

connectBlue®
The strongest connection in a wireless world

Wykorzystanie technologii Bluetooth w surowych warunkach środowiskowych

W aplikacjach komunikacji bezprzewodowej, pracujących w trudnych warunkach środowiskowych w przemyśle lub medycynie, niezawodność działania, pewność i zdolność do współdziałania takich urządzeń z innymi urządzeniami wchodzącymi w skład dużych systemów jest kluczowym czynnikiem przesądającym o możliwości ich zastosowania.

Przykładowo aplikacje, których działanie z punktu widzenia całego systemu nie jest postrzegane jako krytyczne, zawierają często interfejs Bluetooth, za pomocą którego można okresowo dokonywać zmian w konfiguracji lub realizować obsługę techniczną, np. odczytywać logi. Z kolei bardziej wymagające urządzenia za pomocą takiego łącza bezprzewodowego realizują ciągłą transmisję danych na temat bieżącej akcji i danych procesowych do systemu nadrzędnego. W takich przypadkach pewność działania interfejsu bezprzewodowego staje się jednym z najważniejszych parametrów dla utrzymania działania w czasie rzeczywistym.

Jednym z czynników wpływających na niezawodność są możliwe interferencje łącza radiowego z innymi standardami. Dla Bluetooth zagrożenia kryją się w Wireless LAN (WLAN) IEEE 802.11 b, g, n oraz innych urządzeń przemysłowych, np. suszarek mikrofalowych i innego sprzętu pracującego w paśmie 2,4 GHz. Stąd w Bluetooth pojawiło się szereg rozwiązań wspomagających niezawodność transmisji.

Architektura Bluetooth i niezawodność

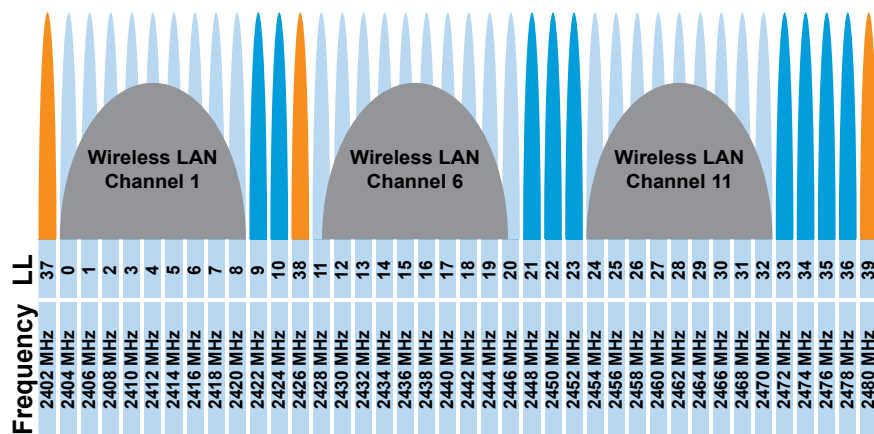
Klasyczna sieć komunikacyjna bazująca na Bluetooth (piconet) zawiera jeden układ typu master i szereg układów typu klient, niemniej urządzenia mogą za-

mieniać się tymi rolami. Pierwsza możliwość zakłócenia komunikacji może pojawić się, gdy urządzenie Bluetooth rozpocznie proces wykrywania dostępnych usług lub zestawiać połączenie, co może zaburzyć komunikację pomiędzy innymi węzłami sieci.

Z kolei w Bluetooth Low Energy urządzenia typu klient (których notabene jest zwykle więcej niż w tradycyjnej wersji tego interfejsu) przez większą część czasu działania pozostają uśpione i jedynie sygnalizują swoją obecność. Stąd urządzenie master okresowo skanuje widmo, wyszukując uśpione elementy sieci i ewentualnie inicjuje połączenie. W odróżnieniu od tradycyjnego interfejsu Bluetooth skanowanie nie jest źródłem zakłóceń, ponieważ polega ono na „słuchaniu” tego, co dzieje się w eterze.

FH-CDMA i AFH

W tradycyjnym interfejsie Bluetooth interfejs radiowy działający w paśmie 2,4 GHz podzielony został na 79 kanałów po 1 MHz i co 625 μs urządzenie przełącza się na inny kanał zgodnie z techniką frequency-hopping. Bluetooth Low Energy korzysta z 40 kanałów o szerokości 2 MHz z tą samą częstotliwością przeskoków. Każda para urządzeń korzysta z własnego schematu skoków ustalanego podczas inicjowania połączenia, tak aby zminimali-



