

# Systemy dla Internetu Rzeczy (14)

## Podglądanie ruchu w sieci radiowej z protokołem IEEE 802.15.4

Największym problemem podczas pracy z układami komunikacji radiowej jest brak pewności czy nadajnik wysłał to co trzeba i czy odbiornik odbiera poprawnie. Jedynym sposobem pokonania tych kłopotów jest „podłuchiwanie” transmisji radiowej. Stosowane są do tego sniffery, zwane też analizatorami sieciowymi lub analizatorami pakietów. Pozwalają śledzić („wąchać”, ang. sniffing) pakiety przesyłane przez wybrany interfejs sieciowy. Jednym z najchętniej wybieranych programów do śledzenia przepływu pakietów jest Wireshark. Ostatnio (Styczeń 2018) Texas Instruments udostępnił nową wersję pakietu SmartRF Packet Sniffer 2. Pracuje ona z nową wersją programu Wireshark 2.4. Umożliwia to przechwytywanie i analizę pakietów transmisji z protokołami: IEEE 802.15.4, IEEE 802.15.4ge (TI 15.4 Stack), TI EasyLink, ZigBee oraz Thread.

Analiza ruchu w sieci radiowej z protokołem IEEE 802.15.4 wymaga zastosowania trzech aplikacji programowych:

- Wireshark v.2.4.4 (January 11, 2018), Wireshark Foundation.
- SmartRF Sniffer Agent v.1.03.00 z pakietu SmartRF Packet Sniffer 2 v1.3.0 (January 11, 2018), Texas Instruments.
- UniFlash v4.2.2.1692 (January 15, 2018), Texas Instruments.

Są dwa pakiety o nazwie Packet Sniffer dostarczane przez firmę Texas Instruments:

- SmartRF Packet Sniffer 2 (v1.3.0, 11-Jan-2018) – nowsza wersja przeznaczona do analizy ruchu z protokołem IEEE 802.15.4, IEEE 802.15.4ge (TI 15.4 Stack), TI EasyLink, ZigBee oraz Thread. Obsługuje układy scalone CC1310, CC1350, CC2650 oraz najnowsze układy rodzin CC26x2 oraz CC13x2 (tabela 1).
- SmartRF Protocol Packet Sniffer (v2.18.1, 30-Jun-2014) – starsza wersja przeznaczona do analizy ruchu ze starszymi

układami scalonymi. Wymaga użycia wtyczki USB lub układu SmartRF05 z ewaluacyjnym modułem radiowym.

Moduły LAUNCHXL-CC2650, LAUNCHXL-CC1310 oraz LAUNCHXL-CC1350 muszą mieć zainstalowany układ scalony w wersji Rev 2.1 lub wyższej. Wersję układu można sprawdzić w programie UniFlash v4 (zobacz dalej).

Właśnie (Styczeń 2018) pojawił się w witrynie TI opis procesorów CC1312R1, CC1352R1, CC2642R1, CC2652R1 oraz modułów LAUNCHXL-CC1312R1, LAUNCHXL-CC1352R1 oraz LAUNCHXL-CC26X2R1. Dla wymienionych procesorów i modułów LaunchPad są dedykowane nowe pakiety programowe Software Development Kit (SDK):

- SimpleLink Sub-1 GHz CC13x0 Software Development Kit, Ver 1.60.00.21, 20-Dec-2017 [9]
- SimpleLink CC13x2 Software Development Kit, Ver 1.60.00.29, 16-Jan-2018 [10]

**Tabela 1. Układy scalone i moduły sprzętowe LaunchPad obsługiwane przez aplikację SmartRF Packet Sniffer 2 [8]**

Rodzina	Układ	Moduł sprzętowy
CC26x2	CC2652R1	LAUNCHXL-CC26X2R1: SimpleLink CC26x2 wireless MCU LaunchPad Development Kit
CC26x0	CC2650	LAUNCHXL-CC2650: SimpleLink CC2650 wireless MCU LaunchPad Development Kit
CC13x2	CC1312R1	LAUNCHXL-CC1312R1: SimpleLink Sub-1 GHz CC1312R Wireless MCU LaunchPad Development Kit
	CC1352R1	LAUNCHXL-CC1352R1: SimpleLink Multi-Band CC1352R Wireless MCU LaunchPad Development Kit
CC13x0	CC1310	LAUNCHXL-CC1310: SimpleLink Sub-1 GHz CC1310 wireless MCU LaunchPad development kit
	CC1350	LAUNCHXL-CC1350: SimpleLink Sub-1 GHz & Bluetooth® low energy CC1350 wireless MCU LaunchPad Development Kit
		LAUNCHXL-CC1350-4: CC1350 Dualband Launchpad for 433MHz/2.4GHz Applications

- SimpleLink CC26x2 SW Development Kit, Ver 1.60.00.43, 12-Jan-2018 [11]

Nie ma pakietu SDK dla całej rodziny CC26x0. Jest tylko pakiet SDK dla procesora CC2640R2. Należy pamiętać, że nowe moduły LaunchPad i pakiety programowe SDK są testowane z przedprodukcyjną wersją układów scalonych. Dlatego w wersji produkcyjnej mogą nastąpić zmiany.

Aplikacja SmartRF Packet Sniffer 2 nie jest jedynym programem analizy ruchu sieci radiowych. Dla monitorowania transmisji z protokołem BLE jest przeznaczona aplikacja programu BLE Device Monitor firmy Texas Instruments. Jej instalowanie i stosowanie jest dokładnie opisane w poprzednim artykule tej serii „Oprogramowanie narzędziowe dla układów CC26xx i CC13xx platformy SimpleLink„ [S12].

## Moduły sprzętowe

Do pracy aplikacji SmartRF Sniffer Agent z pakietu SmartRF Packet Sniffer 2 potrzebny jest moduł sprzętowy LaunchPad firmy

### Poprzednie artykuły kursu

- S1. Systemy dla Internetu Rzeczy (1). Zestaw CC2650 SensorTag, „Elektronika Praktyczna” 12/2016
- S2. Systemy dla Internetu Rzeczy (2). Użytkowanie zestawu CC2650 SensorTag, „Elektronika Praktyczna” 1/2017
- S3. Systemy dla Internetu Rzeczy (3). Moduły rozszerzeń DevPack dla zestawu SensorTag, „Elektronika Praktyczna” 2/2017
- S4. Systemy dla Internetu Rzeczy (4). Zestaw CC1310 LaunchPad, „Elektronika Praktyczna” 3/2017
- S5. Systemy dla Internetu Rzeczy (5). System operacyjny czasu rzeczywistego TI-RTOS – pierwszy program, „Elektronika Praktyczna” 4/2017
- S6. Systemy dla Internetu Rzeczy (6). System operacyjny czasu rzeczywistego TI-RTOS – zadania i przerwania, „Elektronika Praktyczna” 5/2017
- S7. Systemy dla Internetu Rzeczy (7). Bluetooth Low Energy, „Elektronika Praktyczna” 6/2017
- S8. Systemy dla Internetu Rzeczy (8). Zestaw startowy CC2650 LaunchPad, „Elektronika Praktyczna” 7/2017
- S9. Systemy dla Internetu Rzeczy (9). Zestaw startowy CC1350 LaunchPad, „Elektronika Praktyczna” 9/2017
- S10. Systemy dla Internetu Rzeczy (10). Zestaw CC1350 SensorTag, „Elektronika Praktyczna” 10/2017
- 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”, 12/2017
- S13. Systemy dla Internetu Rzeczy (13): Zestaw CC26x2R1 LaunchPad, „Elektronika Praktyczna”, 1/2018

Texas Instruments. W zależności od analizowanego protokołu konieczne jest zastosowanie różnych modułów sprzętowych:

- IEEE 802.15.4/ZigBee/Thread (2.4 GHz) – moduł LAUNCHXL-CC2650, LAUNCHXL-CC26X2R1.
- IEEE 802.15.4ge (sub-1 GHz) – moduł LAUNCHXL-CC1310, LAUNCHXL-CC1350, LAUNCHXL-CC1312R1, LAUNCHXL-CC1352R1.
- EasyLink (sub-1 GHz) – moduł LAUNCHXL-CC1350, LAUNCHXL-CC1310, LAUNCHXL-CC1312R1, LAUNCHXL-CC1352R1.

Do układu scalonego modułu sprzętowego musi być wpisane odpowiednie oprogramowanie firmowe (FirmWare) dostarczane przez firmę Texas Instruments razem z pakietem SmartRF Packet Sniffer 2.

Wszystkie moduły LaunchPad mają taką samą organizację i zstandaryzowane wyprowadzenie sygnałów na złącza [S4]. Zwory na płytce umożliwiają łatwą modyfikację jej zastosowania. Jest pełny dostęp do wszystkich sygnałów. Złącze rozszerzeń umożliwia łatwe dołączanie kolejnych modułów sprzętowych [S3]. Każdy zestaw startowy standardu LaunchPad zawiera układ emulatora sprzętowego typu XDS110. Do zestawu może być dołączony wyświetlacz LCD oraz inne moduły rozszerzeń.

