

Bezprzewodowe sieci WPAN

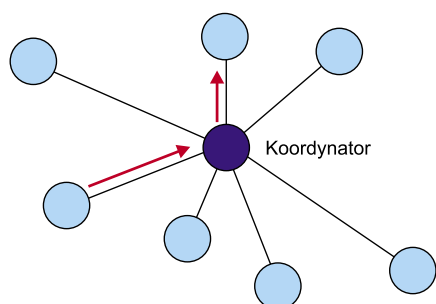
Zestaw ewaluacyjny NXP/Jennic

Firma Jennic jest od dawna obecna na rynku układów do krótkodystansowej łączności radiowej. Aktualnie sprzedaje swoje produkty pod szyldem NXP. Artykuł omawia konfigurację sieci radiowych WPAN, zgodnych ze specyfikacją IEEE802.15.4, na bazie zestawu ewaluacyjnego Jennic JN5148-EK010.

Zestaw JN5148-EK010 ilustruje zastosowanie mikrokontrolerów zintegrowanych z transceiverem radiowym 2,45 GHz do budowy sieci bezprzewodowych. Zastosowane moduły radiowe z mikrokontrolerem JN5148 były opisywane w EP12/2011. Zgodnie z obowiązującą ostatnio "modą", zestaw nie zawiera dokumentacji w formie papierowej ani elektronicznej, lecz ulotkę informującą o konieczności zapoznania się z instrukcją obsługi, którą można pobrać ze strony producenta www.jennic.com/support/user_guides. Instrukcja obsługi zestawu ewaluacyjnego Jennic rozpoczyna się od wyjaśnienia podstaw funkcjonowania i zasad budowy sieci bezprzewodowych WPAN.

Lokalne i osobiste sieci bezprzewodowe

Zgodnie z pierwotnym podziałem bezprzewodowych sieci transmisji danych według zasięgu, sieci osobiste WPAN (*Wireless Personal Area Network*) są bezpośrednio związane z użytkownikiem i mają zasięg do kilku metrów, natomiast sieci lokalne WLAN obejmują większy obszar. W praktyce zdarza się często odwrotnie, np. sieć WPAN może mieć zasięg kilku kilometrów. Znacznie lepszy jest podział według zastosowania i specyfikacji – sieci WLAN (specyfikacja IEEE802.11) służą do transmisji danych pomiędzy komputerami osobistymi, zwykle przy użyciu protokołu TCP/IP, natomiast sieci WPAN wykorzystują specyfikację IEEE802.15 i stosowane są w systemach akwizycji danych pomiarowych, automatyce budynków,



Rysunek 1. Topologia sieci typu gwiazda (Star)

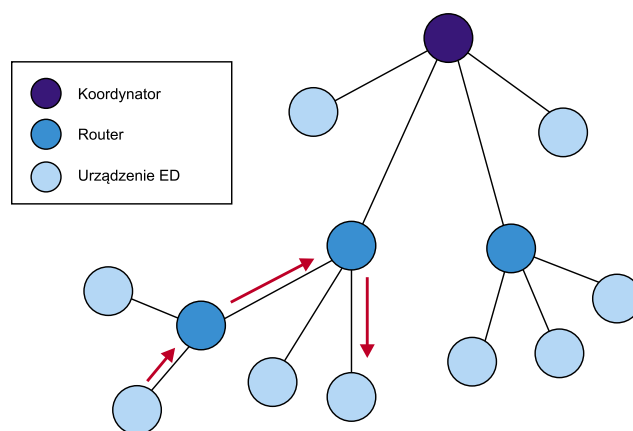
zdalnym sterowaniu, a także w urządzeniach współpracujących z telefonami komórkowymi, palmtopach, tabletach PC itp. Węzły sieci WPAN są bardzo często urządzeniami przenośnymi, zasilanymi z baterii, dlatego istotna jest minimalizacja zużycia energii oraz łatwość automatycznej rekonfiguracji sieci w przypadku zmiany położenia węzłów lub pogorszenia jakości łącza radiowego.

Odbywa się to kosztem szybkości transmisji, która dla specyfikacji IEEE802.15.4 nie przekracza 250 kb/s. Większe szybkości transferu oferują sieci WPAN zgodne ze specyfikacjami IEEE802.15.1 oraz IEEE802.15.3 (Bluetooth, Piconet).