Rys. 1. Zestawienie częstotliwości pracy Bluetooth Low Energy i Wireless LAN

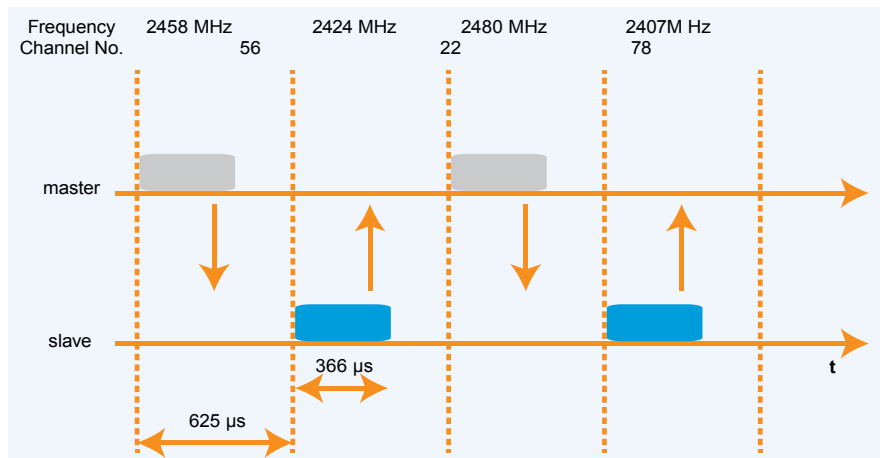
zować liczbę konfliktów w ramach systemu Bluetooth i z innymi systemami komunikacji radiowej. Duża liczba kanałów o niewielkiej szerokości pasma sprzyja niezawodnej komunikacji.

W obu wersjach Bluetooth podczas zmiany kanałów wykorzystywana jest technika Adaptive Frequency Hopping (AFH), która wykrywa potencjalne interferencje w komunikacji na przykład z WLAN i automatycznie oznacza kanały, na których trwa komunikacja, jako zajęte i wyłącza je z katalogu dostępnych częstotliwości podczas przeskoków. Lista zajętych kanałów jest uaktualniana po to, aby elastycznie reagować na krótkotrwałe zakłócenia. Możliwe jest także zaprogramowanie kanałów, które nie powinny być używane, co wykorzystuje się w sytuacji, gdy Bluetooth musi współdziałać z innym znanym systemem komunikacji i źródła potencjalnych konfliktów w kanałach radiowych można z góry przewidzieć. Najczęściej chodzi o bezproblemowe działanie Bluetooth z WLAN w standardach 802.11 b i g – na rysunku 1 pokazano rozkład kanałów wykorzystywanych przez oba te systemy; 40 kanałów Bluetooth LE łączy się w jednym systemie z trzema kanałami WLAN. Dlatego kanały Bluetooth odpowiedzialne za inicjację połączenia (w kolorze pomarańczowym na rysunku) zostały tak ustalone, aby uniknąć kolizji.

Korekcja błędów, powtórki pakietów

Tradycyjny Bluetooth wspiera technikę Forward Error Correction (FEC) i realizuje retransmisję pakietów. Stosowane są dwie techniki kodowania FEC – tzw. 1/3 i 2/3. Pierwsza jest wykorzystywana do nagłówków pakietów, a druga do danych i realizowana na żądanie. Różnica pomiędzy nimi sprowadza się do możliwości korekcji błędów, 1/3 jest w stanie poprawić jeden błąd jednobitowy, 2/3 – dwa takie błędy w transmisji.

Gdy liczba błędów przekracza możliwości automatycznego ich poprawienia przez FEC, wymuszana jest retransmisja pakietów – Automatic Repeat Request (ARQ). Poprzez porównanie danych zawartych w pakiecie ze znajdującą się na końcu sumą kontrolną CRC określa się, czy pakiet zawiera błędy. Dodatkowo za pomocą bitów ACK/NAK (Acknowledged/ Not Acknowledged) sygnalizuje się status poprzednio odebranych pakietów, przez co retransmisji podlegają tylko utracone



Rys. 3.

lub opisane jako NAK. Procedura ta zapewnia bezpieczeństwo i integralność przesyłanych danych.

Tradycyjny Bluetooth wspiera zarówno pakiety z FEC, jak i bez tej techniki korekcji błędów. Możliwe jest skonfigurowanie łączności, aby wymusić korzystanie z FEC. Z kolei liczba retransmitowanych pakietów jest zwykle powiązana z ich długością, w środowiskach z silnymi zaburzeniami elektromagnetycznymi krótsze pakiety zapewniają mniej retransmisji.

Wskaźnik siły sygnału RSSI i klasy mocy nadajnika

Wskaźnik siły odbieranego sygnału RSSI (Received Signal Strength Indicator) jest podstawą działania układu regulacji mocy nadawania w kanale radiowym w klasycznej wersji interfejsu, gdzie moc wyjściowa sięga 20 dBm, czyli 100 mW. W Bluetooth LE maksymalna moc nadawania wynosi 10 dBm (10 mW) i RSSI jest opcjonalny. Działanie układu regulacji mocy ma korzystny wpływ na niezawodność transmisji, gdyż nadajnik, który działa stale ze zbyt dużą mocą, może prowadzić w innym urządzeniu do wzrostu błędów na skutek przesterowania i intermodulacji.

Warto zauważyć, że tradycyjny Bluetooth występuje w kilku klasach mocy wyjściowej. Najwyższa „1” ma nadajnik 100 mW (20 dBm), co zapewnia komunikację na dystansie do 1 kilometra. Gdy warunki w eterze są dobre, jest ona zredukowana do minimalnego poziomu niepowodującego błędów. Niemniej połączenie nadajnika o dużej mocy z czułym odbiornikiem i dobrą anteną jest podstawą w warunkach przemysłowych.

