

Bartłomiej ZIELIŃSKI, Krzysztof TOKARZ
Politechnika Śląska, Instytut Informatyki

TRANSMISJA BEZPRZEWODOWA W SYSTEMIE BLUETOOTH

Streszczenie. Opisano podstawowe właściwości systemu Bluetooth. Pokazano architekturę systemu, topologię sieci, parametry łącza radiowego i elementy podstawowych protokołów. Omówiono przykładowe zastosowania systemu oraz porównano go z podobnym systemem IrDA.

WIRELESS TRANSMISSION USING BLUETOOTH SYSTEM

Summary. Basic properties of Bluetooth system have been described. System architecture, network topology, radio link parameters and basic protocols elements have been shown. Examples of applications and a comparison to a similar IrDA system have been described.

1. Wprowadzenie

Jednym z możliwych zastosowań bezprzewodowej transmisji danych jest zapewnienie łączności pomiędzy urządzeniami biurowymi, takimi jak komputer osobisty, komputer przenośny i drukarka [1]. Oczywiście urządzenia te, ze względu na mały zasięg transmisji, można także połączyć przewodowo, ale w przypadku częstego ich łączenia i rozłączania jest to niewygodne. Spostrzeżenie to legło u podstaw systemu IrDA [1, 2], zapewniającemu łączność w podczerwieni na odległość około 1 m z prędkościami od 2.4 kb/s do 4 Mb/s. System ten został następnie rozwinięty tak, aby możliwe było zastosowanie go do transmisji informacji multimedialnej [3]. Ostatnio stworzono także konkurencyjny system transmisji radiowej – Bluetooth.

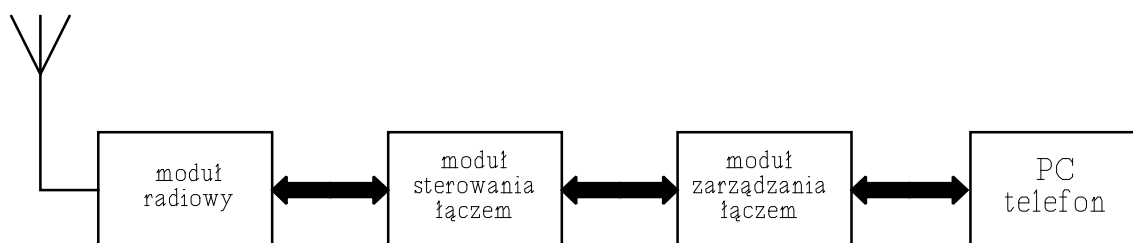
System Bluetooth został opracowany przez grupę Bluetooth Special Interest Group, powstałą z inicjatywy firm Ericsson, IBM, Intel, Nokia i Toshiba. Obowiązująca obecnie

pierwsza wersja systemu (1.0) powstała w połowie 1999 roku, a jego przeznaczeniem jest zapewnienie bezprzewodowej łączności między urządzeniami komputerowymi i telekomunikacyjnymi, jak np. komputery stacjonarne i przenośne, drukarki, telefony czy faksy. Łącze zgodne z Bluetooth cechuje się bliskim zasięgiem i niską ceną.

Specyfikacja systemu Bluetooth obejmuje [1, 4]:

- parametry modułu radiowego,
- funkcje sterownika łącza,
- procedury zarządzania łączem,
- funkcje oprogramowania.

Struktura stacji systemu pokazana jest na rys. 1.