**Zestaw startowy CC2650 LaunchPad** zawiera tylko minimum elementów dodatkowych: wyprowadzenia układu scalonego CC26510, przyciski, diody LED, zasilanie oraz emulator sprzętowy XDS110. Zawiera antenę PCB zoptymalizowaną do pracy w paśmie 2.4 GHz ISM [S8].

**Zestaw startowy CC1310 LaunchPad** jest w pełni zgodny sprzętowo i programowo z zestawem startowym CC2650 LaunchPad. Zawiera antenę PCB zoptymalizowaną do pracy w paśmie 868 MHz ISM (Europa) oraz 915 MHz ISM (USA) [S9].

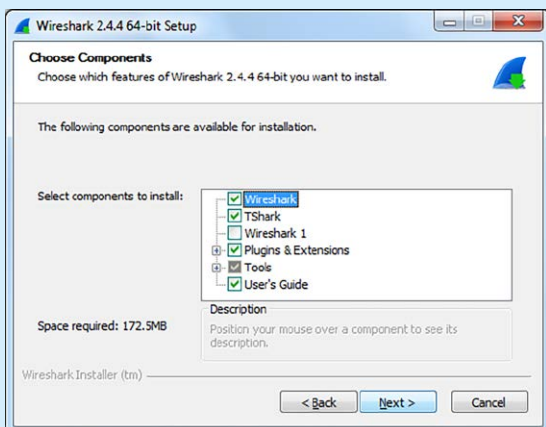
**Zestaw startowy CC1312R1 LaunchPad** jest zgodny sprzętowo i programowo z zestawem startowym CC1310 LaunchPad [S9]. Zawiera procesor CC1312R1 [1], antenę PCB zoptymalizowaną do pracy w paśmie 868 MHz ISM (Europa) oraz 915 MHz ISM (USA) [5].

**Zestaw startowy CC1350 LaunchPad** jest w pełni zgodny sprzętowo i programowo z zestawem startowym CC2650 LaunchPad. Zawiera jednak dwie anteny PCB [S10]. Jedna jest zoptymalizowana do pracy w paśmie 2.4 GHz ISM. Druga jest zoptymalizowana w zależności od wersji wykonania.

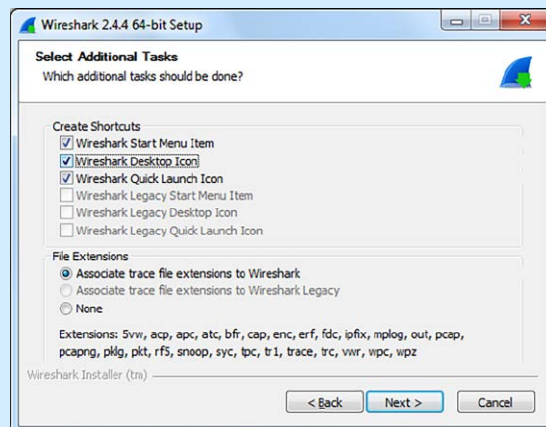
Zestaw CC1350 LaunchPad jest dostępny w trzech wersjach wykonania [S9]:

- LAUNCHXL-CC1350US: Przystosowany do pracy w paśmie 915 MHz ISM (USA).
- LAUNCHXL-CC1350EU: Przystosowany do pracy w paśmie 868 MHz ISM (Europa).
- LAUNCHXL-CC1350-4: Przystosowany do pracy w paśmie 433 MHz ISM (USA/Europa/Chiny). W portalu TI spotykana jest też nazwa LAUNCHXL-CC1350CN.

**Zestaw startowy CC1352R1 LaunchPad** jest zgodny z zestawem startowym CC1350 LaunchPad [6]. Zawiera procesor CC1352R1 [2],



Rysunek 1. Opcje instalacyjne programu Wireshark (1)



Rysunek 2. Opcje instalacyjne programu Wireshark (2)

jedną antenę PCB zoptymalizowaną do pracy w paśmie 868 MHz ISM (Europa) oraz 915 MHz ISM (USA).

Zestaw startowy SimpleLink CC26x2 wireless MCU LaunchPad Development Kit (LAUNCHXL-CC26X2R1 zawiera antenę PCB zoptymalizowaną do pracy w paśmie 2.4 GHz ISM [S13]. Zestaw może być wyposażony w różne układy scalone [7]:

- CC2642R1 LaunchPad – zawiera układ scalony CC2642R1 (obsługa standardu Bluetooth 5 low energy).
- CC2652R1 LaunchPad – zawiera układ scalony CC2652R1 (obsługa standardu IEEE 802.15.4 (Thread i Zigbee) oraz Bluetooth 5 low energy).

## Instalowanie oprogramowania

Instalowanie aplikacji programowych musi być wykonane dokładnie w wymaganej kolejności. Niestety dokładne informacje są ukryte (jak zwykle). Pierwszą istotną podpowiedź dają zalecenia instalowania zamieszczone na stronie pakietu SmartRF Packet Sniffer 2 [8]. Najpierw należy zainstalować program Wireshark [15]. Dopiero potem można instalować pakiet SmartRF Packet Sniffer 2. Dokładny opis jest zamieszczony w dokumencie SmartRF Packet Sniffer 2 User's Guide [18] dostępnym w folderze instalacji pakietu SmartRF Packet Sniffer 2.

## Instalowanie programu Wireshark

Program Wireshark jest udostępniany darmowo. Jego pobieranie i instalowanie jest bardzo łatwe. Plik instalacyjny (Off-line Installer) najlepiej pobrać ze strony Wireshark [15].

Plik pobrany (instalacyjny): **Wireshark-win64-2.4.4.exe** (dla systemu 64 bitowego)

Plik wykonawczy: C:\Program Files\Wireshark\Wireshark.exe  
Instalowanie:

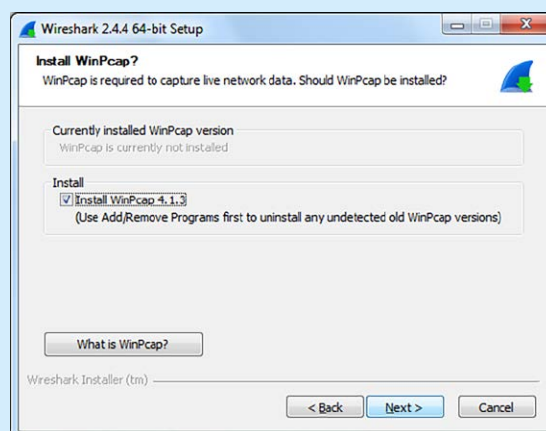
1. Pobierz plik instalacyjny (Off-line Installer) aktualnej stabilnej wersji programu ze strony Wireshark [15].

Obecnie jest dostępna wersja Wireshark 2.4.4 (January 11 2018). Jest to bardzo istotne, bo Packet Sniffer 2 nie pracuje ze starszymi wersjami niż v2.4x.

2. Odinstaluj poprzednie wersje oprogramowania: USBpcap i WINpcap.
3. Restartuj system Windows.
4. Odinstaluj program Wireshark.
5. Zainstaluj program Wireshark w domyślnej lokalizacji C:\Program Files\Wireshark\.

Na początku pokazywane jest okno opcji instalowania (rysunek 1).

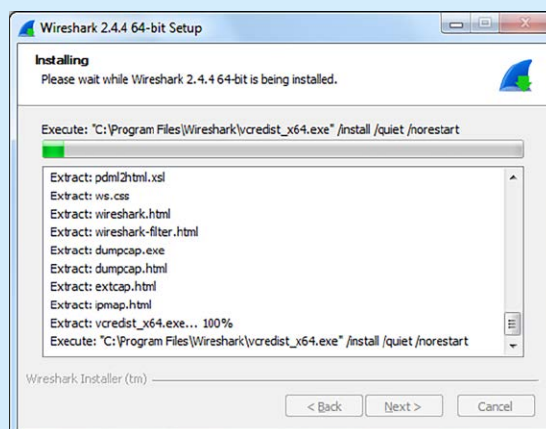
6. Można pozostawić domyślne wybory. Potem pokazywane jest kolejne okno opcji instalowania (rysunek 2).
7. Można dodatkowo zaznaczyć opcję tworzenia ikonki na pulpicie.



