

Systemy dla Internetu Rzeczy (18)

Praca z jednoczesną komunikacją radiową z użyciem dwóch protokołów i w dwóch pasmach

Jednoczesna transmisja wykonywana w dwóch różnych pasmach radiowych stała się możliwa z użyciem nowych układów scalonych SoC (System on Chip). Wiele układów scalonych w paśmie 2,4 GHz może pracować z obsługą protokołu Bluetooth 5 a także z komunikacją w standardzie IEEE 802.15.4. Umożliwia to dodatkową obsługę różnych protokołów: ZigBee, Thread, Wireless M-Bus, ANT oraz protokołów autorskich (proprietary).

Omówienie układów dwupasmowych zostało zamieszczone w poprzednim artykule tej serii [S17]. Omówienie układów z obsługą protokołu Bluetooth 5 zostało też zamieszczone w jednym z poprzednich artykułów [2]. Teraz pora na praktyczną pracę z procesorem SimpleLink CC1352R1 firmy Texas Instruments [1]. Umożliwia on jednoczesną transmisję z dwoma protokołami oraz w dwóch pasmach: 2,4 GHz oraz w paśmie poniżej 1 GHz (Sub-1GHz). Umożliwia to technologia *Dynamic Multi-protocol Manager (DMM)* udostępniana jako część pakietu programowego CC13x2 SDK [4]. W paśmie 2,4 GHz obsługiwany jest protokół Bluetooth 5 a pasmie poniżej 1 GHz protokół IEEE 802.15.4 oraz autorski protokół EasyLink.

Układ scalony SimpleLink CC1352R (Texas Instruments) jest w fazie przedprodukcyjnej. Dostępne są próbki układów z tej serii o oznaczeniu XCC1352R1F3 (Wrzesień 2018). Jest to zaawansowana wersja PG1.1. Jednak wersja z pełną kwalifikacją produkcyjną jest zapowiadana na początek roku 2019.

Dokumentacja

Jak zwyczaj, trudno odszukać dokumentacji dotyczącej użycia technologii DMM z układami scalonymi rodziny CC13x2. Poszukiwania na portalu TI nie dają praktycznie żadnych rezultatów.

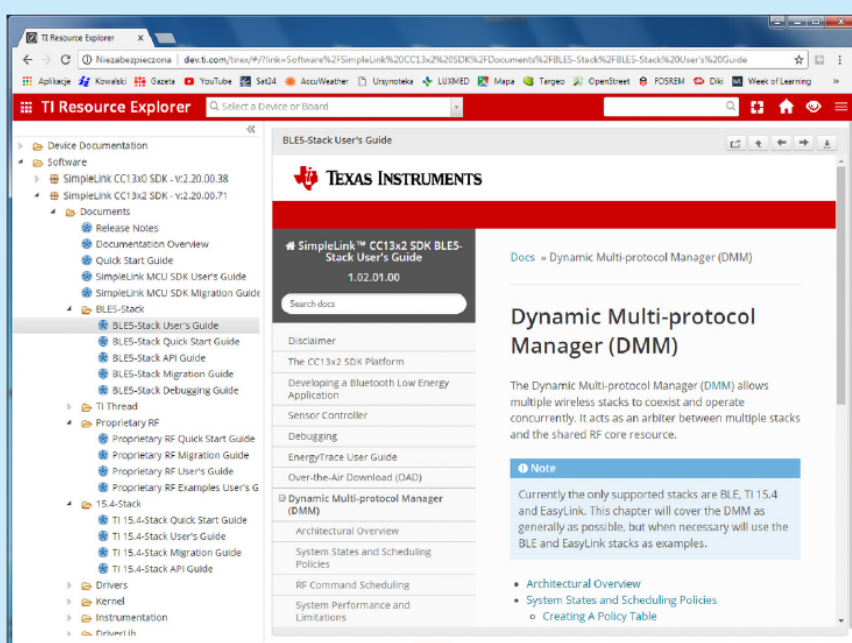
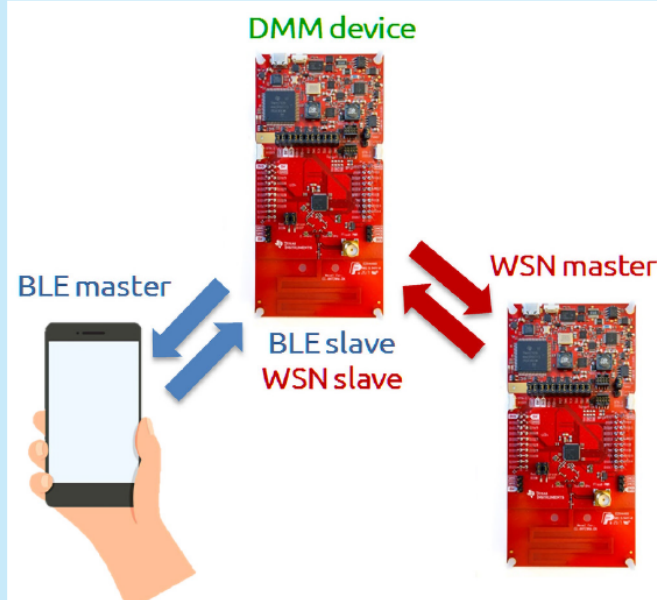
Dla rodziny CC13x2 opis ukryty jest w portalu TIREX [9]. Dla procesora CC1352R1F3 opis znajduje się w pakiecie *SimpleLink CC13x2 Software Development Kit 2.20.00.71* [4]. Trzeba nawigować do ścieżki *Documents* → *BLE-Stack* oraz *SimpleLink CC13x2 SDK BLE5-Stack User's Guide*. Następnie w dokumencie *BLE5-Stack User's Guide v: 1.02.01.00* trzeba wybrać *Dynamic Multi-protocol Manager (DMM)* (rysunek 1).