Rys. 1. Struktura stacji systemu Bluetooth

Fig. 1. Bluetooth station structure

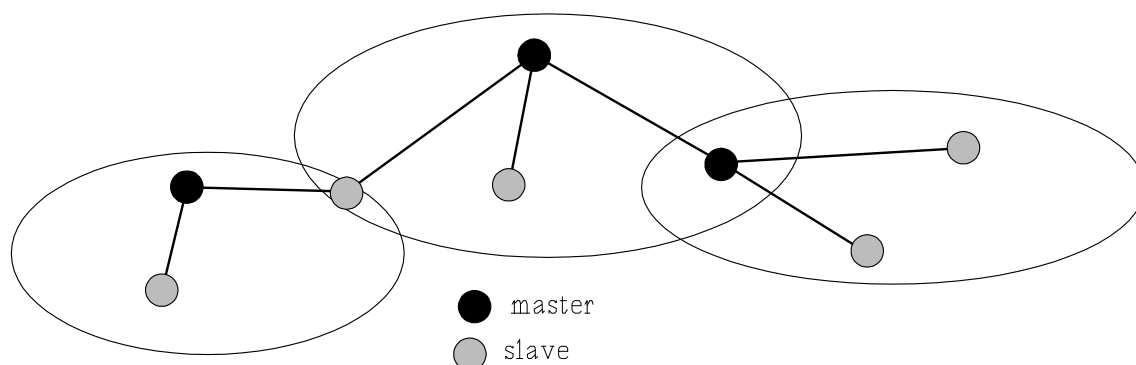
2. Topologia sieci

W systemie Bluetooth możliwe jest utworzenie łącza dwu- lub wielopunktowego [5]. Co najmniej dwa urządzenia pracujące w tym samym kanale tworzą podsieć (ang. *piconet*). Jedno urządzenie w takiej podsieci pełni funkcję jednostki nadrzędnej (ang. *master*), pozostałe są urządzeniami podrzędnymi (ang. *slave*). Kilka podsieci działających na wspólnym obszarze tworzy sieć rozproszoną (ang. *scatternet*). W takiej sieci jednostki podrzędne mogą zmieniać podsieci, natomiast jednostka nadrzędna w jednej podsieci może być jednostką nadrzędną w innej. Poszczególne podsieci nie są ze sobą zsynchronizowane i pracują na różnych kanałach. Topologię sieci w systemie Bluetooth ilustruje rys. 2.

3. Architektura systemu Bluetooth

System Bluetooth ma budowę warstwową, w której można wyróżnić:

- specyfikację łącza radiowego (ang. *Radio Specification*),

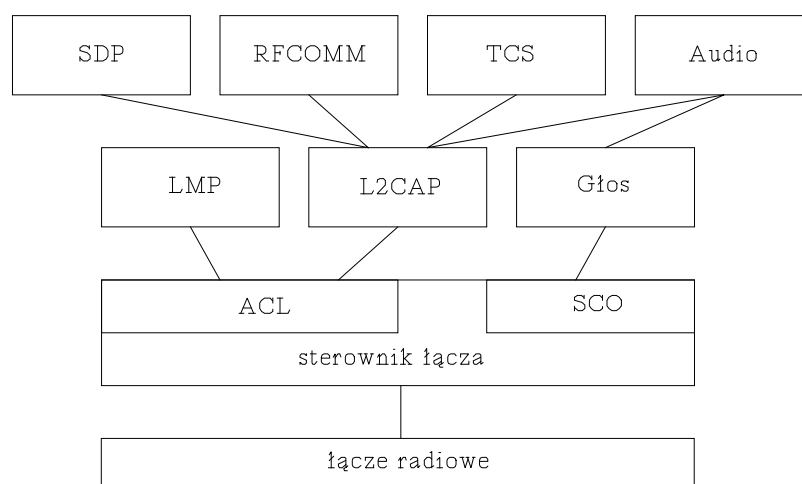


Rys. 2. Topologia sieci w systemie BlueTooth

Fig. 2. Network topology in BlueTooth system

- sterownik łącza (ang. *Baseband Specification*) i protokoły warstwy liniowej LMP i L2CAP,
- protokoły wyższych warstw.

Architekturę systemu ilustruje rys. 3.



Rys. 3. Architektura systemu BlueTooth

Fig. 3. BlueTooth system architecture

3.1. Łącze radiowe

Łącze radiowe w systemie BlueTooth wykorzystuje technologię widma rozproszonego metodą przeskoków częstotliwości (ang. *Frequency Hopping*) i pracuje w pasmie częstotliwości ISM 2.4-2.4835 GHz.

W systemie BlueTooth dostępne pasmo częstotliwości podzielone jest na kanały o szerokości 1 MHz, a na krańcach całego pasma stosuje się przedziały ochronne o szerokości kilku MHz. Liczba kanałów dostępnych do transmisji zależy od kraju i wynosi od 26 do 79.

Maksymalna moc nadajnika wynosi 100 mW. Typowy zasięg wynosi 10 m i ograniczony jest do jednego pomieszczenia, jednak można powiększyć zasięg do 100 m. Stosowana jest modulacja GFSK (ang. *Gaussian Frequency Shift Keying*) ze współczynnikiem BT=0.5. Prędkość transmisji wynosi 1 Mb/s.

3.2. Sterownik łącza

Zadaniem sterownika łącza jest realizacja protokołu warstwy liniowej i odpowiednie sterowanie pracą modułu radiowego. W warstwie tej wyróżnia się dwa protokoły:

- protokół zarządzania łączem LMP (ang. *Link Management Protocol*),
- protokół łącza logicznego L2CAP (ang. *Logical Link Control and Adaptation Layer Protocol*).

Kanał transmisyjny jest reprezentowany przez pseudolosową sekwencję przeskoków częstotliwości. Przeskok jest wykonywany 1600 razy na sekundę. Sekwencja określana jest na podstawie adresu stacji nadrzędnej w danej podsieci. Kanał podzielony jest czasowo na szczeliny o długości 625 ms. Stacje nadrzędne mogą nadawać tylko w szczelinach o numerach parzystych, stacje nadrzędne zaś – w nieparzystych. Uzyskuje się w ten sposób dwukierunkowość łącza (ang. *Time Division Duplex*). Transmisja ramki rozpoczyna się zawsze na początku szczeliny i może trwać co najwyżej przez 5 szczelin. W takim przypadku przeskoki częstotliwości są wstrzymywane tak, aby cała ramka była nadana na jednej częstotliwości.

