyznaczenia charakterystyki Nyquista, modułu oraz fazy sygnału. Całość systemu została zaimplementowana w środowisku LabWindows w wersji 7.1. Układ systemu pomiarowego (rys. 7) składał się z punktu dostępowego firmy Planet WAP 1966 oraz laptopa Toshiba Satellite L10 z kartą bezprzewodową WL-3553 firmy Planet. Moc sygnału z punktu dostępowego zgodnie z informacją producenta wynosiła 18 dBm, natomiast siła sygnału kart PCMCIA w specyfikacji technicznej została określona na 15 dBm.



Rys. 7. Schemat systemu pomiarowego
Fig. 7. Schema of measuring system

Testowane dane miały rozmiar od 100 B do 1 MB. Dane wielkości 1 MB odpowiadają mniej więcej zapisowi 36000 próbek w formacie double, z precyzją na jaką ta forma zapisu pozwala. W praktyce trudno sobie wyobrazić system pomiarowy, który przesyłałby dane o wielkości powyżej 1 MB, lecz nie można jednoznacznie tego wykluczyć. Na rys. 8 jest przedstawiona zależność wielkości transmitowanych danych oraz potwierdzeń pochodzących od tych danych na przepustowość efektywna sieci.

Można na nim zaobserwować, że dla danych bardzo małych, rzędu 100 – 1000 bajtów, przepustowość sieci jest na poziomie 100 kB. Jest to poniżej 1 % możliwości standardu! Dzieje się tak dlatego, że czas potrzebny na



Rys. 8. Zależność przepustowości efektywnej sieci od rozmiaru przesyłanych próbek
Fig. 8. Dependence capacity of network from size of samples

przesyłanie danych o tak małych wartościach stanowi mniej niż 10 % czasu całej wymiany komunikacyjnej, wliczając potwierdzenia transmitowanych danych. W tym przedziale widać także wyraźnie, że przesłane dane są niemalże na tym samym poziomie, co idące od nich potwierdzenia. Dzieje się tak z uwagi na to, że nie została jeszcze uruchomiona fragmentacja pochodząca od protokołu TCP [4], dzięki czemu, po każdej udanej próbie przesyłanych danych, wysyłane było potwierdzenie odbioru. Po przekroczeniu tego pułapu widać wzrost szybkości przesyłanych danych, aż do poziomu 200 – 300 kB. Od tego momentu następuje nasycenie szybkości na poziomie 650 kbit/s. Maksymalna osiągnięta szybkość transmisji danych ustaliła się zgodnie z oczekiwaną wartością teoretyczną na poziomie 700 kbit/s, lecz była ona tylko wówczas, gdy były przesyłane dane o bardzo dużych rozmiarach, rzędu 600 MB. Liczba potwierdzeń spada, co jest prawdopodobnie związane z różnym rozmiarem okien (Window) w protokole TCP [4].

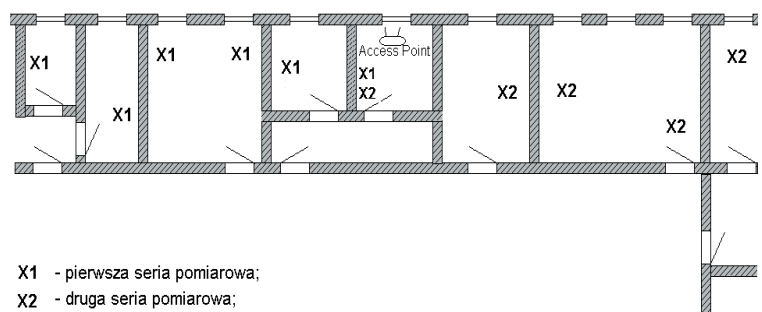
4. Wpływ przeszkód na przepustowość komunikacyjną

W dalszej części artykułu zostaną przedstawione wyniki przeprowadzonych badań dotyczących wpływu przeszkód na przepustowość komunikacyjną podczas przesyłania informacji drogą bezprzewodową. Przesyłany był plik o rozmiarze 250 MB zawierający wygenerowane w sposób losowy dane pomiarowe w standardzie XML. W rozważaniach skupiono się w głównej mierze na tłumieniu sygnału nośnego przez ściany.

Wyniki pomiarów uzyskane eksperymentalnie, przedstawione w tabeli 1, dowodzą konieczności uwzględnienia wpływu przeszkód na przepustowość komunikacyjną. Wartości otrzymanych szybkości odczytano za pomocą programu LanSpeed w wersji 3.0.7.

W celu potwierdzenia otrzymanych wyników powtórzone eksperyment. Podczas przeprowadzenia kolejnej serii pomiarów zmieniono kolejność i charakter przeszkód. Zmianie uległy miejsca, w których były dokonywane pomiary. Otrzymane wyniki pomiarów dla serii drugiej zawiera tabela 2.

Schemat pomieszczeń, w których zostały wykonane pomiary, przedstawia rys. 9.