Pakiet *SimpleLink Academy 2.10.02 for SimpleLink CC13x2 SDK 2.10* [4] zawiera opis bardzo ciekawego ćwiczenia laboratoryjnego *Dynamic Multi-protocol Manager Fundamentals* [12].

Jest też ciekawe wideo prezentacji technologii DMM „*SimpleLink CC1352R Sub-1 GHz + Bluetooth low energy concurrency example*” [15].

Zestaw startowy SimpleLink CC1352R1 LaunchPad

Do eksperymentów z technologią DMM potrzebny jest zestaw CC1352R1 LaunchPad [3].



Rysunek 1. Opis użycia technologii DMM dla procesora CC1352R1F3 [9]

Jego dokładny opis zamieszczono w EP5/2018 [S15]. Zestaw startowy *SimpleLink Multi-Band CC1352R Wireless MCU LaunchPad Development Kit (LAUNCHXL-CC1352R1)* jest wyposażony w układ scalony CC1352R1F3 [1]. Zestaw jest przeznaczony do pracy w pasmach 868 MHz/915 MHz oraz 2,4 GHz. Cała elektronika zestawu CC1352R1 LaunchPad jest umieszczona na jednej wielowarstwowej płytce drukowanej. Płytkę jest podzielona na dwie części: u góry płytki jest debugger sprzętowy standardu XDS110 oraz układ monitora zasilania a na dole układ scalony CC1352R1F3.

Układ scalony CC1352R ma osobne wyprowadzenia dla obsługi transmisji w pasmie 2,4 GHz oraz w pasmie 868 MHz ISM (Europa) lub 915 MHz ISM (USA). W każdym torze radiowym są elementy dopasowujące doprowadzone do przełącznika sygnału radiowego (U28). Na płytce są zamieszczone dwa złącza radiowe (typu uSMA (JSC), żeńskie 50 Ω). Jedno gniazdko (P11) umożliwia dołączenie do toru radiowego anteny zewnętrznej dla pasma 2,4 GHz po zdjęciu rezystora R16 i założeniu R19. Drugie gniazdko (P12) umożliwia dołączenie do toru radiowego anteny zewnętrznej dla pasma 868/915 MHz po zdjęciu kondensatora C36 i założeniu C37. W obu przypadkach gdy używane jest gniazdko antenowe to sygnał nie jest wtedy doprowadzany do przełącznika. Takie zorganizowanie wyprowadzenia sygnału radiowego na dwie anteny sugeruje możliwość jednoczesnej pracy w obu zakresach [4].

Do wyjścia przełącznika jest, poprzez dopasowanie, dołączona antena (A1) wykonana na płytce drukowanej (umieszczona na samym dole płytki drukowanej). Antena ta pozwala na pracę zarówno w pasmie 2,4 GHz jak również w pasmie 868/915 MHz. Na płytce jest zamieszczone trzecie złącze radiowe (typu uSMA, żeńskie 50 Ω). Umożliwia ono, po zdjęciu kondensatora C482 i założeniu C483, dołączenie anteny zewnętrznej w miejsce anteny drukowanej.

Oprogramowanie

Praca z DMM wymaga użycia środowiska *Code Composer Studio* (CCS) w wersji co najmniej 8.1 oraz procesora CC1352R1F3 [4]. Opis oprogramowania narzędziowego dla układów CC26xx i CC13xx platformy SimpleLink został zamieszczony w EP11/2017 [S12]. Opis oprogramowania przeznaczonego dla procesora CC1352R1F3 został zamieszczony w EP5/2018 [S15].

W pakiecie CC13x2 SDK [4] udostępnione są w ścieżce *Examples* → *Development Tools* → *CC1352R LaunchPad* → *dmm* trzy przykładowe projekty:

- **dmm_wsnnode_remote_display** (DMM Wsn Node + BLE Remote Display) [10]. Ten projekt umożliwia zastosowanie technologii DMM z jednoczesną pracą w dwóch zakresach. W jednym zakresie jest obsługiwany protokół BLE5. W drugim autorski protokół EasyLink – aplikacja Wireless Sensor Network Node (WSN). Możliwe jest sterowanie komunikacją w pasmie poniżej 1 GHz poprzez aplikację pracującą na smartfonie z komunikacją w standardzie BLE.
- **dmm_wsnnode_ble_sp** (DMM Wsn Node + BLE Simple Peripheral). Ten projekt pracuje jak poprzedni z uproszczoną obsługą standardu BLE5.
- **dmm_154sensor_remote_display** (DMM 15.4 Sensor + BLE Remote Display) [11]. Ten projekt umożliwia zastosowanie technologii DMM do jednoczesnej pracy z protokołem BLE5 oraz protokołem IEEE 802.15.4g (WiSUN FAN).