Rysunek 3. Opcja instalacji rozszerzenia WinPcap

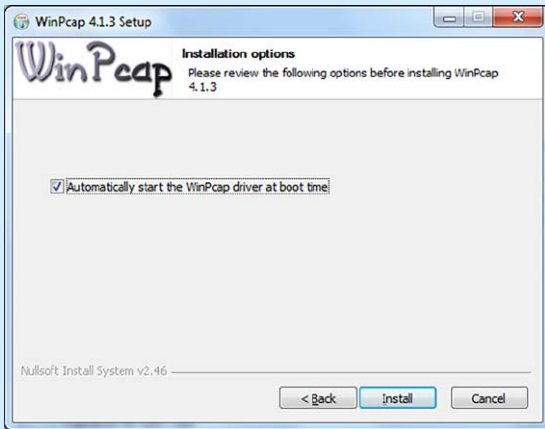
8. W kolejnym oknie trzeba zaakceptować instalowanie rozszerzenia WinPcap (rysunek 3).
9. W ostatnim oknie opcji można wybrać instalowanie rozszerzenia USBPcap. Nie jest ono potrzebne. Podczas instalowania oprogramowania już na początku praca instalatora *norestart* zatrzymuje postęp na planszy instalacyjnej programu Wireshark (rysunek 4). Wygląda to tak jakby program instalatora zawiesił się. To naprawdę trwa tak długo. Potem instalowanie reszty idzie szybciej.
10. Następnie trzeba wystartować instalowanie WinPcap 4.1.3. Bardzo istotny jest wybór opcji automatycznego startowania rozszerzenia WinPcap przy restarcie systemu Windows (rysunek 5).
11. Potem jest pytanie o instalowanie USBPcap. Nie jest ono potrzebny.

Na koniec jest tworzona na pulpicie ikonka programu Wireshark.

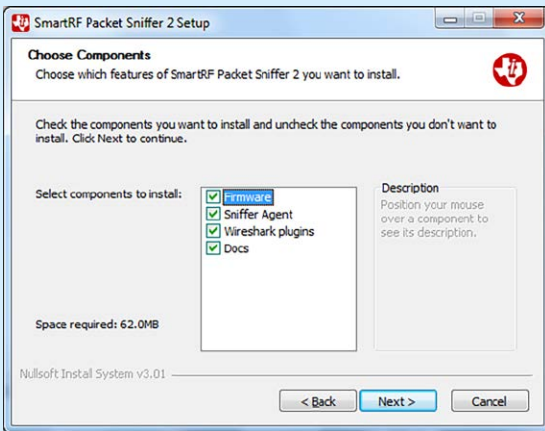


Rysunek 4. „Zawieszenie” instalowania programu Wireshark





Rysunek 5. Opcja automatycznego startu rozszerzenia WinPcap



Rysunek 6. Opcje instalacyjne pakietu SmartRF Packet Sniffer 2

## Instalowanie pakietu SmartRF Packet Sniffer 2

Pakiet SmartRF Packet Sniffer 2 zawiera oprogramowanie firmowe do przechwytywania i wyświetlania pakietów transmisji radiowej. Moduł przechwytyjący transmisję jest dołączony do komputera PC poprzez gniazdo USB. Następnie dane są przekazywane do programu Wireshark, gdzie są pokazywane i filtrowane. Układy scalone i moduły sprzętowe obsługiwane przez pakiet SmartRF Packet Sniffer 2 są pokazane w tab. 1.

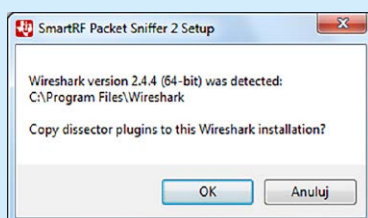
Pakiet SmartRF Packet Sniffer 2 firmy Texas Instruments jest udostępniany za darmo. Plik instalacyjny (Off-line Installer) najlepiej pobrać ze strony SmartRF Protocol Packet Sniffer [8]. Wymagane jest logowanie do portalu myTI (<https://my.ti.com>) oraz uzyskanie U.S. Government export approval. Pakiet SmartRF Packet Sniffer 2 musi być zainstalowany po uprzednim zainstalowaniu programu Wireshark.

Plik pobrany: **smartrf\_packet\_sniffer\_2\_v1.3.0.zip**

Plik instalacyjny: **Setup\_SmartRF\_Packet\_Sniffer\_2.exe**

Plik wykonawczy: C:\Program Files (x86)\Texas Instruments\SmartRF Tools\SmartRF Packet Sniffer 2\sniffer\_agent\sniffer\_agent.exe

Razem z aplikacją SmartRF Sniffer Agent jest instalowany w ścieżce instalacyjnej folder z plikami oprogramowania firmowego C:\Program Files (x86)\Texas Instruments\SmartRF Tools\SmartRF Packet Sniffer 2\sniffer\_fw.



Rysunek 7. Okno instalowania wtyczki do programu Wireshark

Instalowanie:

- A1. Pobierz plik instalacyjny aktualnej wersji pakietu SmartRF Packet Sniffer 2 ze strony SmartRF Protocol Packet Sniffer [8]. Obecnie jest dostępna wersja SmartRF Packet Sniffer 2 v1.3.0 (11-Jan-2018). **Uwaga: Na tej samej stronie jest udostępniana też stara wersja pakietu o nazwie SmartRF Protocol Packet Sniffer.**
- A2. Zainstaluj pakiet SmartRF Packet Sniffer 2 w domyślnej lokalizacji C:\Program Files (x86)\Texas Instruments\SmartRF Tools\SmartRF Packet Sniffer 2.
- A3. Na początku pokazywane jest okno opcji instalowania (**rysunek 6**). Można pozostawić domyślne wybory. Razem z aplikacją (Sniffer Agent) instalowana jest wtyczka do programu Wireshark (Wireshark plugin), folder z oprogramowaniem firmowym (Firmware) oraz folder z dokumentacją (Docs).
- A4. W kolejnym oknie trzeba zaakceptować instalowanie wtyczki do programu Wireshark (**rysunek 7**).

Na koniec tworzona jest na pulpicie ikonka SmartRF Packet Sniffer.

## Instalowanie aplikacji UniFlash v4

Aplikacja UniFlash (Universal Flash Programmer) firmy Texas Instruments. Przeznaczona jest do programowania pamięci Flash układów scalonych tej firmy.

Plik instalacyjny (Off-line Installer) najlepiej pobrać ze strony Category:CCS UniFlash [14].

Plik pobrany (instalacyjny): **uniflash\_sl.4.2.2.1692.exe**.

Plik wykonawczy: C:\ti\uniflash\_4.2.2\node-webkit\nw.exe.

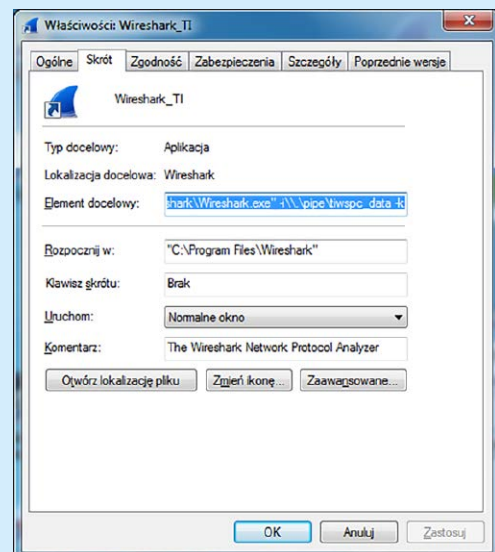
Instalowanie:

- B1. Pobierz aktualną aplikację UniFlash ze strony Category:CCS UniFlash [14]. Obecnie jest dostępna wersja UniFlash v4.2.2.1692 (January 15, 2018).
- B2. Zainstaluj aplikację UniFlash w domyślnej lokalizacji C:\ti\uniflash\_4.2.2\.

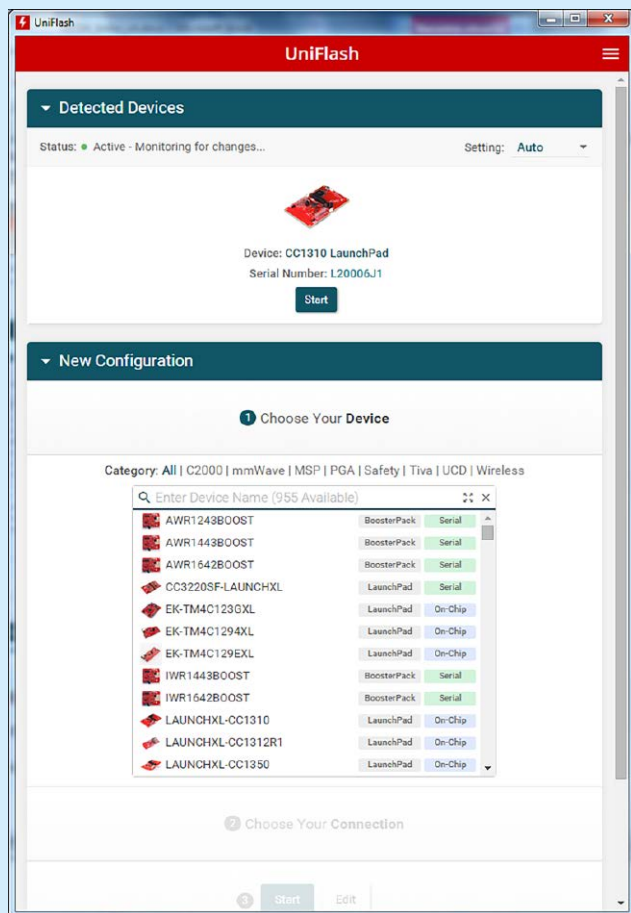
Na koniec instalacji tworzona jest na pulpicie ikonka aplikacji UniFlash. Więcej informacji o aplikacji UniFlash można znaleźć na stronie CCS UniFlash v4.2.2 Release Notes [16]. Informacje o użytkowaniu aplikacji UniFlash są zamieszczone na stronie UniFlash v4 Quick Guide [17].