W wersji Low Energy maksymalna moc nadajnika jest dziesięciokrotnie niższa, ale nie przeszkadza to w zapewnieniu stabilnej łączności na dystansie do 75 metrów.

Koegzystencja z innymi sieciami radiowymi

Bluetooth pracuje w nielicencjonowanym paśmie ISM 2,4 GHz, z którego korzysta wiele innych sieci radiowych i nadajników. Najwięcej w eterze jest sieci WLAN, które wykorzystywane są do komunikacji pomiędzy komputerami. Istnieje wiele szczegółowych opracowań poruszających tę tematykę zarówno od strony wpływu WLAN na Bluetooth, jak i odwrotnej. Większość wniosków podkreśla znaczenie, jakie dla jakości komunikacji w Bluetooth przy istnieniu obok



Rys. 2. Produkty ConnectBlue przeznaczone do pracy w trudnych warunkach przemysłowych: Bluetooth Access Point RBE221 i Low Energy Serial Port Modules OLS425/OLS426

sieci WLAN ma odległość pomiędzy poszczególnymi węzłami. Gdy odległość dla węzłów sieci Bluetooth wynosi 1,5 metra, prawdopodobieństwo 10-procentowej redukcji przepustowości transmisji jest mniejsze niż 1,5%. W analogicznych warunkach na dystansie 10 metrów prawdopodobieństwo to wzrasta do 10%.

Patrząc na wykorzystywane w transmisji częstotliwości, można stwierdzić, że jedynie 17 kanałów Bluetooth pokrywa się z WLAN 802.11 b, co oznacza, że maksymalna możliwa redukcja przepustowości wynosi 17/79, a więc 22% i prawdopodobieństwo zajścia takiego zdarzenia jest niewielkie. Co więcej, coraz liczniej sieci WLAN przenoszą się do pasma 5 GHz (standard 802.11 a), przez co scenariusz taki, że w przyszłości warunki komunikacji w paśmie 2,4 GHz będą się pogarszać, wydaje się też mało prawdopodobny.

Inne potencjalne źródła interferencji

Każdy nadajnik radiowy działający w paśmie 2,4 GHz może stać się przy-

czyną zakłóceń transmisji. Dotyczy to zwłaszcza źródeł dużej mocy i o niestabilizowanej częstotliwości pracy, np. kuchenki mikrofalowe. Zagadnienie to było badane i w dostępnych publikacjach stwierdza się, że zakłócenia mogą wystąpić tylko w niewielkiej odległości od takich źródeł.

Moduły komunikacyjne o wysokiej niezawodności

Do zastosowań o wysokiej niezawodności komunikacji firma ConnectBlue produkuje wiele modułów, w których zaimplementowano funkcje użytkowe umożliwiające optymalizację działania pod kątem niezawodności i interoperacyjności.

Wprawdzie specyfikacja Bluetooth zawiera szereg mechanizmów ułatwiających współegzystencję z sieciami WLAN, niemniej w przemyśle oczekuje się, że także Bluetooth nie stanie się źródłem zakłóceń dla WLAN w czasie wyszukiwania odbiorników lub zestawiania połączenia, gdy nieaktywna jest funkcja AFH. Aby zapobiec ta-

kim zjawiskom opracowano technologię ConnectBlue Low Emission Mode, która kontroluje proces i czas trwania wyszukiwania odbiorników i nawiązywania łączności, tak aby zminimalizować niekorzystny wpływ na inne sieci bezprzewodowe w tym czasie.

Inną funkcją przydatną do takich zastosowań jest ConnectBlue Operating Modes, która pozwala użytkownikowi modułu ustawiać przygotowane przez producenta presety konfiguracyjne zorientowane np. na minimalizację opóźnień w transmisji lub dużą wydajność. W zależności od trybu wybierane są długości pakietów, korekcja błędów, regulacja mocy i inne ważne szczegóły.

Mats Andersson, ConnectBlue

Dane kontaktowe

SE Spezial Electronic Sp. z o.o.

ul. Stępińska 22/30 lok. 209

00-739 Warszawa, tel. 22 840 91 10

faks 22 841 20 10, info@spezial.pl



Prenumerata cyfrowa

- > Skorzystaj z nowych możliwości dostępu do informacji branżowej i zaprenumeruj cyfrową wersję magazynu „Elektronik”
- > Wydanie cyfrowe jest BEZPŁATNE, a prenumerata cyfrowa nie kończy wysyłania tradycyjnej wersji papierowej magazynu
- > Jest to też szansa na doprowadzenie do porządku swojego archiwum czasopism, gdyż na dysku zmieszczą się wszystkie wydania
- > Aby skorzystać z bezpłatnej prenumeraty, wystarczy wypełnić formularz na stronie www.elektronikaB2B.pl/prenumerata
- > Następnie raz w miesiącu będziesz otrzymywał e-mailem unikalny link do pliku PDF zawierającego kompletne i pełne wydanie, identyczne jak papierowe, ale z możliwością wyszukiwania informacji i zapisania pliku na dysku