W systemie Bluetooth można zestawić dwa rodzaje łączy między stacją nadrzędną i podrzędną:

- synchroniczne łącze połączeniowe,
- asynchroniczne łącze bezpołączeniowe.

3.2.1. Łącze synchroniczne SCO

Synchroniczne łącze połączeniowe SCO (ang. *Synchronous Connection-Oriented link*) jest symetrycznym łączem dwupunktowym między stacją nadrzędną a jedną stacją podrzędną w ramach podsieci. Łącze to wykorzystuje cykliczną rezerwację szczelin czasowych. Dzięki temu może ono służyć do transmisji informacji ograniczonej czasowo, np. głosu. Ramki przenoszące taką informację nie są retransmitowane, a prędkość transmisji wynosi 2×64 kb/s.

Możliwy jest także przesył łączy głosowy i danych. W takim przypadku transmisja części głosowej podlega innym regułom niż transmisja danych. W razie wystąpienia błędu możliwa jest bowiem retransmisja części danych, podczas gdy część głosowa nigdy nie jest nadawana

powtórnie. Prędkości transmisji wynoszą wówczas 2×64 kb/s dla głosu i 2×57.6 kb/s dla danych.

Stacja nadrzędna może obsługiwać co najwyżej trzy łącza SCO. Stacja podrzędna natomiast może obsłużyć albo trzy łącza od jednej stacji nadrzędnej, albo dwa łącza od różnych stacji.

Ponieważ do przesyłania mowy stosowane jest łącze o przepływności 64 kb/s, sygnały mowy mogą być kodowane metodą PCM. Alternatywnie można stosować metodę CSVD (ang. *Continuous Variable Slope Delta Modulation*).

3.2.2. Łącze asynchroniczne ACL

Asynchroniczne łącze bezpołączeniowe ACL (ang. *Asynchronous Connection-Less link*) jest łączem wielopunktowym i może być wykorzystane do transmisji między stacją nadrzędną a wszystkimi stacjami podrzędnymi w ramach podsięci. Łącze to wykorzystuje szczeliny czasowe nie zajęte przez łącza SCO i może obsłużyć zarówno ruch asynchroniczny, jak i izochroniczny. Ramki przekłamate mogą być retransmitowane. Łącze może pracować w trybie symetrycznym z prędkościami od 2×108.8 kb/s do 2×433.9 kb/s lub w trybie asymetrycznym od $108.8 + 108.8$ kb/s do $723.2 + 57.6$ kb/s. Między stacją nadrzędną a podrzędną można zestawić co najwyżej jedno łącze ACL.

3.3. Struktura i typy ramek

Wszystkie informacje w systemie Bluetooth są przesyłane w ramach. Każda ramka składa się z następujących elementów:

- kod dostępu (ang. *Access Code*) o długości 72 bitów, używany w celu synchronizacji i identyfikacji,
- nagłówek ramki (ang. *Header*) o długości 54 bitów, zawierający typ ramki, adres stacji, pola sterujące i 8-bitową sumę kontrolną,
- pole danych (ang. *Payload*¹) o długości $0 \div 2745$ bitów, zależne od typu łącza i ramki.

Nagłówek ramki chroniony jest 8-bitową sumą CRC. Wykrycie błędu w tym obszarze powoduje odrzucenie ramki. Dodatkowo jest on zabezpieczony kodem korekcyjnym $\frac{1}{3}$ FEC (ang. *Forward Error Correction*), w którym każdy bit przesyłany jest trzykrotnie. Pole danych niektórych typów ramek jest także chronione sumą CRC. Stosowane są także inne kody FEC. I tak kod $\frac{2}{3}$ FEC jest skróconym kodem Hamminga (15,10). Służy on do zabezpieczenia pola danych w niektórych typach ramek. Można też wykorzystać automatyczną

¹w dosłownym tłumaczeniu – ciężar użyteczny.

retransmisję ARQ (ang. *Automatic Repeat Request*), jednak nie stosuje się tej metody do zabezpieczenia nagłówka i informacji głosowej. Wykorzystanie kodów CRC i FEC jest różne dla poszczególnych typów ramek.

Ramki można podzielić na trzy grupy:

1. Ramki sterujące, wspólne dla obu typów łączy:
 - ID – zawiera kod dostępu i jest używana w procedurach nawiązania połączenia,
 - NULL – informuje nadajnik o stanie łącza i buforów odbiornika po odebraniu przezeń informacji,
 - POLL – służy do wywoływania stacji podrzędnych, które muszą odpowiedzieć nawet wówczas, gdy nie mają informacji do przesłania,
 - FHS – używana w celu ustalenia sekwencji przeskoków (ang. *Frequency Hop Synchronization*) w danej podsieci.
2. Ramki łącza synchronicznego SCO:
 - HV1 (ang. *High-quality Voice*) – zawiera 1.25 ms sygnału mowy przesyłanego z prędkością 64 kb/s i musi być przesyłana w co drugiej szczeliny czasowej,
 - HV2 – zawiera 2.5 ms sygnału mowy (przesył raz na cztery szczeliny),
 - HV3 – 3.75 ms sygnału mowy (przesył raz na sześć szczelin),
 - DV (ang. *Data-Voice*) – zawiera zakodowany sygnał mowy oraz dane; część danych może być retransmitowana, natomiast część głosowa – nie.
3. Ramki łącza asynchronicznego ACL:
 - DM_{*i*} (ang. *Data – Medium rate*) – ramki danych średniej szybkości, wypełniające *i* szczelin czasowych (*i*=1, 3, 5),
 - DH_{*i*} (ang. *Data – High rate*) – ramki danych dużej szybkości, wypełniające *i* szczelin czasowych (*i*=1, 3, 5),
 - AUX1 – podobna do DH1, lecz nie chroniona sumą CRC.