## Przygotowanie do pracy

Dokładny opis instalowania oprogramowania oraz konfigurowania oprogramowania i sprzętu jest zamieszczony w dokumencie



Rysunek 8. Okno właściwości dodatkowej ikonki dla programu Wireshark



Rysunek 9. Okno aplikacji Uniflash po wykryciu modułu sprzętowego

SmartRF Packet Sniffer 2 User's Guide [18] i dostępny w folderze instalacyjnym pakietu SmartRF Sniffer 2 [19].

## Tworzenie ikonki dla program Wireshark

Ikonka automatycznie utworzona podczas instalowania program Wireshark nie nadaje się do pracy z aplikacją SmartRF Sniffer Agent.

- C1. Utwórz nową ikonkę programu Wireshark.
- C2. Zmodyfikuj wskazanie elementu docelowego (rysunek 8). Na końcu istniejącej ścieżki adresowej dodaj „-i\\.\pipe\tiwspsc\_data -k”. Przykładowo dla domyślnej ścieżki instalacyjnej programu Wireshark pole wygląda następująco „C:\Program Files\Wireshark\Wireshark.exe”-i\\.\pipe\tiwspsc\_data -k.
- C3. Zmień nazwę ikonki, np. na Wireshark\_TI.

## Programowanie modułu sprzętowego programem Sniffer z użyciem aplikacji UniFlash v4

Moduł LaunchPad zastosowany do przechwytywania pakietów ruchu w sieci radiowej IEEE 802.15.4 wymaga zainstalowania odpowiedniego oprogramowania firmowego. Dokładny opis oprogramowania jest zamieszczony w dokumencie Packet Sniffer Firmware Reference [19]. Opis postępowania jest zamieszczony w dokumencie SmartRF Packet Sniffer 2 User's Guide [18].

Pliki obrazów do programowania znajdują się w folderze C:\Program Files (x86)\Texas Instruments\SmartRF Tools\SmartRF Packet Sniffer 2\sniffer\_fw\bin. Wybór zależy od zastosowanego modułu sprzętowego, protokołu, prędkości transmisji oraz pasma częstotliwości. Obecnie (Styczeń 2018) dostępne są pliki dla modułów CC13x0LP, CC13x3R1LP, CC26x0LP oraz CC26x2R1LP.

Programowanie:

- D1. Dołącz odpowiedni moduł LaunchPad do gniazdka USB komputera PC. Może to być, np. CC1310 LaunchPad.
- D2. Wystartuj aplikację Uniflash.
- D3. Kliknij na przycisk Start Now. Przy kolejnym uruchamianiu aplikacji automatycznie są wyszukiwane moduły dołączone do komputera. I wtedy jest przycisk Start. Pokazywany jest typ wykrytego modułu oraz numer jego układu XDS110 (emulatora) (rysunek 9).
- D4. Kliknij na przycisk Start
- D5. Kliknij na przycisk Browse
- D6. Wybierz plik oprogramowania firmowego odpowiedni dla stosowanego modułu sprzętowego (rysunek 10). Dla modułu CC1310 LaunchPad (lub CC1350 LaunchPad) pracującego w paśmie 868 MHz ze stosem GFSK 50 kbps może to być plik cc13x0lp/15.4g/sniffer\_fw\_gfsk\_50kbps\_868\_915.hex.
- D7. Kliknij na przycisk OK.
- D8. Kliknij na przycisk Load Image.

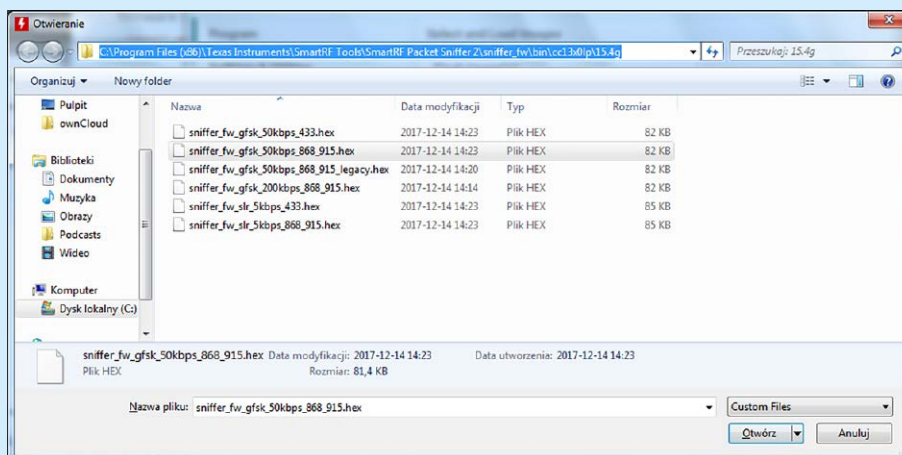
W trakcie pracy programu może „odezwać się” antywirus z próbą zablokowania działania programu. Trzeba wtedy utworzyć wyjątek (dodać do listy „nieskanowania”). Aplikacja sprawdza wersję oprogramowania firmowego emulatora sprzętowego XDS11 dołączonego modułu LaunchPad. Jeśli jest nowsza wersja to proponowana jest aktualizacja. Należy ją koniecznie wykonać. Okno aplikacji Uniflash po aktualizacji oprogramowania firmowego XDS110 oraz zaprogramowaniu układu scalonego CC1310F128 jest pokazane na rysunek 11. Po zakończeniu programowania można zweryfikować poprawność operacji.

- D9. Kliknij na przycisk Verify Image. W panelu Console aplikacji Uniflash są pokazane rezultaty pracy (rys. 11).
- D10. Zamknij aplikację Uniflash.

## Programowanie modułu sprzętowego programem Sniffer z użyciem środowiska CCS v7.4

Pakiet SmartRF Packet Sniffer 2 zawiera źródła projektów aplikacji „Sniffer” dla modułów LaunchPad rodzin CC26x2R1, CC13x2 oraz CC13xx [8]. Opis postępowania z tymi projektami można znaleźć w dokumencie Packet Sniffer Firmware Reference [19] w punkcie Build sniffer firmware.

- E1. Wystartuj środowisko programowe Code Composer Studio v7.4.



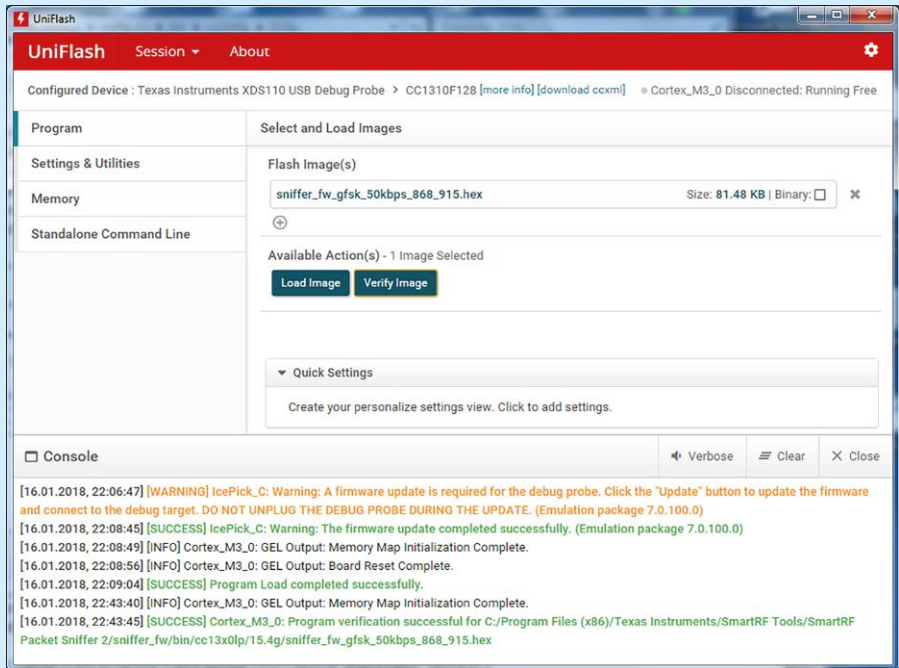
Rysunek 10. Wybór pliku oprogramowania firmowego

- E2. Ustaw folder roboczy projektu.
- E3. W oknie 'Getting Started' kliknij na przycisk 'Import Project'.
- E4. Ustaw ścieżkę do foldera projektu Sniffer dla wybranego modułu (tutaj CC2652R1 LaunchPad, **rysunek 12**) C:\Program Files (x86)\Texas Instruments\SmartRF Tools\SmartRF Packet Sniffer 2\sniffer\_fw\ide\cc26x2r1p\ccs
- E5. Kliknij OK.
- E6. Sprawdź czy projekt sniffer\_fw\_15\_4 został wybrany i kliknij na przycisk Finish (**rysunek 13**).
- E7. Czekaj aż Indexer zakończy pracę. W oknie Project Explorer widoczne są dwa projekty. Drugi to projekt jądro systemu operacyjnego TI-RTOS powiązanego z projektem głównym.
- E8. Wykonaj budowanie projektu sniffer\_fw\_15\_4. Kliknij na ikonkę „Build” . Najpierw jest budowany projekt systemu operacyjnego a potem projekt główny.
- E9. Sprawdź w oknie Console czy budowanie zakończyło się poprawnie (**rysunek 14**). Generowany jest plik sniffer\_fw\_15\_4.out z kodem ładownym programu. Projekt nie wykonuje dodatkowego generowania pliku \*.hex (dla aplikacji Uniflash).
- E10. Wykonaj programowanie układu CC2652R1. Kliknij na ikonkę “Debug” .
- E11. Zamknij aplikację Code Composer Studio v7.4. Jest to bardzo istotne bo CCS trzyma połączenie z kanałami komunikacji modułu LaunchPad z komputerem PC.

