

Bluetooth

Bezprzewodowa transmisja danych na niewielkie odległości, część 1

W 1994 roku szwedzki koncern telekomunikacyjny Ericsson rozpoczął prace badawcze nad „komputerowym interfejsem wykorzystującym fale radiowe”. Projekt ten na cześć Haralda I Sinozębego (syn króla Gnome i królowej Thyre, urodzony w 908 roku w Danii) nazwano Bluetooth. Harald I był wielkim wojownikiem, który w 970 roku podbił całą Norwegię. Wikingowie nazywali Haralda BłaTan - Bła oznacza siny, ciemnoskóry (od jego ciemnej karnacji), a Tan - wielki Pan. Tonn w ich języku oznaczał ząb, stąd zapewne przekłamanie i angielska nazwa Harald I Bluetooth.

Tyle historii, przechodzimy do współczesności. W 1997 roku do Ericssona dołączyły inne wielkie koncerny, jak Lucent, Motorola, Microsoft, 3COM, tworząc tzw. SIG (*Special Interest Group*). Opracowany przez nich interfejs miał być tani, a technologia udostępniana bez opłat patentowych firmom, które będą przystępować do SIG. Pierwsze prototypowe urządzenie wykorzystujące Bluetooth powstało w roku 1999. Była to słynna bezprzewodowa słuchawka Ericssona do telefonu komórkowego (jej nowszą wersję pokazujemy na fot. 1).



Fot. 1

Z interfejsem Bluetooth użytkownicy osuwają się wolniej niż z interfejsem USB. Jednak obydwa nie mają zbyt łatwej drogi, głównie ze względu na swoje skomplikowanie, które zmusza konstruktorów i użytkowników do studiowania ich bardzo obszernych norm. Stan ten uległ pewnej poprawie wraz z pojawieniem się kompletnych modułów Bluetooth, ale jak wskazuje praktyka, jest to poprawa tylko częściowa.

Niestety, przez długi czas było to jedyne działające i istniejące urządzenie wykorzystujące tę technologię. Znakomita większość opisywanych urządzeń stanowiła tylko marketingowy szum lub pobożne życzenia. Firmom brakowało ludzi, którzy potrafiliby przedrzeć się przez obszerną dokumentację standardu oraz zająć się tworzeniem oprogramowania. Jeszcze w zeszłym roku istniały ogromne trudności ze znalezieniem producenta - sprzedawcy samych modułów lub chipów do BT (fot. 2) - pomimo deklarowania dostępności tych układów w ofertach także największych firm półprzewodnikowych.

Krótki opis techniczny

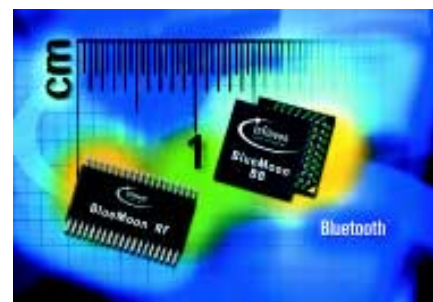
Moduł BT to z założenia mały element - najmniejsze z nich mają powierzchnię 1 cm² (wygląd przykładowych modułów BT pokazano na fot. 3 i 4) - pobierający niewiele prądu, mający niewielki zasięg i odporny na zakłócenia. Układy interfejsów pracują w paśmie 2,4 GHz, dzięki czemu do korzystania z nich nie jest potrzebna licencja. Kanał radiowy BT zajmuje pasmo o szerokości ok. 85 MHz. Ze względu na duży poziom zakłóceń elektromagnetycznych występujących w otoczeniu, urządzenia BT zostały wyposażone w specjalne mechanizmy obrony przed nimi. Są to między innymi pseudolosowa zmiana częstotliwości pracy, która odbywa

się aż 1600 razy na sekundę (FH od *Frequency Hopping*) oraz trzy metody korekcji błędów:

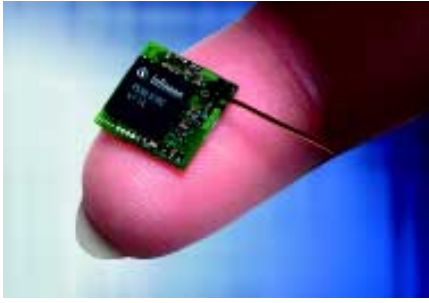
- nadmiarowe zabezpieczenie typu FEC (*Forward Error Correction*) o współczynniku 1/3,
- nadmiarowe zabezpieczenie typu FEC o współczynniku 2/3,
- zabezpieczenie typu ARQ (*Automatic Repeat Request*).

Niestety, często okazywało się, że pomimo zastosowania w modułach BT skomplikowanych technik zabezpieczających, ich pracę skutecznie potrafiła zakłócić np. pracująca obok kuchenka mikrofalowa.

Nadajniki w systemie BT dysponują niewielką mocą: w klasie A maksymalna dopuszczalna moc ma wartość 10 mW, co teoretycznie zapewnia zasięg ok. 10 metrów. W klasie B maksymalna dopuszczalna moc wynosi już 100 mW, co pozwala oczekiwać zasięgu do 100 metrów. Maksymalna prędkość z jaką możemy prze-



Fot. 2



Fot. 3

śląc dane wynosi 1 Mbd. Nie jest ona równoznaczna z prędkością wymiany danych, ponieważ składają się na nią:

- potrójne, równoległe synchroniczne kanały po 64 kbd, każdy do przesyłania mowy.
- kanał synchroniczny po 432,6 kbd w obie strony albo
- kanał asynchroniczny 721 kbd i 57,6 kbd w jedną stronę.