Zależnie od stosowanego typu ramki można uzyskać różne prędkości transmisji. Zestawienie parametrów ramek sterujących oraz ramek danych łączy ACL i SCO zebrano w tabeli 1.

3.4. Kanały logiczne

W systemie Bluetooth określono pięć kanałów logicznych:

- kanał sterujący LC (ang. *Link Control*), przesyłający informację sterującą dotyczącą retransmisji czy sterowania przepływem,
- kanał sterujący LM (ang. *Link Manager*), przesyłający informację między warstwami zarządzania łączem w stacjach nadrzędnych i podrzędnych,

Tabela 1

Zestawienie parametrów ramek w systemie Bluetooth

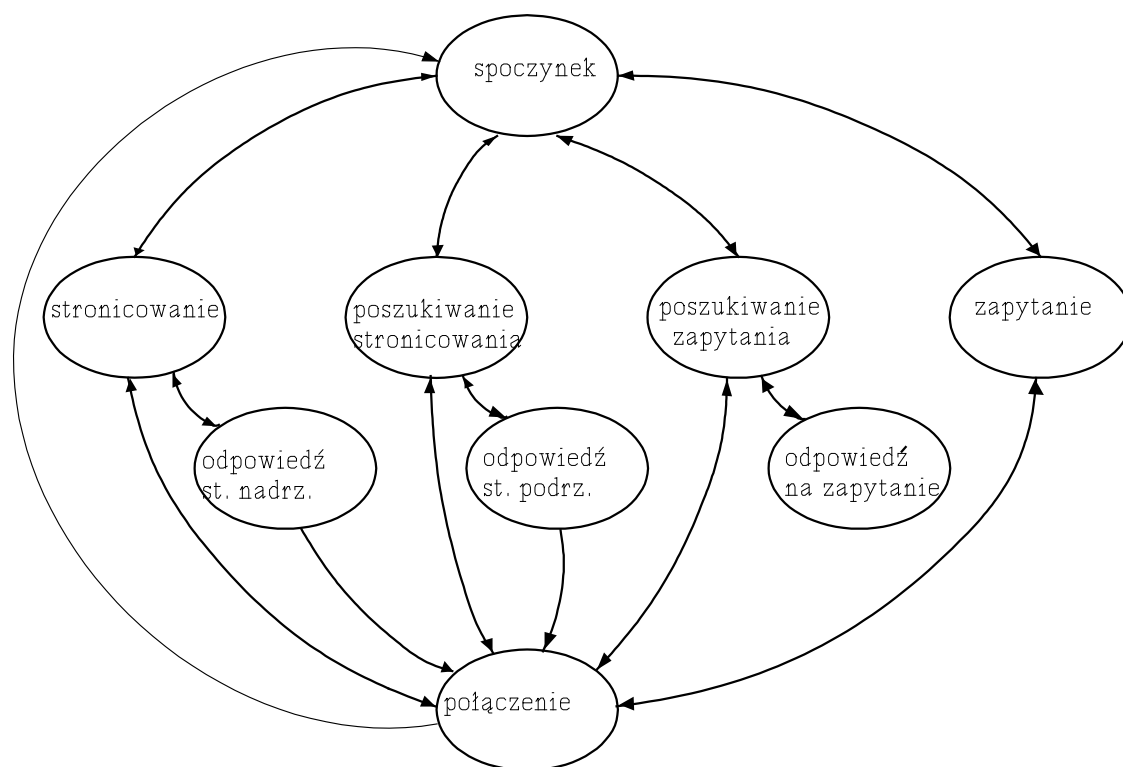
	Typ ramki	Pole danych [B]		Ochrona		Maks. prędkość [kb/s]		
		nagłówek	użytkownik	FEC	CRC	symetryczna	asymetryczna	
							wyjście	wejście
s t e r	ID	–	–	–	–	–	–	–
	NULL	–	–	–	–	–	–	–
	POLL	–	–	–	–	–	–	–
	FHS	–	18	$\frac{2}{3}$	tak	–	–	–
A C L	DM1	1	0 ÷ 17	$\frac{2}{3}$	tak	2×108.8	108.8	108.8
	DH1	1	0 ÷ 27	–	tak	2×172.8	172.8	172.8
	DM3	2	0 ÷ 121	$\frac{2}{3}$	tak	2×258.1	287.2	54.4
	DH3	2	0 ÷ 183	–	tak	2×390.4	585.6	86.4
	DM5	2	0 ÷ 224	$\frac{2}{3}$	tak	2×286.7	477.8	36.3
	DH5	2	0 ÷ 339	–	tak	2×433.9	723.2	57.6
	AUX1	1	0 ÷ 29	–	–	2×185.6	185.6	185.6
S C O	HV1	–	10	$\frac{1}{3}$	–	2×64.0	–	–
	HV2	–	20	$\frac{2}{3}$	–	2×64.0	–	–
	HV3	–	30	–	–	2×64.0	–	–
	DV	0	10	–	–	2×64.0	–	–
	(dane)	1	0 ÷ 9	$\frac{2}{3}$	tak	2×57.6	–	–