Każdy projekt zawiera plik *README.html* w którym jest zamieszczony opis aplikacji projektu.

Do eksperymentów praktycznych została zastosowana aplikacja *dmm_wsnnode_remote_display* [10] z pakietu programowego *SimpleLink CC13x2 SDK v2.20* [4] pracująca na procesorze zestawu startowego CC1352R1 LaunchPad [3]. Zastosowano środowisko programowe w wersji CCS v8.1.

Zadanie 1. Zaprogramowanie aplikacji WSN Concentrator

Aplikacja WSN Concentrator może pracować na jednym z poniższych zestawów startowych:

- SimpleLink CC1352R1 LaunchPad,
- SimpleLink CC1350 LaunchPad,
- SimpleLink CC1310 LaunchPad.

Dokładny opis postępowania przy programowaniu zestawu startowego *CC1350 LaunchPad* jest opisany w jednym z poprzednich odcinków kursu „Bezprzewodowa sieć czujników z transmisją dwupasmową” [S11]. Takie samo postępowanie jest konieczne w przypadku użycia zestawu startowego CC1310 LaunchPad.

Dla zestawu startowego *CC1352R1 LaunchPad* jest obszerny opis zamieszczony w ćwiczeniu „Creating a CC13xx based ultra low power Wireless Sensor Network” [14]. W skrócie należy postępować według poniższego opisu.

- A1. Dołącz zestaw startowy *CC1352R1 LaunchPad* do komputera, używając kabla USB.
- A2. Wystartuj środowisko CCS. Poczekaj na zakończenie sprawdzania aktualizacji środowiska. Jedyne sposoby to obserwowanie informacji o postępie wyświetlane na pasku stanu.
- A3. Importuj projekt aplikacji. Kliknij na przycisk *Browse Examples*.
- A4. W oknie *Resource Explorer* rozwiń ścieżkę: *Software* → *SimpleLink CC13x2 SDK* → *v:2.20.00.71* → *Examples* → *Development Tools* → *CC1352R LaunchPad* → *EasyLink* → *rfWsnConcentrator* → *TI-RTOS* → *CCS Compiler* → *rfWsnConcentrator*
- A5. W prawym oknie kliknij na przycisk *Import to IDE*.
- A6. W wyświetlanym oknie kliknij na *I Have Read And Agree*.
- A7. Poczekaj na zakończenie pobierania obu projektów. To może chwilę trwać. Należy obserwować pasek stanu na dole okna. Szczególnie trzeba poczekać aż znikną znaczki wykrzyknika nałożonego oknie *Project Explorer* na ikonki folderów projektów.
- A8. Wybierz polecenie budowania projektów z menu *Project* → *Build All*.

Jeśli został poprawnie wygenerowany plik kodu wynikowego *rfWsnConcentrator_CC1352R1_LAUNCHXL_tirtos_ccs.out* to można przystąpić do programowania procesora.

- A9. Wybierz polecenie z menu *Run* → *Debug*. Powoduje to uruchomienie sesji debugowej i zaprogramowanie pamięci Flash procesora. Program zostanie uruchomiony do pierwszej instrukcji funkcji *main()*. I tam zostanie automatycznie zatrzymany na przerwaniu.
- A10. Zamknij środowisko CCS.
- A11. W oknie *Menadżer Urządzeń* sprawdź numer portu COMx1 dla kanału *Application/User UART*.
- A12. Zanotuj ten numer. Będzie potrzebny do odróżnienia od numeru portu dla drugiego zestawu startowego.
- A13. Odłącz zestaw startowy CC1352R1 LaunchPad od komputera.
- A14. Oznacz pierwszy zestaw startowy jako „WSN Concentrator”.

Zadanie 2. Zaprogramowanie aplikacji DMM

- B1. Dołącz drugi zestaw startowy CC1352R1 LaunchPad do komputera, używając kabla USB.
- B2. Wystartuj środowisko CCS. Zastosuj inną nazwę foldera roboczego niż poprzednio.
- B3. Poczekaj na zakończenie sprawdzania aktualizacji środowiska.
- B4. Kliknij na przycisk *Browse Examples*.
- B5. W oknie *Resource Explorer* rozwiń ścieżkę: *Software* → *SimpleLink CC13x2 SDK* → *v:2.20.00.71* → *Examples* → *Development Tools* → *CC1352R LaunchPad* → *dmm* → *dmm_wsnnode_remote_display* → *TI-RTOS* → *CCS Compiler* → *dmm_wsnnode_remote_display_app*

- B6. W prawym oknie kliknij na przycisk *Import to IDE* (rysunek 2).
B7. W wyświetlanym oknie kliknij na *I Have Read And Agree*.
B8. Poczekaj na zakończenie pobierania obu projektów.
B9. W oknie *Project Explorer* rozwiń drzewo projektu *dmm_wsnnode_remote_display_CC1352R1p_app* (rysunek 3).