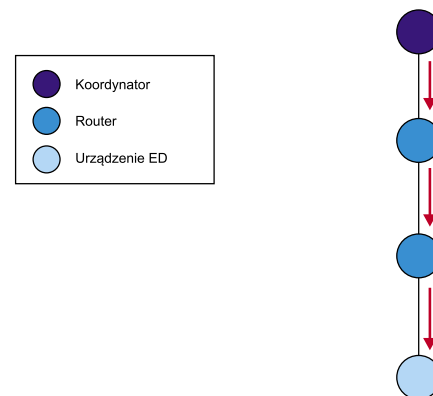
Topologie sieci WPAN

W sieciach bezprzewodowych WPAN, zgodnych ze specyfikacją IEEE802.15.4, mogą występować dwa rodzaje węzłów: FFD (*Full Function Device*) oraz RFD (*Reduced Function Device*), przy czym jeden z węzłów typu FFD pełni rolę koordynatora sieci. W praktycznych realizacjach zwykle przyjmuje się nomenklaturę zgodną ze standardem ZigBee, czyli trzy rodzaje węzłów:

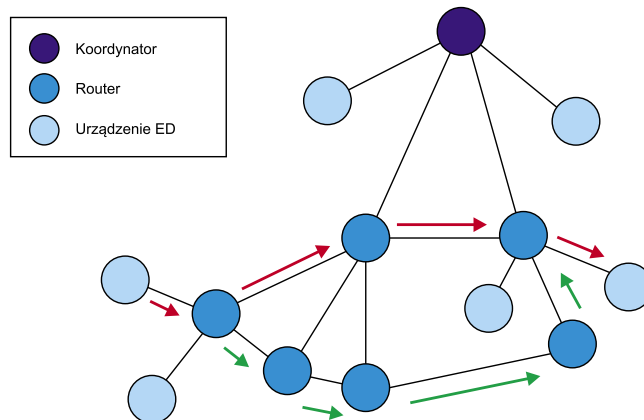
- **Koordynator (CO):** W każdej sieci WPAN musi być jeden i tylko jeden koordynator, który jest urządzeniem nadrzędnym dla wszystkich pozostałych węzłów, inicjuje i konfiguruje działanie całej sieci.



Rysunek 2. W topologii drzewa (Cluster Tree) w wymianie wiadomości pośredniczą routery



Rysunek 3. Topologia liniowa umożliwia zwiększenie zasięgu



Rysunek 4. W topologii kratowej (Mesh) są możliwe alternatywne drogi transmisji danych

Tabela 1. Porównanie protokołów dostępnych dla JN5148

Właściwości	IEEE 802.15.4	JenNet	ZigBee PRO
Zalecana topologia	Gwiazda Point-to-point	Drzewo Gwiazda Liniowa	Mesh
Maksymalna ilość węzłów	50	500	100
Sieć samonaprawialna	Nie	Tak	Tak
Złożoność oprogramowania	Mała	Mała	Duża
Pamięć dostępna dla kodu aplikacji użytkownika	Węzeł CO/RT: 115 kB Węzeł ED: 115 kB	Węzeł CO/RT: 85 kB Węzeł ED: 95 kB	Węzeł CO/RT: 36 kB Węzeł ED: 48 kB
Zgodność ze standardami	Specyfikacja IEEE 802.15.4	Własny projekt warstwy sieciowej oparty na specyfikacji 802.15.4	Warstwa sieciowa ZigBee PRO oparta na specyfikacji 802.15.4
Komunikacja z urządzeniami innych producentów	Nie	Nie	Zgodność funkcjonalna z ZigBee na podstawie profili publicznych i świadectwa certyfikacji
Koszty licencji	Brak	Brak	Opłaty członkowskie ZigBee Alliance i koszty certyfikacji produktu
Gotowe projekty aplikacji od NXP	Zamiennik łącza kablowego, Zdalne sterowanie	Zamiennik łącza kablowego, Aktywny Tag RFID, Inteligentne oświetlenie, Bramka Ethernet, Automatyka budynku	Automatyka budynku, Pomiar zużycia energii

sunku do podległych urządzeń końcowych.

- Urządzenie końcowe (ED – *End device*): Węzeł typu RFD, który może być jedynie nadawcą i odbiorcą wiadomości. Komunikuje się tylko z jednym urządzeniem nadrzędnym (RT lub CO). Nie może komunikować się bezpośrednio z innym urządzeniem typu ED. Oprogramowanie urządzeń końcowych jest uproszczone, co daje możliwość zastosowania mniej wydajnych mikrokontrolerów o niewielkim zużyciu energii.