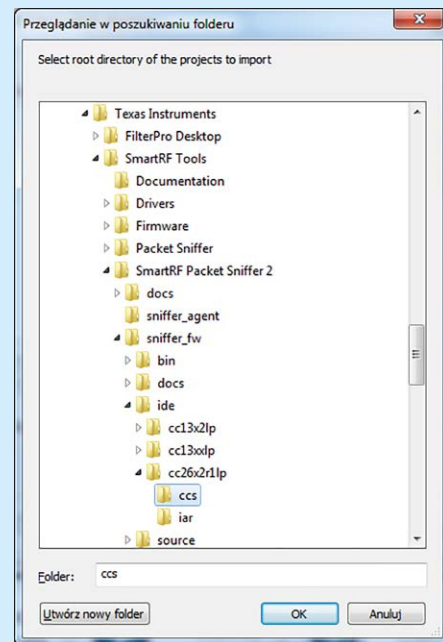
**Uwaga!** Występuje problem z drajwerem łączy komunikacyjnych dostarczanych do PC przez emulator XDS110 (na module LaunchPad) poprzez port USB. Jeśli do portu COMxx danych (Application/User UART) jest dołączona działająca aplikacja, np. SmartRF Sniffer Agent lub terminal PuTTY, to odłączenie podczas pracy aplikacji kabla USB od modułu LaunchPad powoduje zablokowanie dostępu tego portu COM. Późniejsze dotarczenie modułu LaunchPad powoduje ponowne pokazanie się tego portu w Menadżerze Urządzeń. Jednak aplikacja nie potrafi już nawiązać połączenia z tym portem. Wtedy jest konieczne restartowanie systemu Windows.

### Konfigurowanie aplikacji SmartRF Sniffer Agent

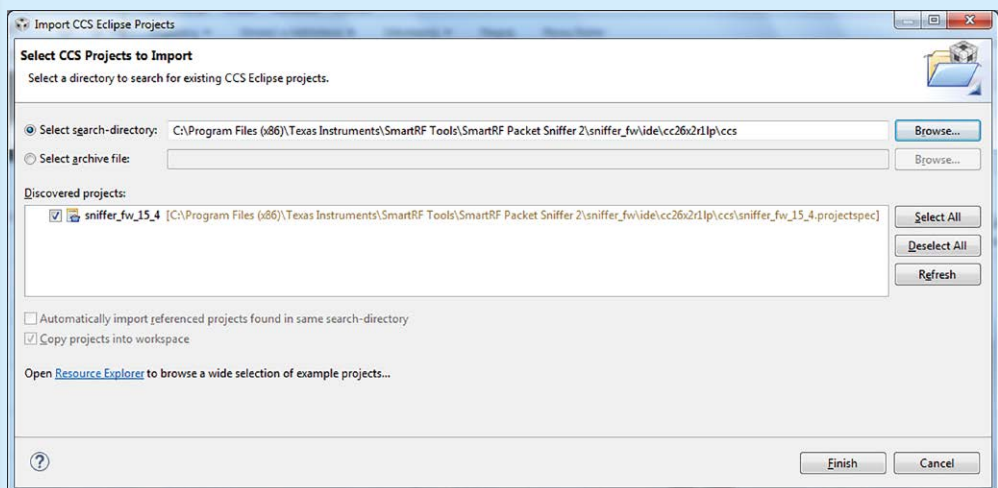
Aplikacja SmartRF Sniffer Agent z pakietu SmartRF Packet Sniffer 2 v1.3.0 wymaga skonfigurowania do pracy z programem Wireshark [18].



**Rysunek 11. Okno aplikacji Uniflash po weryfikacji zaprogramowania układu scalonego CC1310F128**



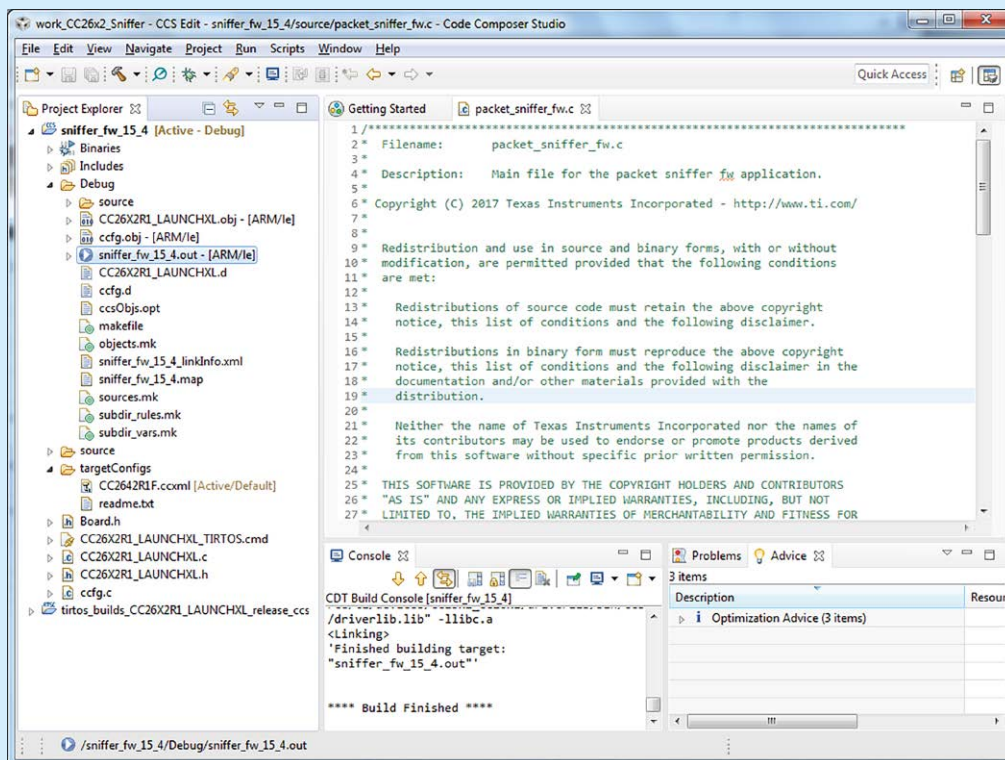
**Rysunek 12 Ścieżka wyboru projektu Sniffer**



**Rysunek 13. Okno wyboru projektów**



- F1. Dołącz do komputera PC moduł LaunchPad z wpisanym oprogramowaniem firmowym „sniffera”.
- F2. Wystartuj aplikację SmartRF Sniffer Agent (Ikona SmartRF Packet Sniffer 2). Podczas uruchamiania aplikacja wyszukuje dołączonych modułów LaunchPad z pracującym oprogramowaniem firmowym „sniffer”.
- F3. Wybierz z menu Options → Data Out.
- F4. Zaznacz Use Pipe (Vista or higher). Kliknij OK.
- F5. Kliknij na przycisk Device Configuration. Pokazywany jest znaleziony w przy uruchamianiu moduł LaunchPad (rysunek 15). Kolumna Dev.Id pokazuje numer portu COM/UART (tutaj COM10). Kolumna ChipId/Rev pokazuje numer układu i wersję jego struktury scalonej (tutaj CC1310/Rev2.1).
- F6. Zaznacz okno wyboru w kolumnie Use. Oznacza to wybór wykrytego modułu LaunchPad.
- F7. Kliknij na okno w kolumnie Configuration.
- F8. Wybierz odpowiednie pasmo częstotliwości oraz numer kanału (rysunek 16). Kliknij OK.



Rysunek 14. Poprawne zbudowanie projektu sniffer\_fw\_15\_4 dla procesora CC2652R1.

- F9. W oknie Sniffer Agent – Device Configuration kliknij na przycisk Done (rys. 15).
- F10. W oknie głównym kliknij na Start All. Napisy na górnych polach okna zmieniają nazwy oraz kolor (rysunek 17):
  - W polu Incoming Data jest napis Running z tłem w kolorze zielonym. Oznacza to poprawną komunikację z modułem sprzętowym z z pracująca aplikacją sniffera.