W dokumencie *README.html* jest zamieszczony opis aplikacji. Można go otworzyć i zobaczyć bezpośrednio w środowisku CCS. Wystarczy dwukrotnie kliknąć na linię nazwy. Jednak wygodniej jest go otworzyć w przeglądarce Internetowej w portalu TIREX [9]. Wykonaj budowanie projektu *dmm_wsnnode_remote_display_CC1352R1p_app*.

- B10. W oknie *Project Explorer* kliknij na linię tego projektu (wybierz go).

Obecnie jest wybrana konfiguracja budowania projektu o nazwie *FlashROM_Release*. Opis konfiguracji budowania jest zamieszczony w dokumencie *README.html* (DMM Wsn Node + BLE Remote Display) projektu [10].

- B11. W oknie *Project Explorer* kliknij prawym klawiszem myszki na linię projektu *dmm_wsnnode_remote_display_CC1352R1p_app*.

- B12. Z listy rozwijanej wybierz *Build Configurations* → *Set Active* i wybierz *FlashROM_Debug*.

- B13. Kliknij na przycisk „Build”. Czekaj na pełne zakończenie budowania projektu. W oknie *Console* pokazywane są informacje o postępach budowania.

Wykonaj zaprogramowanie układu scalonego CC1352R1F3.

- B14. W perspektywie *CCS Edit* kliknij na przycisk „Debug”.

- B15. Czekaj na zatrzymanie programu w pierwszej instrukcji funkcji *main()*.

- B16. W oknie *Menadżer Urządzeń* sprawdź numer portu COMx2 dla kanału *Application/User UART*. Zannotuj ten numer.

- B17. Wystartuj aplikację terminala *Putty*.

- B18. Kliknij przycisk *Serial*. W polu *Serial line* wpisz numer portu szeregowego COMx2. W polu *Speed* wpisz szybkość transmisji 115200.

- B19. W oknie *Category* kliknij na *Colours*. Zaznacz *Use system colours*. Kliknij OK.

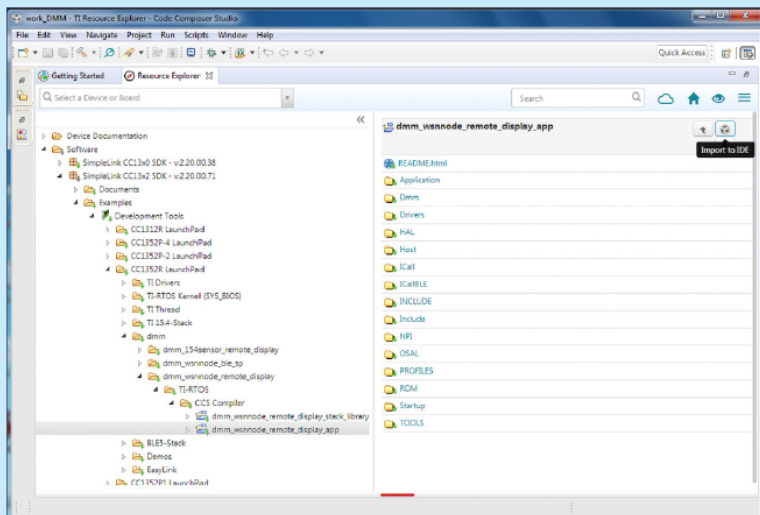
- B20. W perspektywie *CCS Debug* aplikacji CCS kliknij na przycisk „Resume”.

Zadanie 3. Uruchomienie aplikacji DMM

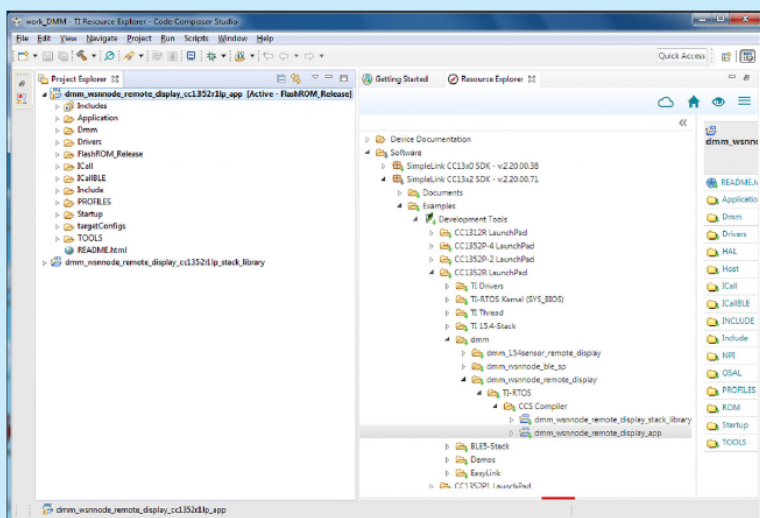
Teraz zestaw startowy CC1352R1 LaunchPad z aplikacją DMM pracuje z jednocześnie aktywną siecią WSN oraz Bluetooth 5 (BLE). Na rysunku 4 pokazano informacje po wystartowaniu pracy aplikacji DMM. W linii *WSN Node Data* aplikacja pokazuje stan licznika (zmiana co 1 sekundę). W linii *Dev Addr* jest pokazywany MAC adres zestawu startowego CC1352R1 LaunchPad na którym pracuje aplikacja DMM. W linii *Adv Set* jest pokazany stan włączenia rozgłaszania BLE.