Koordinator i routery są aktywne przez cały czas, natomiast urządzenia końcowe mogą być usypiane (wyłączane) w celu oszczędności energii i aktywowane okresowo do wykonania wyznaczonych zadań. Przydzielone funkcje sieciowe nie wykluczają wykonywania innych operacji – zarówno koordinator jak i routery mogą zbierać dane z czujników lub sterować dołączonymi urządzeniami zewnętrznymi, tak samo jak urządzenia końcowe.

Najprostsza topologia sieci typu gwiazda (*Star*) pokazano na **rysunku 1**. Jest to uproszczony podtyp najbardziej rozpowszechnionej topologii typu drzewo (*Cluster Tree*), którą przedstawia **rysunek 2**. Każde urządzenie końcowe może komunikować się tylko z jednym routerem, jednak w przypadku sieci mobilnych istnieje możliwość dynamicznej rekonfiguracji, np. wyrejestrowanie urządzenia końcowego w jednym routerze i zarejestrowanie w innym. Kolejnym podtypem topologii drzewa jest sieć liniowa (**rysunek 3**), umożliwiająca transmisje na stosunkowo duże odległości. Najbardziej zaawansowana technicznie jest topologia kratowa (*Mesh*), w której

możliwe są dodatkowe połączenia pomiędzy routerami. W przedstawionej na **rysunku 4** sieci *Mesh* istnieją alternatywne drogi przesyłu danych, wykorzystywane wtedy, gdy transmisja najkrótszą drogą nie jest możliwa (np. z powodu zakłóceń lub dużego obciążenia kanału transmisyjnego). Powoduje to zwiększenie odporności na zakłócenia oraz większą przepustowość i niezawodność sieci, jednak kosztem wzrostu złożoności oprogramowania obsługującego protokół sieciowy. W przypadku „słabszych” mikrokontrolerów oznacza to ograniczenie zasobów pozostających do dyspozycji aplikacji użytkownika.

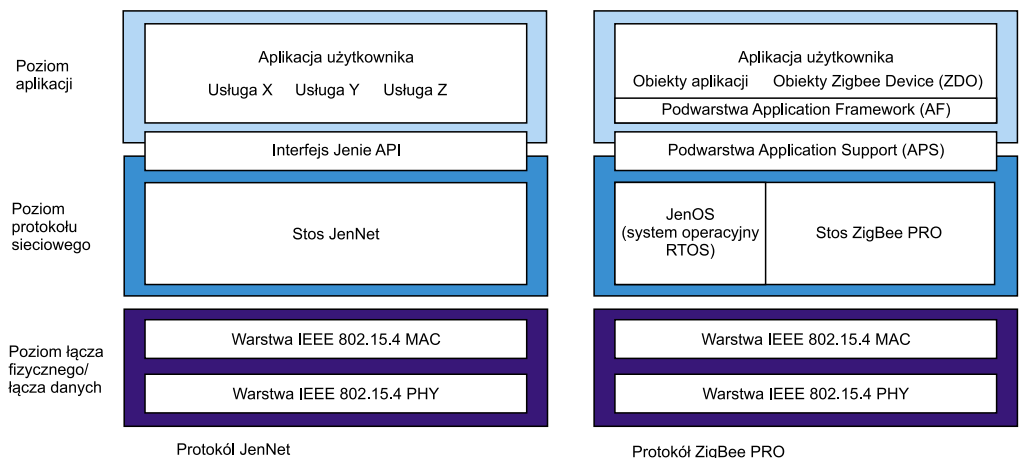
Protokoły sieciowe

Specyfikacja IEEE802.15.4 dość precyzyjnie definiuje warstwę fizyczną i łącza danych, natomiast w wyższych warstwach protokołu wprowadza jedynie ogólne zalecenia. Dlatego powstało wiele protokołów sieciowych, bazujących na tej specyfikacji. Najbardziej popularne standardy to ZigBee, ZigBee PRO i Wireless HART, jednak ich stosowanie do celów komercyjnych wiąże się z opłatami licencyjnymi. Wielu producentów układów

łączności radiowej oferuje własne stopy protokołów sieciowych WPAN, dostępne bezpłatnie dla użytkowników układów danego producenta. Wykorzystane w zestawie ewaluacyjnym mikrokontrolery radiowe JN5148 dają możliwość wyboru jednego z trzech stóp protokołów łączności:

- Podstawowy protokół IEEE802.15.4. Obsługuje warstwę fizyczną (PHY) i warstwę łącza danych (MAC), umożliwia zestawienie połączenia point-to-point między dwoma węzłami. Dostarczone biblioteki API pozwalają użytkownikom na tworzenie własnych protokołów sieciowych.
- Protokół sieciowy JenNet, który jest własnym opracowaniem firmy Jennic. Obsługuje topologię *Cluster tree* oraz pochodne (gwiazda, liniowa), nie obsługuje topologii *Mesh*.
- Protokół ZigBee PRO. Zgodny ze standardem opublikowanym przez *ZigBee Alliance*, obsługuje wszystkie topologie, łącznie z *Mesh*.