#### Literatura:

##### Procesory

1. CC1312R (PREVIEW) SimpleLink Sub-1 GHz CC1312R Wireless MCU, <http://www.ti.com/product/cc1312r>
2. CC1352R (PREVIEW) SimpleLink Multi-Band CC1352R Wireless MCU, <http://www.ti.com/product/cc1352r>
3. CC2642R (PREVIEW) SimpleLink CC2642R Bluetooth Low energy Wireless MCU, <http://www.ti.com/product/cc2642r>
4. CC2652R (PREVIEW) SimpleLink(TM) CC2652R Multi-Standard Wireless MCU, <http://www.ti.com/product/CC2652R>

##### Moduły sprzętowe

5. SimpleLink Sub-1 GHz CC1312R Wireless Microcontroller (MCU) LaunchPad Development Kit, LAUNCHXL-CC1312R1, <http://www.ti.com/tool/launchxl-cc1312r1>
6. SimpleLink Multi-Band CC1352R Wireless MCU LaunchPad Development Kit, LAUNCHXL-CC1352R1, <http://www.ti.com/tool/launchxl-cc1352r1>
7. SimpleLink CC26x2 wireless MCU LaunchPad Development Kit, LAUNCHXL-CC26X2R1 (CC2652R1), <http://www.ti.com/tool/launchxl-cc26x2r1>

##### Pakiety programowe

8. SmartRF Protocol Packet Sniffer 2, v1.3.0, 11-Jan-2018, <http://www.ti.com/tool/packet-sniffer>
9. SimpleLink Sub-1 GHz CC13x0 Software Development Kit, SIMPLELINK-CC13X0-SDK, Ver 1.60.00.21, 20-Dec-2017, <http://www.ti.com/tool/simplelink-cc13x0-sdk>
10. SimpleLink CC13x2 Software Development Kit, SIMPLELINK-CC13X2-SDK, Ver 1.60.00.29, 16-Jan-2018, <http://www.ti.com/tool/simplelink-cc13x2-sdk>

11. SimpleLink CC26x2 SW Development Kit, SIMPLELINK-CC26X2-SDK, Ver 1.60.00.43, 12-Jan-2018, <https://goo.gl/gKtig9>

##### SimpleLink Academy

12. SimpleLink Academy for SimpleLink CC13x0 SDK, Ver. 1.14.02.04, October 12th 2017, <https://goo.gl/7Ybj8V>
13. Sensor and Collector – TI 15.4-Stack Project Zero, <https://goo.gl/4hGjc5>

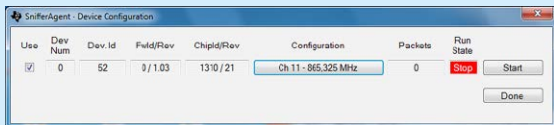
##### Aplikacje

14. Category:CCS UniFlash, <https://goo.gl/42WcS7>
15. Wireshark 2.4.4, <https://www.wireshark.org/>

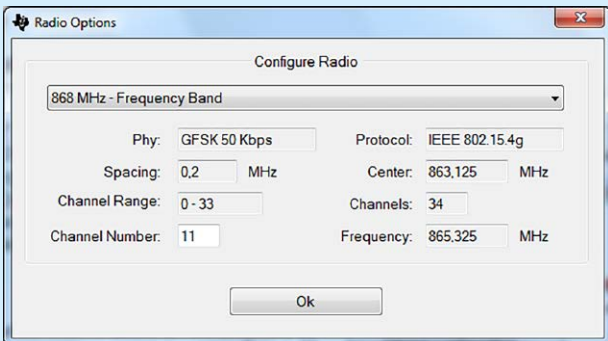
##### Opisy

16. CCS UniFlash v4.2.2 Release Notes, <https://goo.gl/xgk2pH>
17. UniFlash v4 Quick Guide, <https://goo.gl/tt6amK>
18. SmartRF Packet Sniffer 2 User's Guide, [file:///C:/Program%20Files%20\(x86\)/Texas%20Instruments/SmartRF%20Tools/SmartRF%20Packet%20Sniffer%202/docs/html/input/users\\_guide.html](file:///C:/Program%20Files%20(x86)/Texas%20Instruments/SmartRF%20Tools/SmartRF%20Packet%20Sniffer%202/docs/html/input/users_guide.html)
19. Packet Sniffer Firmware Reference, [file:///C:/Program%20Files%20\(x86\)/Texas%20Instruments/SmartRF%20Tools/SmartRF%20Packet%20Sniffer%202/sniffer\\_fw/docs/html/index.html](file:///C:/Program%20Files%20(x86)/Texas%20Instruments/SmartRF%20Tools/SmartRF%20Packet%20Sniffer%202/sniffer_fw/docs/html/index.html)
20. Ulf Lamping, Richard Sharpe, Ed Warnicke, Wireshark User's Guide, For Wireshark 2.5, 9 Nov 2014, Wireshark Foundation (dostępne w formie pliku pdf, html i jako strony sieci Internet), <https://www.wireshark.org/>

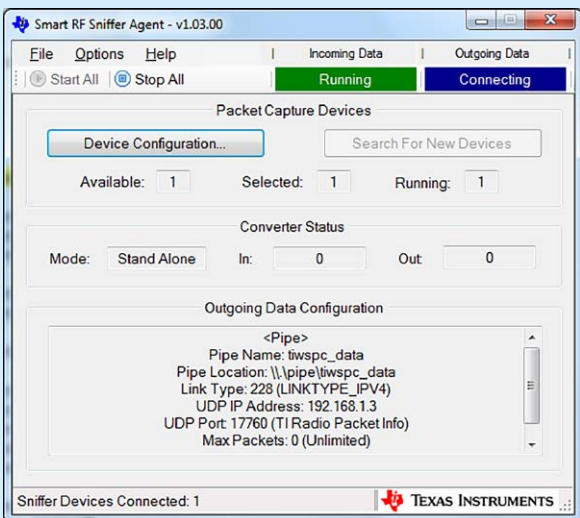
- W polu Outgoing Data jest napis Connecting z tłem w kolorze niebieskim. Oznacza to oczekiwanie na połączenie z programem Wireshark.
- W polu Outgoing Data Configuration są pokazywane szczegółowe informacje dotyczące potoku wyjściowego.



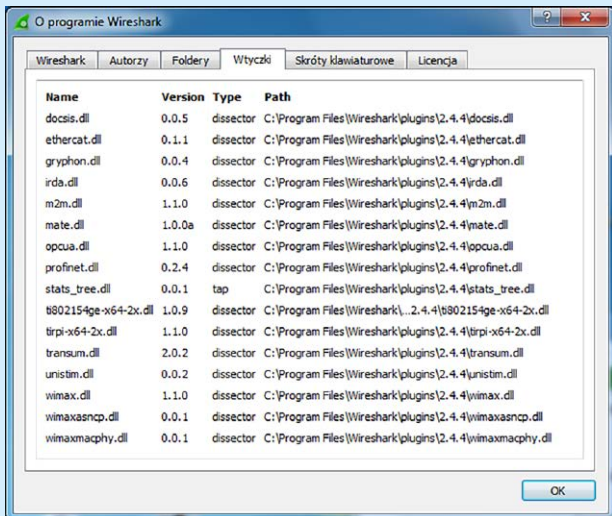
Rysunek 15. Ustawione parametry dla pracy w kanale 11 pasma 868 MHz.



Rysunek 16. Wybór częstotliwości i kanału



Rysunek 17. Stan po skonfigurowaniu i uruchomieniu aplikacji



Rysunek 18. Wtyczki TI w programie Wireshark

## Uruchamianie programu Wireshark

- G1. Wystartuj program Wireshark. Użyj utworzonej wcześniej dodatkowej ikonki np. Wireshark\_TI. W oknie głównym aplikacji SmartRF Sniffer Agent w polu Outgoing Data jest teraz napis Open z tłem w kolorze zielonym. Oznacza to poprawną komunikację z programem Wireshark.
- G2. Wybierz z menu Help → About Wireshark. (Pomoc → O programie Wireshark)
- G3. Wybierz zakładkę Plugins (Wtyczki).
- G4. Sprawdź czy na liście są dwie wtyczki firmy Texas Instruments: ti802154ge-x(86/64)-2x.dll oraz tirpi-x(86/64)-2x.dll (rysunek 18).

## Protokół TI IEEE 802.15.4ge

Jeśli podglądana sieć pracuje w pasmie poniżej 1 GHz w standardzie IEEE 802.15.4ge to używany jest dekodler protokołu (dissector) TI IEEE 802.15.4ge.

- G5. Wybierz z menu Edit → Preferences in Wireshark. (Edycja → Preferencje)
- G6. Rozwiń listę Protocols (Protokoły) i wybierz "TI 802.15.4GE" (rysunek 19).