Sprawdzanie, czy zestaw wysyła rozgłaszanie BLE jest dokładnie opisane w ćwiczeniu „Bluetooth low energy Fundamentals” [13]. Sprawdzanie można wykonać z zastosowaniem aplikacji *SimpleLink Starter* (firmy Texas Instruments) na smartfona lub iPada. Obecnie (Wrzesień 2018) aplikacja *SimpleLink Starter* (Texas Instruments) na system operacyjny iOS nie działa od pewnego czasu. Za to działa (prawie) wersja dla systemu Android.

Po uruchomieniu aplikacji startuje automatyczne skanowanie układów BLE, które są w stanie rozgłaszania. Można wystartować



Rysunek 2. Importowanie projektu *dmm_wsnnode_remote_display*

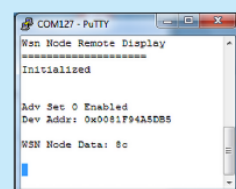


Rysunek 3. Okno perspektywy CCS Edit po załadowaniu projektu *dmm_wsnnode_remote_display*

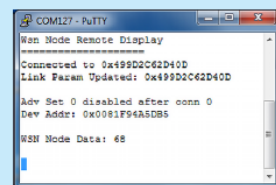
skanowanie poprzez kliknięcie na listę (pustą) urządzeń i pociągnięcie w dół. Czasami to nie pomaga. Wtedy trzeba wyłączyć na smartfonie radio Bluetooth i ponownie włączyć.

Zestaw startowy CC1352R1 LaunchPad z aplikacją DMM wysyła rozgłaszanie z nazwą "DMM WSNNode RD". Kliknij na liście na urządzenie DMM *WsnNode RD*. Spowoduje to wykonanie połączenia smartfona z zestawem startowym CC1352R1 LaunchPad z aplikacją DMM. Po wykonaniu połączenia, okno aplikacji DMM pokazuje informację, że urządzenia zostały sparowane (rysunek 5). Na ekranie smartfona są pokazywane informacje o poziomie sygnału radiowego RSSI. Niestety, aplikacja nie do końca działa.

W prezentacji video „SimpleLink CC1352R Sub-1 GHz + Bluetooth low energy concurrency example” [15] jest używana aplikacja BLE Scanner [7, 8]. I z nią aplikacja DMM działa poprawnie. Możliwe jest przeprowadzenie pełnego parowania standardu BLE. I można pracować z połączeniem bezpiecznym.



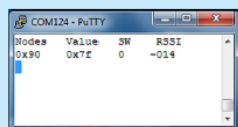
Rysunek 4. Informacje aplikacji DMM po wystartowaniu pracy



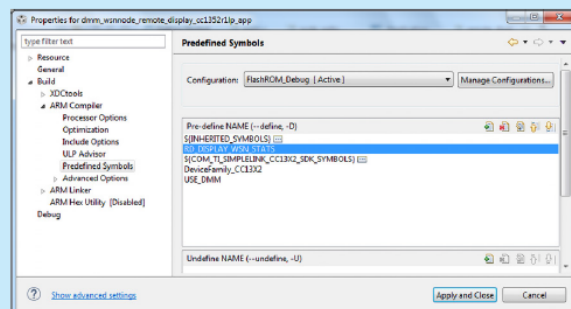
Rysunek 5. Informacje aplikacji DMM po połączeniu ze smartfonem poprzez łącze BLE

Można na przykład zdalnie zmienić identyfikator sieci WSN (sub 1GHz) lub odstępow czasu dla wysyłania danych przez tę sieć.

W pliku *README.html* opisu projektu DMM Wsn Node + BLE Remote Display [10] do wykonania połączenia standardu BLE jest używana aplikacja LightBlue [5, 6]. Udostępnia ona podobne możliwości pracy jak aplikacja BLE Scanner.



Rysunek 6. Informacje aplikacji Concentrator po połączeniu w sieci WSN z aplikacją DMM



Rysunek 8. Dodanie definicji RD_DISPLAY_WSN_STATS

Zadanie 4. Uruchomienie aplikacji Concentrator

Opis pracy sieci WSN dla zestawu startowego CC1352R1 LaunchPad jest obszernie opisany w ćwiczeniu „Creating a CC13xx based ultra low power Wireless Sensor Network” [14].

- C1. Dołącz pierwszy zestaw startowy CC1352R1 LaunchPad (oznaczony jako „Concentrator”) do komputera używając kabla USB.
- C2. Wystartuj drugą instancję aplikacji terminala PuTTY.
- C3. Kliknij przycisk *Serial*. W polu *Serial line* wpisz numer portu szeregowego COMx1. W polu *Speed* wpisz szybkość transmisji 115200.
- C4. W oknie *Category* kliknij na *Colours*. Zaznacz *Use system colours*. Kliknij *OK*.

Sieć WSN jest wystartowana i utworzona na dołączanie węzłów. Następuje automatyczne dołączenie węzła z aplikacją DMM do sieci WSN tworzonej przez aplikację *Concentrator* w paśmie Sub-1 GHz.