Porównanie parametrów sieci wykorzystujących dostępne protokoły przedstawia **tabela 1**.



Rysunek 5. Stopy programowe protokołów JenNet i ZigBee PRO w modułach Jennic JN5148



Rysunek 6. Elementy składowe zestawu ewaluacyjnego

Budowa stosu programowego protokołów JenNet i ZigBee PRO w mikrokontrolerach Jennic JN5148 jest przedstawiona na **rysunku 5**. Podstawowe oprogramowanie stosów jest zapisane na stałe w pamięci ROM mikrokontrolera, natomiast kod aplikacji użytkownika jest pobierany przez Bootloader z zewnętrznej pamięci Flash/EEPROM i wykonywany w pamięci RAM.

Opis zestawu ewaluacyjnego JN5148-EK010

Wiodący producenci podzespołów elektronicznych oferują coraz lepiej dopracowane zestawy ewaluacyjne swoich produktów, realizując zasadę „bawiąc – uczyć”. Pierwsze kroki przypominają zabawę z zestawem Lego-Technics – po przeczytaniu instrukcji można szybko poskładać wszystkie klocki i od razu otrzymać działające urządzenie, co zachęca do dalszych eksperymentów i lepszego poznania możliwości sprzętu. W zestawie JN5148-EK010 dostępnych „klocków” jest sporo (**rysunek 6**):

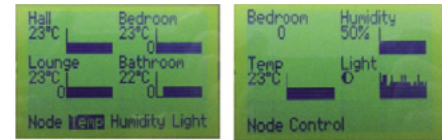
- Pięć płytek służących jako węzły sieci bezprzewodowej: płytka kontrolera

(1) oraz cztery płytki z czujnikami (2). Każda płytka czujnikowa wyposażona jest w: czujniki temperatury, wilgotności i oświetlenia, dwa porty szeregowy, pamięć EEPROM aplikacji, pojemnik na 2 baterie AAA, gniazdo do zainstalowania modułu radiowego. Płytki kontrolera ma dodatkowo wyświetlacz graficzny LCD oraz zestaw przycisków sterujących i diod sygnalizacyjnych LED (**rysunek 7**).

- Siedem modułów radiowych (3) z procesorami JN5148, wykonanych w trzech różnych wersjach. Dwa moduły wyposażone są w zamontowaną na płycie antenę ceramiczną, a kolejne trzy – w gniazdo SMA do anteny zewnętrznej. Ostatnie dwa moduły mają dodatkowe wzmacniacze w torze nadawczym i odbiorczym, zwiększające moc nadajnika i czułość odbiornika. Moduły dużej mocy także są wyposażone w gniazdo zewnętrznej anteny i mają według danych katalogowych zasięg do 4 km na otwartej przestrzeni. Wszystkie moduły mają podwójne miniaturowe złącza szpilkowe, służące do zamontowania ich na płytkach bazowych czujników i kontrolera sieci. Rozwiązanie w postaci dwóch złączy umieszczonych w odległości ok. 1,5 cm zapewnia też dość solidne mocowanie mechaniczne modułu.
- Trzy ćwierćfalowe anteny prętowe (4) z gwintowanym gniazdem SMA.
- Dwa kable z konwerterami USB/COM (5), służące do komunikacji z modułem oraz ładowania programów aplikacyjnych do pamięci EEPROM.
- Komplet 10 szt. baterii AAA do zasilania płytek (6).

Testowa aplikacja sieciowa

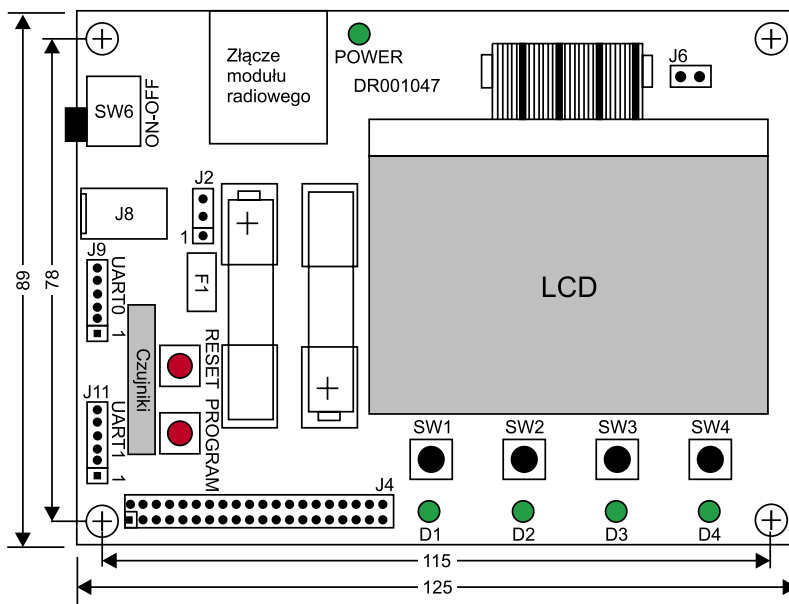
Po kilkuminutowym montażu i uruchomieniu zestawu, od razu otrzymujemy