- kanał użytkownika UA (ang. *User Asynchronous data*), przenoszący asynchroniczne dane użytkownika protokołu L2CAP,
- kanał użytkownika UI (ang. *User Isochronous data*), przenoszący izochroniczne dane użytkownika,
- kanał użytkownika US (ang. *User Synchronous data*), służący przesyłowi informacji synchronicznej.

Kanał LC wykorzystuje nagłówki ramek, natomiast pozostałe kanały wykorzystują pole danych. Kanały LM, UA i UI na ogół używają ramek DM łącza ACL lub ramek DV łącza SCO. Kanał US może używać wyłącznie ramek łącza SCO.

3.5. Nawiązywanie i rozwiązywanie połączeń

Stacje systemu Bluetooth mogą znajdować się w stanie spoczynku (ang. *standby*) lub połączenia (ang. *connection*). Pozostałe stany są tymczasowe i służą do dołączenia nowych stacji do podsieci. Przed nawiązaniem połączenia w podsieci wszystkie urządzenia są w stanie spoczynku i prowadzą nasłuch łącza. Połączenie jest inicjowane przez urządzenie, które następnie staje się stacją nadrzędną. Do tego celu wykorzystuje się komunikaty stronicowania i zapytania (rys. 4). Stacja może także wyjść ze stanu oczekiwania, aby odpowiedzieć na komunikat stronicowania; po udzieleniu takiej odpowiedzi przechodzi ona do stanu połączenia jako stacja podrzędna.



Rys. 4. Graf stanów systemu Bluetooth

Fig. 4. State diagram of Bluetooth system

Stan zapytania (ang. *inquiry*) wykorzystywany jest podczas dołączania stacji, których adresy są początkowo nieznane. W tym stanie stacja zbiera adresy wszystkich stacji odpowiadających na zapytanie. Połączenie z którąś z "odnalezionych" w ten sposób stacji możliwe jest z użyciem komunikatu stronicowania (ang. *page*). Stan poszukiwania zapytania (ang. *inquiry scan*) przeznaczony jest dla stacji, które pozwalają na ich "odnalezienie". Z kolei stan poszukiwania stronicowania (ang. *page scan*) pozwala nawiązać połączenie ze stacją znajdującą się w tym stanie.

Jeżeli nie ma potrzeby przesyłu danych, stacja nadrzędna zleca stacjom podrzędnym przejście w tryb wstrzymywania (ang. *hold*). Transmisję można wznowić natychmiast po wyjściu stacji z tego trybu. Stacja może też być w stanie "węszczenia" (ang. *sniff*), w którym prowadzi nasłuch sieci ze zmniejszoną aktywnością oraz w stanie parkowania (ang. *park*), w którym w ogóle nie uczestniczy w wymianie danych.

Stan parkowania wykorzystuje się także i wtedy, gdy w podsieci znajduje się więcej niż 7 stacji podrzędnych (jest to maksymalna liczba aktywnych stacji podrzędnych w ramach podsieci). Wówczas przełączenie niektórych stacji podrzędnych w stan parkowania pozwala na dołączenie do podsieci dodatkowych stacji. Stacja w trybie parkowania dalej należy do podsieci i w dowolnym momencie może zostać uaktywniona (wyprowadzona z tego stanu) przez stację nadrzędną. Jeżeli liczba stacji aktywnych przed uaktywnieniem stacji wynosi 7, część stacji musi zostać "zaparkowana". Liczba stacji "zaparkowanych" w ramach podsieci nie jest ograniczona, natomiast całkowita liczba stacji podrzędnych zależy od używanego sposobu adresowania i może nawet przekroczyć 255.

3.6. Protokoły wyższych warstw

Wśród protokołów wyższych warstw wyróżnić można:

- protokół poszukiwania usług SDP (ang. *Service Discovery Protocol*),
- protokół emulacji łącza szeregowego RFCOMM,
- protokół sterowania telefonem TCS (ang. *Telephony Control Specification*),
- zagadnienia współpracy z protokołami IrDA i WAP.

Protokoły te wykorzystywane są w konkretnych aplikacjach, opisanych w ramach tzw. profili.