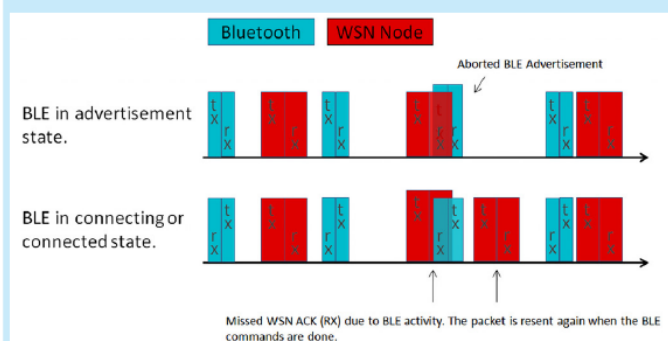
Informacje aplikacji *Concentrator* po połączeniu

w sieci WSN z aplikacją DMM są pokazane na rysunku 6. Pokazywany jest identyfikator węzła (Nodes), odczytana wartość (Value) – czyli stan licznika aplikacji DMM, stan lewego przycisku (SW) zestawu startowego CC1352R1 LaunchPad z aplikacją DMM oraz poziom odbieranego sygnału radiowego (RSSI).

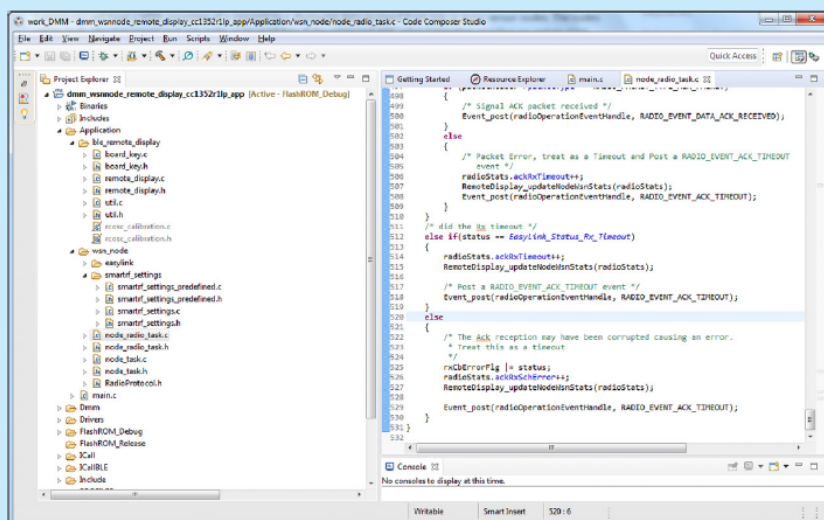
Aplikacja DMM po dołączeniu do węzła centralnego sieci WSN (*Concentrator*) nie wykonuje zmiany w oknie informacyjnym (rysunek 4). Za to oba okna informacyjne aplikacji DMM oraz aplikacji *Concentrator* pokazują na bieżąco wysłany i odebrany stan licznika. Teraz jednocześnie współpracują ze sobą trzy urządzenia.

Zadanie 5. Wgląd w pracę aplikacji DMM

Inaczej niż w przypadku szeregowania zadań procesora, szeregowanie poleceń RF nie może stosować wyłączenia. DMM stosuje tablice do rozwiązywania konfliktów szeregowania pomiędzy stacjami. Jeśli występuje konflikt to DMM albo odrzuca nowe polecenie RF albo przerywa działanie aktualnego polecenia RF, faworyzując polecenie nowe. To oznacza, że występuje ograniczenie w jaki dwa stopy mogą współbieżnie pracować.



Rysunek 7. Blokowanie transmisji dla różnych priorytetów (Texas Instruments) [12]



Rysunek 9. Plik node_radio_task.c przed modyfikacją

Można zobaczyć w tablicy, że gdy stos BLE jest w stanie rozgłaszania, to stos WSN ma wyższy priorytet. Jednak, gdy BLE jest w innym stanie („łączenia” lub „połączony”) to priorytety ulegają odwróceniu. Wtedy BLE ma wyższy priorytet.

W naszym przykładzie BLE wysyła rozgłaszanie z odstępem 100 ms. Za to WSN wysyła pakiet danych co sekundę. Oznacza to, że przez większość czasu nie ma konfliktów szeregowania. Jeśli konflikt się pojawi to WSN ma wyższy priorytet. Wtedy polecenie RF stosu BLE zostanie zablokowane lub usunięte. I stos WSN nie powinien tracić żadnych pakietów. Taka sytuacja jest pokazana na górze rysunku 7. Działanie stosu BLE zostało zablokowane podczas pracy stosu WSN.

Przejęcie stosu BLE do stanu „połączony” zmienia nie tylko priorytety. Potencjalnie zwiększa też aktywność transmisyjną. Jest ona zależna od wynegocjowanego z urządzeniem Central interwału transmisji. Jeśli konflikt się pojawi to BLE ma wyższy priorytet i jego polecenie RF zostanie obsłużone. Może pojawić się trwanie pakietów transmisji stosu WSN. Jednak nie musi to prowadzić do straty każdego pakietu transmisji stosu WSN przy konflikcie. Przykład jest pokazany na dole rysunku 7. Przerwana transmisja pakietu stosu WSN zostaje ponowiona po zakończeniu transmisji stosu BLE.