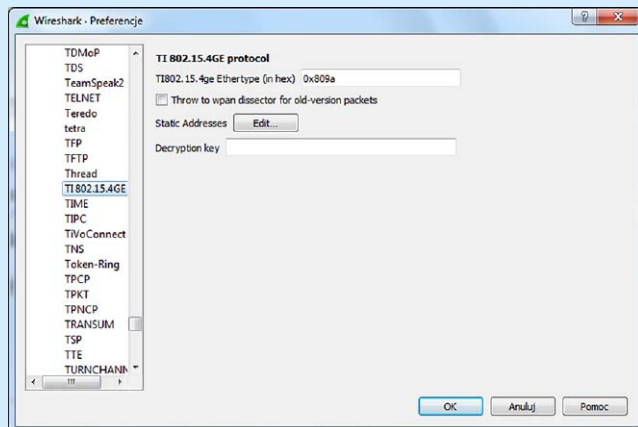
## Praca z programem Wireshark

Każdy przechwycony pakiet jest wysyłany z aplikacji SmartRF Sniffer Agent do programu Wireshark jako opakowany (encapsulated) pakiet UDP/IP. TI Radio Packet Info zawiera meta informację o każdym pakiecie. W oknie głównym program Wireshark pokazywane są teraz przechwycone pakiety (rysunek 20). Okno główne jest podzielone na trzy panele [20]:

- Panel listy pakietów (górny) zawiera listę przechwyconych pakietów z podstawowymi informacjami. W kolumnach są pokazywane następujące informacje:
  - No – numer pakietu w sekwencji przechwytywania.
  - Time – sygnatura czasu pakietu.
  - Source – adres skąd przyszedł pakiet.
  - Destination – adres dokąd pakiet był wysyłany.
  - Protocol – nazwa protokołu w krótkiej wersji.
  - Length – długość pakietu.
  - Info – dodatkowe informacje o zawartości pakietu.

Kliknięcie na wiersz pakietu powoduje wyświetlenie dokładnych informacji o nim w dwóch pozostałych panelach.

- Pakiet informacji szczegółowej (środkowy) pokazuje dokładne informacje wybranego pakietu:
  - Typ interfejsu(portu) i jego identyfikator, z którego został pobrany pakiet.
  - Częstotliwość.
  - Numer kanału.
  - Opis parametrów stosu.



Rysunek 19. Parametry obsługi protokołu TI IEEE 802.15.4ge



- Poziom odbieranego sygnału RSSI (w dBm).
- Status CRC pakietu.
- Pakiet bajtów (dolny) pokazuje dane wybranego pakietu w formacie hexdump. Każda linia zawiera adres przesunięcia, szesnastycznie bajtów danych w formacie hex oraz ich reprezentację w ASCII. Jeśli bajt nie zawiera kodu drukowania to pokazywana jest kropka (rys. 20).

W programie Wireshark można filtrować pakiety. Ale to już jest szersze zagadnienie. Bardziej dokładne informacje można znaleźć w dokumencie SmartRF Packet Sniffer 2 User's Guide [20].

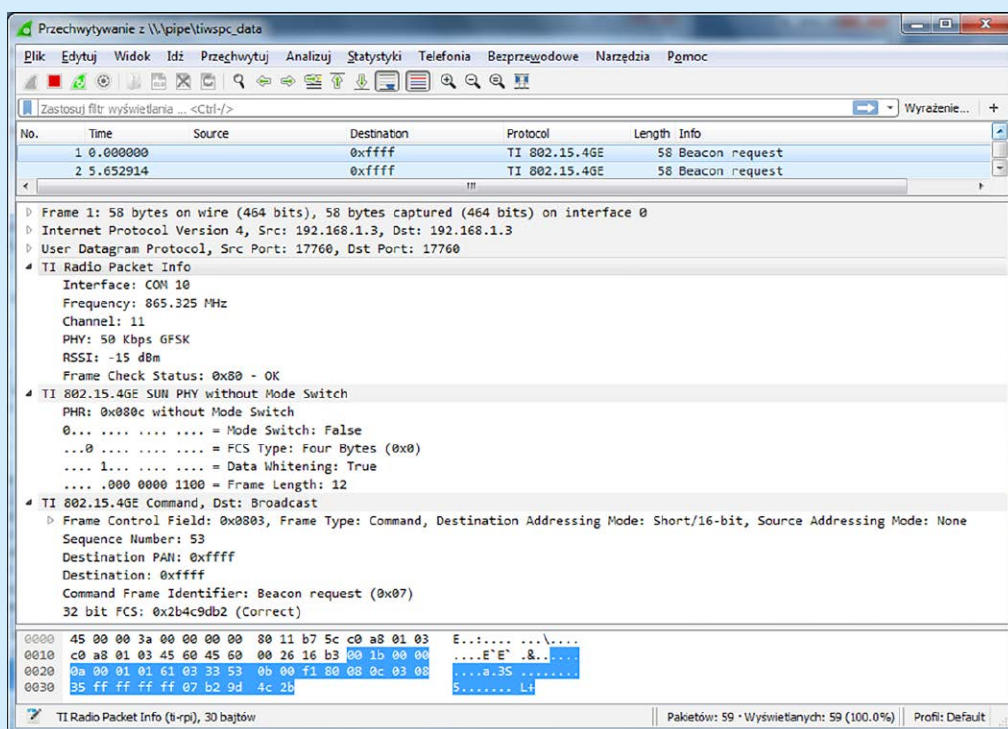
### Podglądanie sieci radiowej PAN z protokołem IEEE 802.15.4 w paśmie 868 MHz

Dla procesorów komunikacyjnych rodziny CC13x0 przeznaczony jest pakiet programowy SimpleLink CC13x0 SDK 1.60.00.21 [9]. Z pakietem SDK jest powiązany pakiet programowy SimpleLink Academy z kompletem warsztatów, lekcji i prezentacji [12].

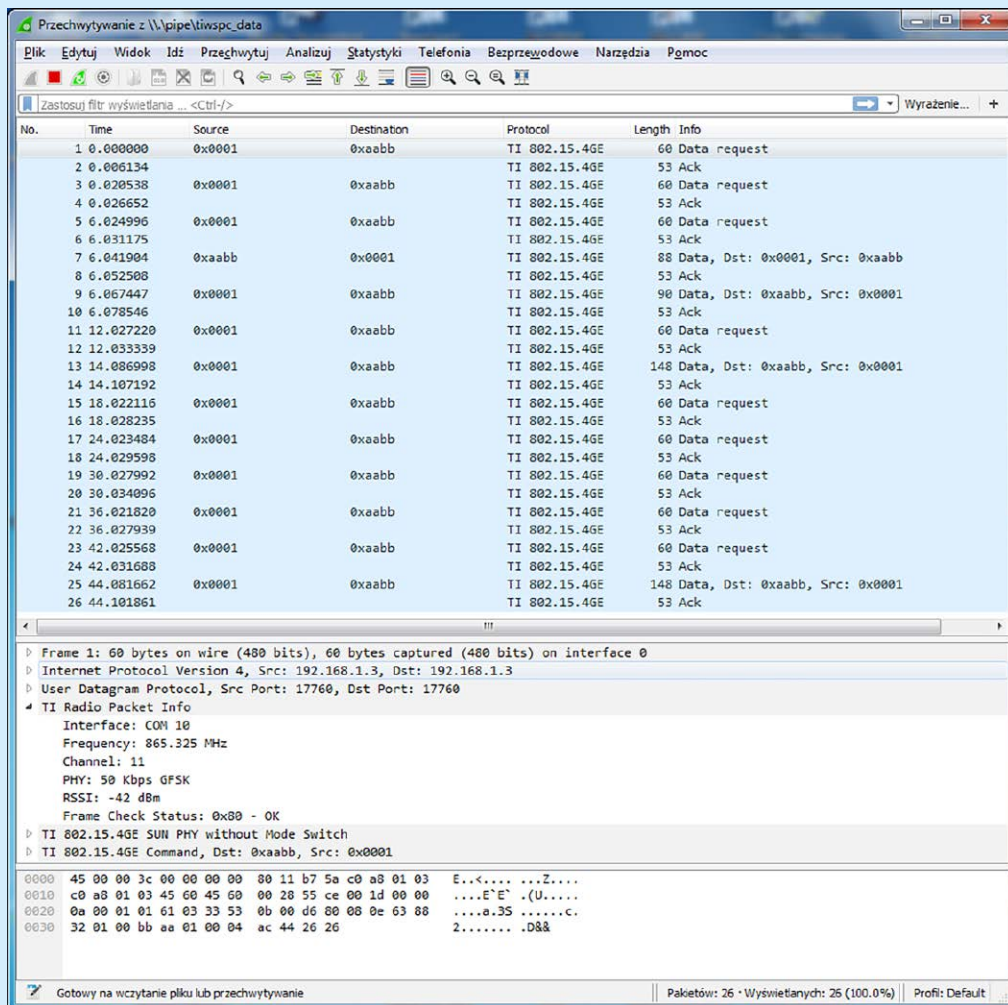
W pakiecie SDK udostępnione są projekty: Collector, Sensor i Coprocessor. Umożliwiają one utworzenie bezprzewodowej sieci PAN (Personal Area Network) w paśmie ISM 868 MHz (sub-1GHz) [S13]. Sieć zawiera jeden węzeł centralny – Collector (PAN-Coordinator) oraz wiele węzłów czujników – Sensor (network device). Węzły Sensor przesyłają wyniki pomiarów do węzła Collector poprzez łącze w paśmie ISM 868 MHz. Dodatkowo rolę węzła Coordinator może pełnić węzeł z aplikacją projektu Coprocessor, dołączany do komputera z systemem operacyjnym Linux.