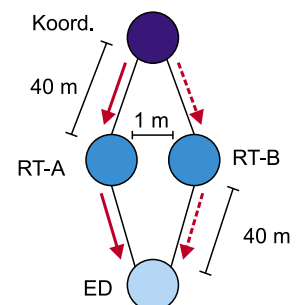
Rysunek 8. Ekranów wyników z programu demonstracyjnego

działającą sieć bezprzewodową z pięcioma węzłami, ponieważ moduły mają załadowaną przez producenta przykładową aplikację *Home Sensor Demonstration*. Aplikacja oparta na protokole sieciowym JenNet ilustruje zastosowanie sieci radiowej w automatyce domowej. Informacje z zamontowanych na płytkach czujników temperatury, wilgotności i oświetlenia są transmitowane do koordynatora i prezentowane na wyświetlaczu jako warunki panujące w pomieszczeniach: holu, sypialni, salonie i łazience. Za pomocą klawiatury koordynatora można wyświetlać wybrany parametr dla czterech węzłów lub trzy parametry dla poszczególnego węzła (**rysunek 8**). Poza wynikami pomiarów w formie liczbowej i graficznej, dla każdego węzła jest wyświetlana liczba błędnych lub nieotrzymanych odpowiedzi z danego węzła (od 0 do 9). Liczba ta jest miarą jakości połączenia radiowego i bardzo przydaje się podczas testowania systemu. Producent zaprogramował dwa moduły z antenami zewnętrznymi jako routery, natomiast dwa moduły z antenami ceramicznymi jako urządzenia końcowe, co pozwoliło przetestować różne topologie sieci. W otwartym, zalesionym terenie zasięg maksymalny wynosił 50 m dla urządzeń ED z wbudowaną anteną oraz 100 m dla routerów i koordynatora z zewnętrzną anteną prętową. W każdej konfiguracji sieć zachowywała się prawidłowo, reakcja na włączanie / wyłączenie poszczególnych węzłów sieci nie przekraczała 6 sekund (wliczając czas resetu i inicjalizacji włączanego węzła. Jeden z przykładowych testów – przejście funkcji routingu przedstawia **rysunek 9**.

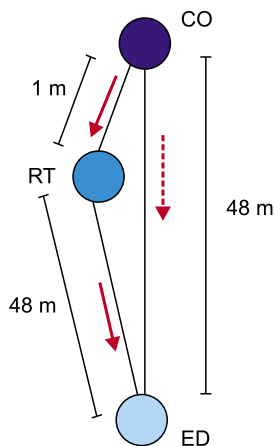
W przypadku jednoczesnego wyłączenia routera RT-A i włączenia RT-B, przerwa w łączności z urządzeniem ED wynosiła 6 sekund. Natomiast w przypadku, gdy router RT-B został włączony wcześniej, przejście routingu wymagało czasu ok. 4,5 sekundy. Doprowadzenie do niestabilności oprogramowania zarządzającego siecią było bardzo



Rysunek 7. Płytki kontrolera z wyświetlaczem LCD



Rysunek 9. Test przekazania routingu



Rysunek 10. Konfiguracja powodująca niestabilność sieci

trudne, w końcu udało się w bardzo specyficznej konfiguracji, przedstawionej na **rysunku 10**. Zarówno router, jak i koordynator znajdują się w tej samej odległości od urządzenia końcowego, w dodatku w pobliżu granicy zasięgu. W tej sytuacji następowała cykliczna rekonfiguracja sieci, zależnie od chwilowych zmian warunków propagacji. Świadczy to bardzo dobrze o jakości oprogramowania sieciowego JenNet, ponieważ przedstawiona na rysunku “złożliwa” topologia raczej nie występuje w praktyce.