- D1. W oknie *Project Explorer* kliknij prawym przyciskiem myszki na linię projektu *dmm_wsnnode_remote_display_CC1352R1p_app*.
- D2. Z listy wybierz *Properties*.
- D3. Rozwiń *Build* → *ARM Compiler* → *Predefined Symbols*.
- D4. W polu *Pre-define NAME* kliknij na ikonkę *Add*.
- D5. W oknie *Enter Value* wpisz *RD_DISPLAY_WSN_STATS*.
- D6. Kliknij *OK*.
- D7. W oknie „*Properties ...*” kliknij przycisk *Apply and Close* (rysunek 8).
- D8. W oknie *Project Explorer* rozwiń gałąź *Application* → *wsn_node* → *smartrf_settings*.

Listing 1. Dodatkowy kod obliczania statystyki

```
// ===== ADD START =====
else if (status == EasyLink_Status_Aborted)
{
    /* Count number of aborted packages */
    radioStats.ackRxAbort++;
    Event_post(radioOperationEventHandle, RADIO_EVENT_ACK_TIMEOUT);
}
// ===== ADD END =====
```



Rysunek 10. Plik node_radio_task.c po modyfikacji

D9. Otwórz (dwukliknij) plik `node_radio_task.c` (rysunek 9).

D10. Po linii 519 wstaw fragment kodu z listingu 1.

Status `EasyLink_Status_Aborted` sygnalizuje sytuację zatrzymania lub usunięcia polecenia drajera RF stosu WSN (rysunek 10).

D11. Kliknij na przycisk „Build”. Czekaj na pełne zakończenie budowania projektu.

D12. W oknie *Reload the program automatically* kliknij *Yes*.

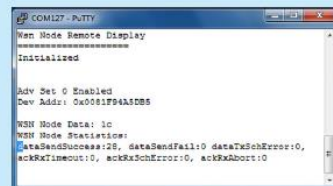
D13. Czekaj na zatrzymanie programu w pierwszej instrukcji funkcji `main()`.

D14. Przejdź do perspektywy *CCS Debug*.

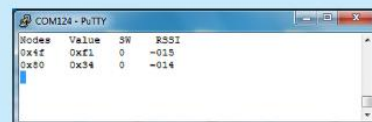
D15. Kliknij na przycisk „Resume”.

W oknie informacji aplikacji DMM zostaną teraz wyświetlone dodatkowo dane statystyczne (rysunek 11). Aplikacja wysła też (jak poprzednio) dane rozgłaszania w sieci BLE 5.

W oknie informacji aplikacji *Concentrator* po ponownym połączeniu w sieci WSN z aplikacją DMM widać identyfikatory dwóch węzłów (rysunek 12). Aplikacja DMM po restarcie została rozpoznana jako nowy węzeł sieci WSN. Wykonanie połączenia do smartfona



Rysunek 11. Informacje aplikacji DMM po ponownym wystartowaniu (bez komunikacji BLE)



Rysunek 12. Informacje aplikacji Concentrator po ponownym połączeniu w sieci WSN z aplikacją DMM

REKLAMA

Wszystko, co lubisz,
w jednym miejscu



UlubionyKiosk.pl

Oferuje papierowe i elektroniczne wydania czasopism z najważniejszych segmentów rynku:

budownictwo i wnętrza, muzyka i dźwięk, elektronika i automatyka, edukacja i hi-tech, rodzina.

Przesyłka
GRATIS

Wybrane pozostałe artykuły kursu

- S11. Systemy dla Internetu Rzeczy (11): Bezprzewodowa sieć czujników z transmisją dwupasmową, „Elektronika Praktyczna”, 11/2017
- S12. Systemy dla Internetu Rzeczy (12): Oprogramowanie narzędziowe dla układów CC26xx i CC13xx platformy SimpleLink, „Elektronika Praktyczna”, 11/2017
- S13. Systemy dla Internetu Rzeczy (13): Zestaw CC26x2R1 LaunchPad, „Elektronika Praktyczna”, 1/2018
- S14. Systemy dla Internetu Rzeczy (14): Podglądanie ruchu w sieci radiowej z protokołem IEEE 802.15.4, „Elektronika Praktyczna”, 2/2018
- S15. Systemy dla Internetu Rzeczy (15): Zestaw CC1352R1 LaunchPad, „Elektronika Praktyczna”, 5/2018
- S16. Systemy dla Internetu Rzeczy (16): Dynamiczne monitorowanie prądu zasilania układu SoC, „Elektronika Praktyczna”, 6/2018
- S17. Systemy dla Internetu Rzeczy (17): Jednoczesna komunikacja radiowa z użyciem dwóch protokołów i w dwóch pasmach, „Elektronika Praktyczna”, 8/2018

Procesory

- 1. CC1352R (PREVIEW) SimpleLink Multi-Band CC1352R Wireless MCU, Product Page, Texas Instruments, <http://bit.ly/2vjkmqm>
- 2. Układy scalone z obsługą Bluetooth 5, Henryk A. Kowalski, „Elektronika Praktyczna”, 5/2018

Moduły sprzętowe

- 3. SimpleLink Multi-Band CC1352R Wireless MCU LaunchPad Development Kit, LAUNCHXL-CC1352R1, Texas Instruments, <http://bit.ly/210oP99>