Dodatkowo, dane przesyłane drogą radiową mogą być zaszyfrowane za pomocą 128 bitowych kluczy. Niestety, moduły i urządzenia, które wykorzystywałem w swoich opracowaniach, po przełączeniu w ten tryb zachowywały się bardzo niestabilnie. Podczas transmisji głosu lub danych wielokrotnie dochodziło do zrywania połączenia i znacząco zmniejszał się transfer. Prawdopodobnie proces szyfrowania połączenia zabierał zbyt wiele mocy obliczeniowej procesorowi sterującemu BT.

Układy modułów BT posiadają jeszcze jedną interesującą możliwość, po-



Fot. 4

trafią bowiem stworzyć mikrosieć, tzw. PicoNet. W PicoNecie może być maksymalnie 8 urządzeń BT, w tym 7 podrzędnych oraz jedno zarządzające. I tu niestety kolejne rozczarowanie: wiele z testowanych modułów BT nie potrafiło utworzyć PicoNetu.

Również wiele obecnie dostępnych urządzeń tego nie potrafi lub potrafi stworzyć sieć PicoNet tylko z dwoma lub trzema urządzeniami.

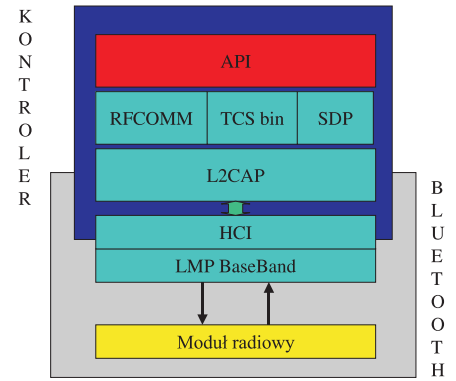
Profile, warstwy, o co w tym wszystkim chodzi?

Jak fizycznie komunikować się z modulem BT? Można to zrobić dwoma sposobami. W pierwszym można wykorzystać standardowe złącze RS232, ale wtedy musimy się liczyć z tym, że nie będziemy mogli przesyłać danych szybciej niż 115 kbd oraz że wiele modułów nie obsługuje strumienia mowy przez to złącze (oczywiście działa osobne wyjście PCM).

W drugim sposobie wykorzystuje się łącze USB. Aby przesłać nasze dane do/z Bluetootha oraz nim sterować, musimy skorzystać z protokołu HCI (*Host Controller Interface*). Jest to najniższa dostępna dla użytkownika warstwa (rys. 5).

W ramach protokołu HCI są umieszczane ramki warstwy L2CAP (*Logical Link Control And Adaptation Protocol*). Warstwa ta jest odpowiedzialna za komunikację na wielu kanałach, współdzielenie łącza, transmitowanie przez wyższe warstwy swoich porcji danych (maks. 64 kB). Warstwy HCI i L2CAP muszą być zaimplementowane w module BT oraz podłączonym do niego mikrokontrolerze. Natomiast wyższe warstwy (oparte na L2CAP) są zaimplementowane w oprogramowaniu mikrokontrolera. Kolejne warstwy: RFCOMM, TCS, SDP są w zasadzie sobie równoważne pod względem miejsca w tzw. stosie BT.

Warstwa RFCOMM (moim zdaniem najtrudniejsza do zrozumienia, wymaga wcześniejszego przeczytania i opanowania normy ETSI TS 07.10)



Rys. 5

jest odpowiedzialna za tworzenie wirtualnych łączy szeregowych (RS232). Maksymalnie może być ich 60. Większość aplikacji używa warstwy RFCOMM do przesyłania danych.

Warstwa SDP (*Service Discovery Protocol*) pozwala na identyfikację drugiej strony (klient) lub udzielenie informacji o sobie (serwer). Upraszczając - moduł BT dzięki SDP może wykryć np. wszystkie słuchawki bezprzewodowe w swoim otoczeniu lub informować inne urządzenia, że jest drukarka laserowa.

Oprócz wyżej wymienionych warstw istnieją tzw. profile. Profile są, krótko mówiąc, aplikacjami, kawałkami programów, które komunikując się poprzez warstwy (korzystając z RFCOMM do utworzenia wirtualnego łącza RS232 - umożliwiają np. dostęp do Internetu poprzez łącze bezprzewodowe), dają możliwość korzystania z FTP, WAP, słuchawki bezprzewodowej. W zasadzie każda funkcja BT (na poziomie użytkownika) jest opisywana i standaryzowana za pomocą profili.

Henryk Nowak

Dodatkowe informacje

Dodatkowe informacje są dostępne na płycie CD-EP12/2002B oraz w Internecie pod adresami:

- http://www.bluetooth.com/pdf/Bluetooth_11_Specifications_Book.pdf,
- http://www.bluetooth.com/pdf/Bluetooth_11_Profiles_Book.pdf,
- <http://www.bluetooth.prv.pl>.