3.6.1. Protokół SDP

Protokół SDP zawiera procedury, dzięki którym każda stacja systemu Bluetooth (klient SDP) może uzyskać informację na temat usług udostępnianych przez inne stacje (serwery SDP). Serwer SDP udostępnia te informacje w postaci rekordów, z których każdy opisuje cechy jednej usługi. Skorzystanie z tych usług wymaga otwarcia dodatkowego połączenia między klientem a serwerem. W jednej stacji systemu Bluetooth może istnieć co najwyżej jeden serwer, a stacja pełniąca funkcje serwera może także być klientem innego serwera.

Protokół SDP nie zapewnia:

- udostępniania "odnalezionych" usług,
- informowania o pojawieniu się nowych serwerów w sieci,
- informowania o "zniknięciu" używanego serwera.

3.6.2. Protokół RFCOMM

Protokół RFCOMM jest prostym protokołem transportowym, zapewniającym emulację łącza szeregowego typu RS-232 z wykorzystaniem protokołu L2CAP. Protokół ten zawiera pewne elementy standardu ETSI TS 07.10 i umożliwia emulacją 9-przewodowego złącza RS-232. Maksymalna liczba równoległych połączeń wynosi 60, natomiast liczba połączeń wykorzystanych zależy od aplikacji.

3.6.3. Protokół TCS

Protokół TCS jest oparty o zalecenie ITU-T Q.931 i zawiera trzy części:

- protokół CC (ang. *Call Control*), odpowiedzialny za nawiązywanie i rozwiązywanie połączeń (transmisja głosu lub danych) między stacjami systemu Bluetooth,
- protokół GM (ang. *Group Management*), ułatwiający obsługę grup urządzeń,
- protokół CL (ang. *ConnectionLess TCL*), odpowiedzialny za sygnalizację nie związaną z trwającym połączeniem.

TCS umożliwia realizację połączeń:

- dwupunktowych (jeżeli znany jest adres docelowy konkretnego urządzenia) z wykorzystaniem połączeniowego kanału protokołu L2CAP,
- wielopunktowych (np. wywołanie wszystkich słuchawek domowego telefonu bezprzewodowego) z wykorzystaniem bezpołączeniowego kanału protokołu L2CAP.

4. Zastosowania systemu Bluetooth

System Bluetooth może być stosowany w wielu różnych aplikacjach telekomunikacyjnych, wymagających przesyłu danych lub głosu. W opisie systemu zdefiniowane są tzw. profile [6], które opisują procedury przewidziane dla poszczególnych zastosowań. Jako przykładowe można wymienić następujące zastosowania:

- w telefonii bezprzewodowej (ang. *Cordless Telephony Profile*), umożliwiające także realizację bezprzewodowego interkomu (ang. *Intercom Profile*),
- emulacja portu transmisji szeregowej (ang. *Serial Port Profile*),
- połączenie między zestawem słuchawkowym a telefonem komórkowym lub komputerem osobistym (ang. *Headset Profile*),
- połączenie między komputerem osobistym a modemem lub telefonem komórkowym (ang. *Dial-up Profile, Fax Profile*),
- dostęp do sieci lokalnej (ang. *LAN Access Profile*):

Wszystkie aplikacje korzystające z systemu Bluetooth muszą także zapewnić obsługę mechanizmów podstawowych, takich jak np. znajdowanie urządzeń i nawiązywanie między

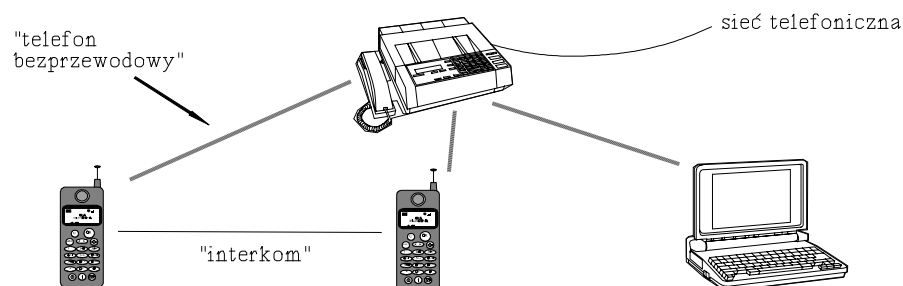
nimi połączeń (ang. *Generic Access Profile*) oraz pobieranie informacji o usługach dostępnych w innych urządzeniach (ang. *Service Discovery Application Profile*).

4.1. Telefonia bezprzewodowa

W profilu telefonii bezprzewodowej wyróżnia się bramę (ang. *gateway*) i terminale. Brama jest dołączona do sieci telefonicznej i pełni funkcję stacji bazowej, komunikującej się z terminalami za pośrednictwem systemu Bluetooth (rys. 5). Terminale powinny być dostosowane do transmisji mowy. Przykładem terminala może być:

- słuchawka pracująca tylko w systemie Bluetooth,
- telefon komórkowy z interfejsem Bluetooth,
- multimedialny komputer osobisty z interfejsem Bluetooth.

Bezpośrednia łączność między terminalami jest przewidziana w profilu interkomu.