Pakiety programowe

- 4. SimpleLink CC13x2 Software Development Kit, SIMPLELINK-CC13X2-SDK, 09-Jul-2018, Texas Instruments, <http://bit.ly/2M4Anub>
- 5. LightBlue Explorer, Version 2.6.4, Punch Through Design, <https://apple.co/2N9tEjV>
- 6. LightBlue® Explorer, Version 1.1.3, Punch Through Design, <http://bit.ly/2w6w108>
- 7. BLE Scanner 4.0 4+, Version 2.0.1, Bluepixel Technologies LLP, <https://apple.co/2MF3IQ9>
- 8. BLE Scanner, Version 3.12, Bluepixel Technologies, <http://bit.ly/2LjOfqd>

Opisy

- 9. TI Resource Explorer (TIREX), Texas Instruments, <http://bit.ly/2HHDqqo>
- 10. DMM Wsn Node + BLE Remote Display (README.html), Texas Instruments, <http://bit.ly/2K49XLQ>
- 11. DMM 15.4 Sensor + BLE Remote Display (README.html), Texas Instruments, <http://bit.ly/2w2Kxpo>

SimpleLink Academy

- 12. Dynamic Multi-protocol Manager Fundamentals, Texas Instruments, <http://bit.ly/2MF9I8m>
- 13. Bluetooth low energy Fundamentals, Texas Instruments, <http://bit.ly/2JLBpjh>
- 14. Creating a CC13xx based ultra low power Wireless Sensor Network, Texas Instruments, <http://bit.ly/2ION7zU>
- 15. SimpleLink CC1352R Sub-1 GHz + Bluetooth low energy concurrency example, Michelle Tate, February 27, 2018, 09:47, Texas Instruments, <http://bit.ly/2MB4z1f>

w sieci BLE 5 jest sygnalizowane w oknie informacji aplikacji WSN wyświetleniem linii „Connected to”.

Jednoczesna praca w sieci BLE 5 oraz WSN powoduje pojawienie się konfliktowych sytuacji (rysunek 13). Długotrwałe próby (cała noc pracy) pokazały jednak dużą odporność DMM na sytuacje błędne. Jest to zgodne z opisem do rysunku 7.

Licznik *ackRxTimeout* zlicza sytuacje, gdy węzeł WSN Node utracił potwierdzenie od węzła WSN Concentrator (rysunek 11), lub węzeł WSN Concentrator utracił pakiet od węzła WSN Node. Węzeł WSN Node może ponowić transmisję pewną liczbę razy zanim sytuacja zostanie zaliczona jako *dataSendFail*.

Jednak w przykładowej próbie, nadal transmisja wszystkich pakietów jest zaliczona jako „sukces”. Nawet gdy wystąpiła pewna liczba sytuacji opóźnienia potwierdzenia. Istotny jest brak wystąpienia sytuacji *ackRxAbort*. Oznacza to, że DMM nie spowodował utraty żadnego polecenia RF stosu WSN.

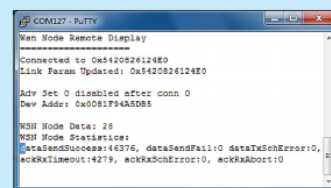
Wnioski

Opis narzędzi technologii DMM jest nowy w dokumentacji pakietu CC13x2 SDK. Pomimo sporej powierzchowności tego opisu, już teraz udostępnione są duże możliwości. W pierwszej wersji DMM został udostępniony przykład tych możliwości. Po jednej stronie był dosyć mały stos EasyLink (WSN). Jednak drugi stos to pełne BLE 5. Druga wersja oprogramowania

firmowego (SDK v2.20) udostępni już pracę z pełnym stosem IEEE 15.4 oraz BLE 5. Jednak dalej nie ma obsługi BLE Central. W ćwiczeniu laboratoryjnym *Dynamic Multi-protocol Manager Fundamentals* [12] dodatkowo pokazane jest dołączanie DMM i WSN Node do standardowego projektu „Project Zero” z obsługą stosu BLE 5 [4]. Za zmianami oprogramowania nie nadąża jednak opis ćwiczeń w rozszerzeniu SimpleLink Academy pakietu CC13x2 SDK.

Nie ma ograniczeń aby oba protokoły pracowały w tym samym paśmie, np. 2,4 GHz. Według doniesień na liście dyskusyjnej TI (e2e.ti.com) obecnie nie jest udostępniona jednoczesna praca stosu BLE oraz Zigbee. Bardzo istotnym ograniczeniem jest rozmiar pamięci Flash i RAM. Dodanie stosu ZStack daje w rezultacie wymaganie ok. 100 KB pamięci Flash – gdy dostępne jest 179 KB. Czyli wydaje się, że jednak będzie to możliwe. Pewnym ograniczeniem może być czas przełączania pomiędzy stosami. Podobnie obecnie nie jest planowana jednoczesna praca stosu BLE oraz Thread.

Henryk A. Kowalski
kowalski@ii.pw.edu.pl



Rysunek 13. Informacje aplikacji Concentrator przy pracy w sieci BLE 5 oraz WSN

REKLAMA

NAJLEPSZY
MOBILNY ADRES W SIECI
[HTTP://M.EP.COM.PL](http://m.ep.com.pl)