Oprogramowanie narzędziowe i przykłady aplikacji

Instrukcja obsługi zestawu ewaluacyjnego kończy się obszerną listą odnośników do innych programów aplikacyjnych i narzędziowych, które są dostępne na stronie internetowej producenta. Pierwszym z nich jest programator modułów *JN51xx Flash Programmer*. Jest to bardzo prosta w obsłudze aplikacja, umożliwiająca załadowanie skompilowanego pliku .bin do pamięci Flash modułu, za pośrednictwem dołączonego kabla z konwerterem USB/COM. *Flash Programmer* pozwala przeprogramować poszczególne moduły zestawu w celu przetestowania innych aplikacji. Procedura wprowadzania modułu w tryb programowania oraz ładowania aplikacji do pamięci Flash jest opisana krok po kroku w instrukcji obsługi programatora. Interfejs graficzny programu *Flash Programmer* jest przedstawiony na **rysunku 11**. Bardzo przydatna jest możliwość programowania adresu MAC oraz zachowania dotychczasowego adresu MAC modułu przy zmianie programu. Ze strony producenta można pobrać trzy programy narzędziowe, dostępne w postaci skompilowanej:

- Network Discovery Tool: Program wykrywający i monitorujący wszystkie aktywne sieci radiowe, znajdujące się w zasięgu

odbioru. Obsługuje protokoły JenNet, ZigBee, ZigBee PRO i IEEE802.15.4. Aplikacja skanuje wybrany kanał, a następnie wyświetla informacje o zlokalizowanych urządzeniach: adresy urządzeń (MAC, PAN, NetID – zależnie od typu sieci), siłę sygnału, ilość odebranych bajtów, tryby adresowania i pracy specyficzne dla danego protokołu.

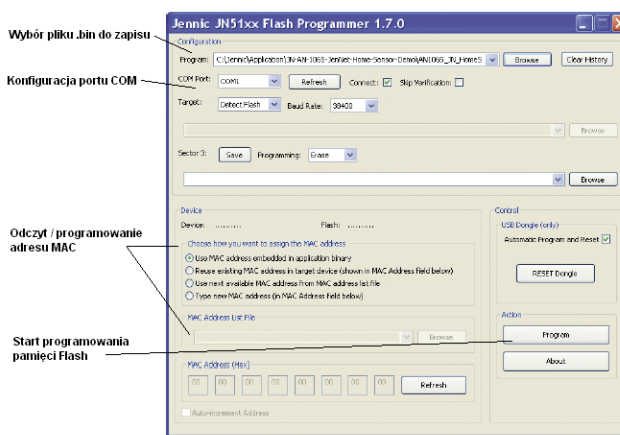
- Protocol Sniffer/Wireshark: System analizatora/debuggera transmisji w sieciach radiowych, składający się z programu enkapsulacji pakietów w module odbiornika oraz interfejsu programowego do zainstalowanego na komputerze PC oprogramowania analizującego *Wireshark*. Program *Wireshark* jest aplikacją typu Open Source, rozpowszechnianą na licencji GNU, dostępną pod adresem www.wireshark.org/. Są też przykładowe aplikacje użytkowe:
- Home Alarm System: Bezprzewodowa instalacja alarmowa, oparta na sieci JenNet.
- JenNet IP Gateway: Prosta bramka sieciowa, umożliwiająca komunikację sieci bezprzewodowej JenNet z Internetem.
- ZigBee PRO Smart Energy Demo: Pomiar zużycia energii i transmisja wyników w sieci ZigBee PRO.
- Serial Cable Replacement: Bezprzewodowe łącze szeregowe. Do wyboru jest kilka aplikacji, wykorzystujących protokoły JenNet, ZigBee oraz IEEE802.15.4.

Jest to tylko fragment listy kilkudziesięciu not aplikacyjnych, opublikowanych na stronie www.jennic.com/support/application_notes/.

Każda nota aplikacyjna składa się z opisu w pliku PDF oraz skompilowanych plików .bin, przeznaczonych do zapisania w pamięci modułów ewaluacyjnych. W większości przypadków dostępne są także kody źródłowe programów.