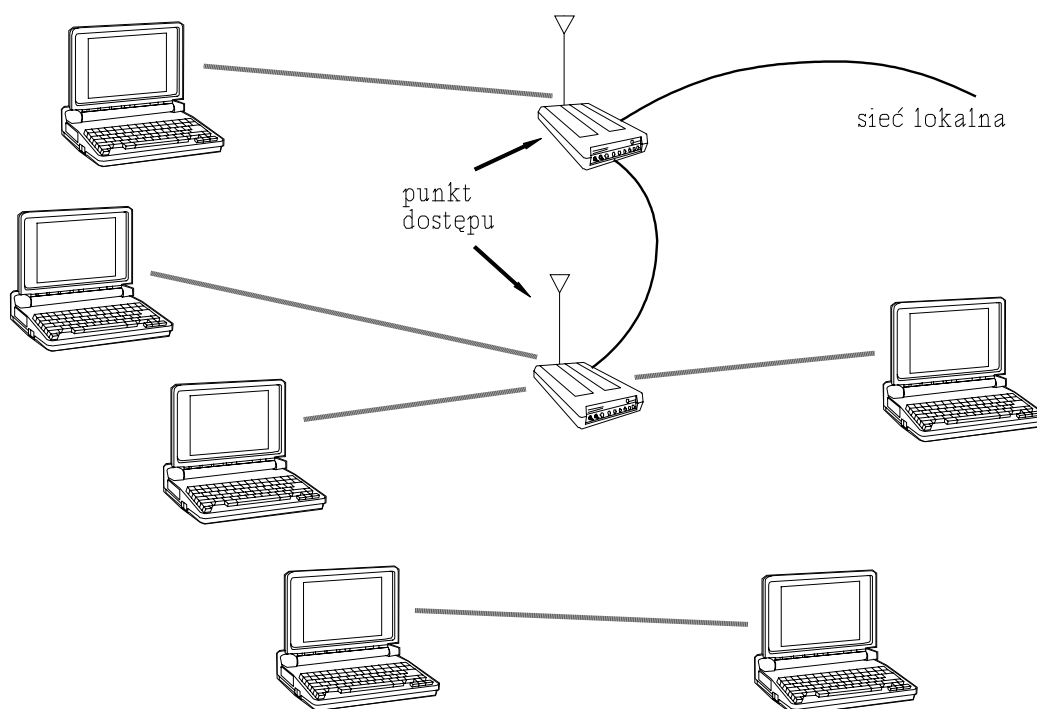
Rys. 5. Połączenia w ramach profilu telefonu bezprzewodowego i interkomu
Fig. 5. Connections in the cordless telephony and intercom profiles

4.2. Dostęp do sieci lokalnej

W systemie Bluetooth dostęp do sieci lokalnej możliwy jest na trzy sposoby (rys. 6). Pierwszy z nich przewiduje możliwość bezprzewodowego dołączenia stacji Bluetooth do sieci przewodowej za pośrednictwem punktu dostępu. Drugi sposób umożliwia analogiczne dołączenie wielu stacji. Trzeci sposób polega na utworzeniu sieci tymczasowej, nie zawierającej elementów przewodowych, zawierającej wyłącznie stacje pracujące w systemie Bluetooth.

4.3. Komputery w sieci Bluetooth

Komputery (osobiste lub przenośne) mogą być także wykorzystane w innych profilach (rys. 7). Przykładowo, profil łącza szeregowego umożliwia bezprzewodowe połączenie dwóch komputerów. Inny przykład to bezprzewodowe połączenie komputera modemem lub pełniącym jego funkcję telefonem komórkowym (profil faksowy oraz dial-up). Wreszcie



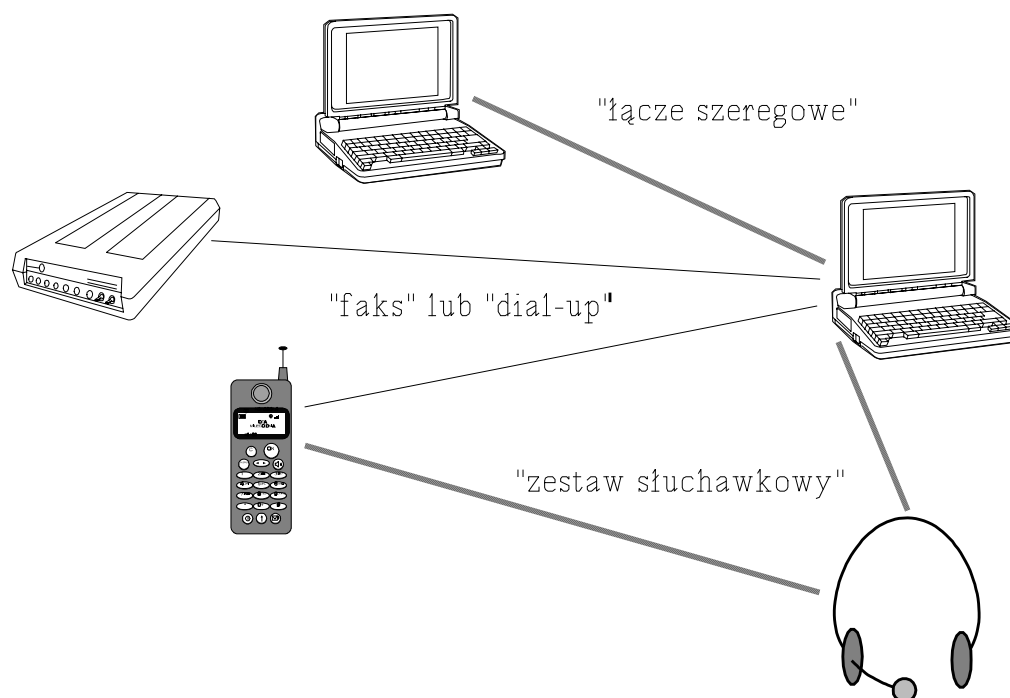
Rys. 6. Połączenia w ramach profilu dostępu do sieci lokalnej
 Fig. 6. Connections in the LAN access profile