Do uruchamiania sieci bardzo przydaje się warsztat

Sensor and Collector – TI 15.4-Stack Project Zero z pakietu SimpleLink Academy 1.14.02 for SimpleLink CC13x0 SDK 1.50 [13] jako część pakietu SimpleLink CC13x0 SDK v.1.50.00.08 [9].



Rysunek 20. Wyświetlanie informacji o pakietach w programie Wireshark

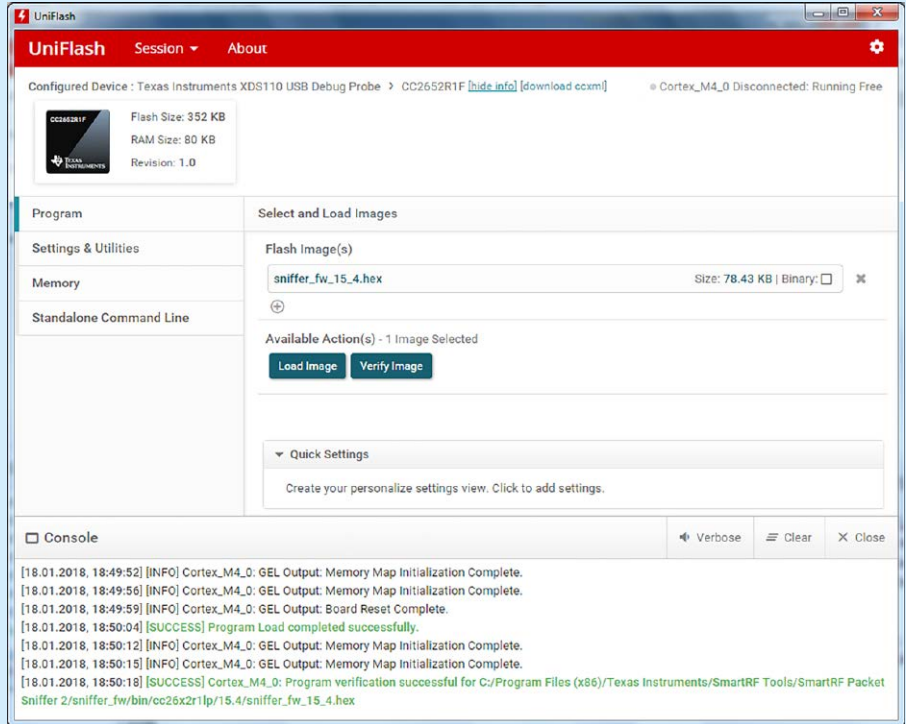


Rysunek 21. Tworzenie sieci PAN: Sensor (0x0001) oraz Collector (0xaabb).

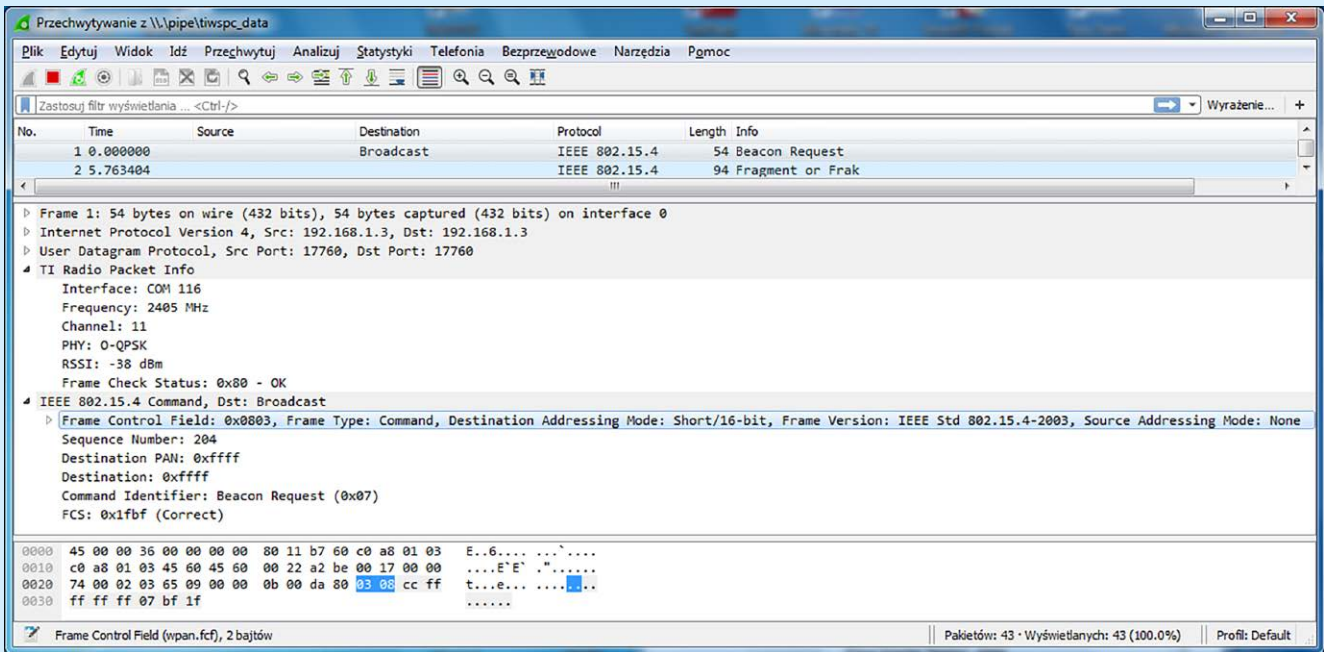
Do tworzenia sieci i prowadzenia analizy ruchu radiowego zostały wykorzystane moduły CC1350 LaunchPad:

- Sensor – z projektem Sensor z pakietu SimpleLink CC13x0 SDK 1.60.00.21 [9]
- Collector – LaunchPad z projektem Collector z pakietu SimpleLink CC13x0 SDK 1.60.00.21 [9]
- Sniffer – LaunchPad z plikiem \cc13x0lp\15.4g\sniffer\_fw\_gfsk\_50kbps\_868\_915.hex z pakietu SmartRF Packet Sniffer 2 v1.3.0 [8]

Moduły zostały zaprogramowane w sposób opisany powyżej. Na **rysunku 21** pokazany jest przykład tworzenia sieci komunikacyjnej PAN przez dwa węzły: Sensor (0x0001) oraz Collector (0xaabb). Sieć pracuje z protokołem TI 802.15.4.ge w kanale 11 (865.325 MHz) z parametrami 50 Kbps GFSK. Na zgłoszenie węzła Sensor odpowiada węzeł Collector przesyłając dane konfiguracyjne. Węzeł Sensor potwierdza otrzymanie parametrów i dołączenie do sieci. Następnie cyklicznie przesyła dane.



**Rysunek 22.** Okno aplikacji Uniflash po weryfikacji zaprogramowania układu scalonego CC2652R1F.



**Rysunek 23.** Pakiety rozgłaszania wysłane przez moduł Sensor

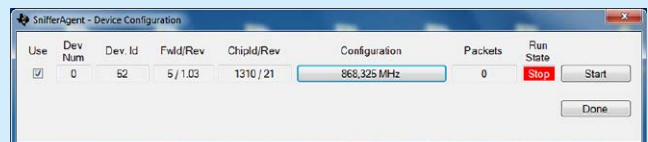
### Podglądanie sieci radiowej PAN z protokołem IEEE 802.15.4 w paśmie 2.4 GHz

Dla procesorów komunikacyjnych rodziny CC26x2 przeznaczony jest pakiet programowy SimpleLink CC26x2 SW Development Kit including Thread stack 1.60.00.43 [11].

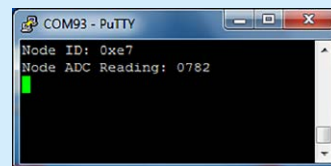
W pakiecie SDK udostępnione są projekty: Collector, Sensor i Coprocessor. Umożliwiają one utworzenie bezprzewodowej sieci PAN (Personal Area Network) w paśmie ISM 2.4 GHz [S13].

Do tworzenia sieci i prowadzenia analizy ruchu radiowego zostały wykorzystane moduły CC2652R1 LaunchPad:

- Sensor – z projektem Sensor z pakietu SimpleLink CC26x2 SDK 1.60.00.43 [11]



**Rysunek 24.** Ustawione parametry dla pracy na częstotliwości 868.325MHz.



**Rysunek 25.** Odczyt danych w module Node.