X1 - pierwsza seria pomiarowa;
X2 - druga seria pomiarowa;

Rys. 9. Schemat pomieszczeń
Fig. 9. Rooms schema

Tab. 1. Wyniki pomiarów dla pierwszej serii
 Tab. 1. Results of measurements for first series

Odległość od punktu dostępowego (m)	Liczba ścian kartonowo-gipsowych (szt.)	Liczba ścian metalowych (szt.)	Maksymalna dostępna szybkość transmisji (Mbit/s)	Szybkość przesyłania danych pomiarowych (Mbit/s)
1	0	0	11	5,08
3	1	0	11	4,92
7	1	1	11	4,92
13	1	1	11	4,92
15	1	2	5,5	połączenie niestabilne
21	2	2	1	połączenie niestabilne

Tab. 2. Powtórzone wyniki dla drugiej serii
 Tab. 2. Repeated results for second series

Odległość od punktu dostępowego (m)	Liczba ścian kartonowo-gipsowych (szt.)	Liczba ścian metalowych (szt.)	Maksymalna dostępna szybkość transmisji (Mbit/s)	Szybkość przesyłania danych pomiarowych (Mbit/s)
1	0	0	11	5,08
4	0	1	11	4,92
8	1	1	11	4,92
17	1	1	11	4,92
20	1	2	1	połączenie niestabilne
21	3	1	1	połączenie niestabilne

W przypadku pomiarów wykonanych w pierwszej serii największy wpływ na szybkość przesyłania danych pomiarowych odegrała odległość. Pojedyncza ściana warstwowa o grubości 10 cm obita blachą, dzieląca pomieszczenia okazała się mieć niewielki wpływ na przepustowość komunikacyjną. Nawiązanie i utrzymanie połączenia pomiędzy nadajnikiem a odbiornikiem mogło być spowodowane konstrukcją budynku. Fala radiowa mogła ulec odbiciu albo przeniknąć przez elementy konstrukcje budynku, które na to pozwoliły. Przy odległości 21 m wpływ przeszkód na przepustowość komunikacyjną okazał się zbyt duży. W tym przypadku niemożliwa okazała się wymiana informacji pomiędzy urządzeniami.

Przeprowadzenie serii pomiarów podczas drugiego eksperymentu potwierdziło wcześniejsze obserwacje. Ściana metalowa dzieląca dwa sąsiednie pomieszczenia okazała się nie mieć znaczącego wpływu na transmisję przy niewielkiej odległości pomiędzy nadajnikiem a odbiornikiem. Tak jak w pierwszej części stan taki mógł wynikać z konstrukcji budynku i pozostałych materiałów, z których zostały wykonane, nie tłumiąc w znaczący sposób sygnału. Komunikacja została przerwana w pomieszczeniu oddalonym o 20 m od nadajnika. Miejsce to było oddzielone nośną ścianą z obiciem metalowym od pozostałych pomieszczeń.

5. Podsumowanie

Praca miała na celu przeprowadzenie analizy wpływu rozmiaru przesyłanych danych pomiarowych na przepustowość sieci opartej na standardzie IEEE 802.11b,

jak również wpływu przeszkód na torze transmisyjnym na tenże parametr. Przeprowadzone badania pokazują możliwości wykorzystania sieci WiFi w systemach pomiarowo-sterujących. Zasięg systemu jest w głównej mierze zależny od przeszkód, które znajdują się na torze transmisyjnym, a w zasadzie od właściwości tłumienia materiałów, z których przeszkody są wykonane. Na podstawie publikacji [5] stwierdzono powtarzalność uzyskanych wyników podczas badania wpływu odległości na przepustowość komunikacyjną sieci bezprzewodowych niezależnie od formatu przesyłanych danych pomiarowych. Przepustowość sieci bezprzewodowej wyraźnie jest zależna od wielkości przesyłanych danych, co zostało pokazane w pracy. Systemy transmisji danych oparte na standardzie 802.11b pracowały efektywnie, gdy były przesyłane dane o dużych rozmiarach. Tylko w takich momentach WiFi pokazuje pełnię swoich możliwości.

6. Literatura

1. M.S. Gast, *802.11 Sieci bezprzewodowe*, Poradnik encyklopedyczny, Helion, 2003.
2. P. Roshan, J. Leary, *Bezprzewodowe sieci LAN 802.11*. Podstawy, Mikom, 2004.
3. M. Gast, *When Is 54 Not Equal to 54? A Look at 802.11a, b, and g Throughput*, O'Reilly Media, Inc 2006.
4. T. Parker, M. Sportach, *TCP/IP: Księga eksperta*. HELION, 2000.
5. R. Łukaszewski, A. Prus, W. Winiecki, *Rozproszony system pomiarowy z transmisją bezprzewodową WiFi i GSM z wykorzystaniem modułu FieldPoint*. PAR 7-8, 200 ■