Praktyczne wykorzystanie oprogramowania PER-Test-Software

Oprogramowanie składa się z dwóch plików .bin, przeznaczonych odpowiednio dla urządzenia Master (mo-

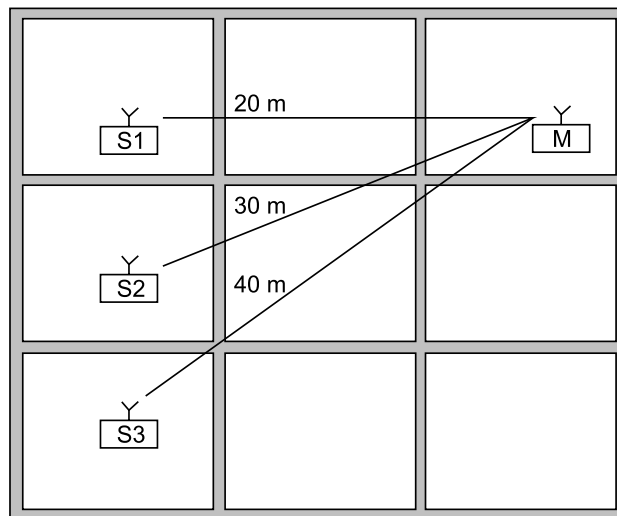


Rysunek 11. Ekran roboczy programatora modułów JN51xx



Rysunek 12. Ekran roboczy programu PER-Test

duł z wyświetlaczem LCD) oraz Slave (pozostałe moduły radiowe). Po załadowaniu i uruchomieniu aplikacji należy skonfigurować moduł, wybierając opcje dostępne na wyświetlaczu (numer kanału, poziom mocy nadajników), a następnie uruchomić test, polegający na naprzemiennym wysyłaniu i odbieraniu pakietów kontrolnych między modułem Master i Slave. Na wyświetlaczu prezentowane są informacje świadczące o jakości łącza radiowego, pokazane na **rysunku 12**: liczbę pakietów wysłanych (*Total*) oraz poprawnie odebranych (*Seen*), pakietowa stopa błędów (*PER%*), wskaźnik błędów dostępności kanału CCA (*Clear Channel Assessment*). Poza tym wyświetlany jest poziom sygnału dla odebranych pakietów LQI (*Link Quality Indicator*) w formie graficznej, a ilość zapalonych diod LED na płycie wskazuje poziom odbieranego sygnału wyższy od prognozy czułości odbiornika.



Rysunek 13. Test zasięgu łączności wewnątrz budynku (M=Master, S=Slave)

ka odpowiednio o 0, 20, 40 i 60 dB. Wyniki pomiarów w formacie tekstowym są też wysyłane do portu szeregowego modułu, co pozwala na monitorowanie i rejestrowanie parametrów łącza radiowego w dłuższym okresie czasu. Program *PER-Test* doskonale się nadał do testowania zasięgu łączności i jakości transmisji. Producenci zwykle podają zasięgi łączności na otwartym terenie, jednocześnie deklarując zastosowanie urządzeń do automatyki budynków, dlatego też na potrzeby niniejszego artykułu przeprowadzono testy w budynku mieszkalnym o typowej konstrukcji: żelbetowe stropy, ściany z cegły. Celem testu nie było określenie dokładnego zasięgu w metrach, lecz zdolności do pokonywania przeszkód – ścian i stropów, dla trzech dostępnych typów modułów radiowych. Schemat testu ilustruje **rysunek 13**.

Przypadek M-S1: moduł Slave S1 z wbudowaną anteną ceramiczną. Zasięg ok. 20 m + 2 ściany.

Przypadek M-S2: moduł Slave S2 z anteną zewnętrzną. Zasięg ok. 30 m + 2 ściany + strop.

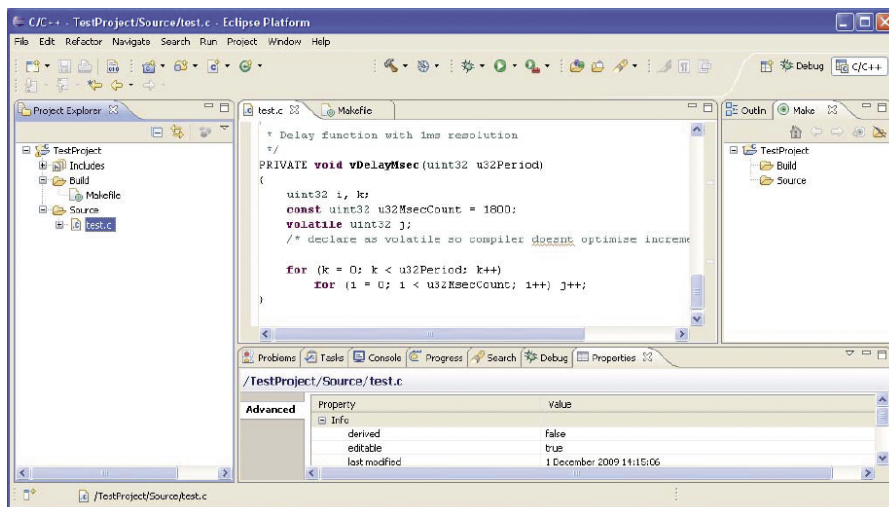
Przypadek M-S3: moduły Slave S3 i Master o podwyższonej mocy (z dodatkowymi wzmacniaczami) i zewnętrznymi antenami. Zasięg ok. 40 m + 2 stropy + 2 ściany.

Jako granicę zasięgu przyjęto wartość PER na poziomie 1-2%. Powyżej granicznych odległości zaobserwowano bardzo szybki zanik sygnału – zwiększenie dystansu o kolejne 2-3 m powodowało gwałtowny wzrost PER i całkowite zerwanie łączności. Warto nadmienić, że jednocześnie w tym samym paśmie 2,45 GHz pracowały w budynku trzy routery bezprzewodowe WiFi 802.11. Być może spowodowało to ograniczenie zasięgu, lecz dzięki temu test lepiej przybliżał realne warunki pracy sprzętu.

Pliki .bin w wersji podstawowej umożliwiają testowanie standardowego protokołu IEEE802.15.4, ale jest możliwość rekonfiguracji programu *PER-Test* do protokołów ZigBee i JenNet. Wymaga to modyfikacji plików źródłowych i przebudowania aplikacji przy pomocy środowiska programistycznego IDE.

Tworzenie własnych aplikacji

Producent udostępnia do pobrania bogaty zestaw narzędzi w pakiecie JN5148-



Rysunek 14. Ekran roboczy projektu w środowisku Eclipse

SDK (*Software Development Kit*), składającym się z następujących komponentów:

- *Cygwin CLI*: implementacja wybranych funkcji systemowych Linuxa, przeznaczona dla systemu operacyjnego Windows. Jest ona niezbędna do prawidłowego funkcjonowania pozostałych komponentów.
- *Eclipse IDE*: Zintegrowane środowisko programistyczne, bazujące na platformie typu open-source (www.eclipse.org), uzupełnione przez NXP o specjalizowane wtyczki i dodatki.
- *Flash Programmer*: Programator pamięci Flash modułu z JN5148. Korzystanie z programatora jako samodzielnej aplikacji już było opisane, lecz w tym przypadku jest on zintegrowany ze środowiskiem Eclipse IDE.
- *Debugging Tool*: Narzędzie do testowania i debugowania programu. Obsługuje zarówno sprzętowy interfejs JTAG, jak i debugowanie aplikacji sieciowych w czasie rzeczywistym poprzez interfejs szeregowy.
- *JN51xx Compiler Tools*: Kompilator i linker dla mikrokontrolerów z rodziny JN51xx. Dostępny z poziomu platformy Eclipse oraz interfejsu Cygwin.
- *SDK Libraries*: Pakiet funkcji bibliotecznych API, obsługujący stopy programowe sieci ZigBee PRO, JenNet, 802.15.4, i system operacyjny JenOS, a także funkcje API umożliwiające dostęp do zasobów sprzętowych mikrokontrolera

i płytek zestawu uruchomieniowego. Są tu też narzędzia ułatwiające konfigurację i budowę aplikacji.

Sposób instalacji pakietu oraz tworzenia, edytowania i uruchamiania własnych projektów jest szczegółowo opisany w instrukcji obsługi pakietu SDK. Na **rysunku 14** jest przedstawiony standardowy ekran roboczy Eclipse IDE z otwartym projektem. Dużym ułatwieniem dla programisty jest dostępność kodów źródłowych dla większości wymienionych wcześniej przykładowych aplikacji, a producent wręcz zachęca do wykorzystywania zaproponowanych rozwiązań.

Podsumowanie

Porównując układ JN5148 z podobnymi produktami (np. Texas Instruments i Nordic Semiconductors) warto zwrócić uwagę na fakt, że tor radiowy jest zintegrowany z wydajnym i dobrze wyposażonym, 32-bitowym mikrokontrolerem. Znaczna część zasobów mikrokontrolera pozostaje do dyspozycji programu użytkownika, dzięki temu układ JN5148 może być stosowany w rozbudowanych aplikacjach czasu rzeczywistego, w których moc obliczeniowa 8/16-bitowych rdzeni 8051 lub MSP430 byłaby niewystarczająca. Dodatkowymi atutami układów NXP/Jennic jest bogata oferta bezpłatnych narzędzi programistycznych.

Jacek Przepiórkowski

REKLAMA

AVTduino LED - wyświetlacz LED dla Arduino

AVT1616



www.sklep.avt.pl