komputer może pełnić funkcję tzw. bramy fonicznej (ang. *audio gateway*), posiadającej interfejs dźwiękowy w postaci zestawu słuchawkowo-mikrofonowego (ang. *headset*). Funkcje bramy fonicznej może pełnić także telefon komórkowy.

5. Porównanie systemów IrDA i Bluetooth

Systemy IrDA i Bluetooth mają podobne obszary zastosowań, powstaje więc pytanie, czy współistnienie obu jest uzasadnione. Ponieważ jednak w systemach tych stosowane są różne techniki przesyłu informacji, często może się okazać, że jeden z nich będzie lepiej pasował do danej aplikacji niż drugi. Największe różnice wynikają z natury fal radiowych i optycznych, jednakże stosowane protokoły również warunkują stosowalność systemów w określonych sytuacjach [7].

Przykładowo, przy wymianie elektronicznych wizytówek mały zasięg i kierunkowa charakterystyka nadajników systemu IrDA pozwala na realizację wielu nie zakłócających się wzajemnie połączeń równocześnie. Analogiczna czynność w systemie Bluetooth będzie przebiegała mniej sprawnie, ponieważ procedura wyszukiwania znajdzie wiele urządzeń, tak więc do realizacji wymiany danych potrzebne będzie zapewne jawne wskazanie odbiorcy informacji. Natomiast Bluetooth będzie lepiej działał w sieci, której stacje często zmieniają



Rys. 7. Połączenia w profilach łącza szeregowego, faksu i zestawu słuchawkowego
Fig. 7. Connections in the serial port, fax, dial-up and headset profiles

swoją lokalizację i mogą utracić wzajemną bezpośrednią widoczność.

W przypadku dostępu do przewodowej sieci lokalnej system Bluetooth pozwala na lepsze wykorzystanie medium bezprzewodowego ze względu na możliwość podłączenia kilku urządzeń na jednym łączu. Z drugiej jednak strony, IrDA pozwala na osiągnięcie większej prędkości transmisji (4 Mb/s, planowane 16 Mb/s wobec 1 Mb/s systemu Bluetooth).

Podczas przesyłania informacji głosowej Bluetooth pozwala na utworzenie trzech połączeń w ramach podsieci, natomiast IrDA – tylko jednego. Typowe zastosowanie systemu IrDA to telefon komórkowy połączony bezprzewodowo z samochodowym zestawem głośnomówiącym. W systemie Bluetooth natomiast można np. utworzyć podsieć, składającą się z trzech telefonów – konfiguracja taka jest przewidziana w ramach profilu interkomu.

Ze względu na kierunkową charakterystykę promieniowania optycznego i bardzo mały zasięg, w systemie IrDA przesyłane informacje nie są zabezpieczane przed podsłuchem. Natomiast system Bluetooth zapewnia zabezpieczenie informacji za pośrednictwem mechanizmów, zawartych w protokole łącza radiowego.

6. Podsumowanie

System Bluetooth jest stosunkowo nowy, tak więc na razie trudno oczekiwać wielu praktycznych zastosowań. Tym niemniej stanowi on podstawę nowego standardu bezprzewodowej sieci osobistej (WPAN, ang. *Wireless Personal Area Network*), opracowywanego przez IEEE w grupie roboczej 802.15 [8]. Fakt ten z pewnością wpłynie pozytywnie na popularność tego rozwiązania. Na marginesie warto dodać, że Wydział Informatyki AGH oraz Centrum Oprogramowania Motorola Polska w Krakowie utworzyły Laboratorium Zastosowań Sieciowych w technologii Bluetooth [9].

LITERATURA

1. Zieliński B.: Bezprzewodowe sieci komputerowe. Helion, Gliwice 2000.
2. Zieliński B., Tokarz K.: Transmisja bezprzewodowa w standardzie IrDA. ZN Pol. Śl. s. Informatyka z. 36, Gliwice 1999.
3. Tokarz K., Zieliński B.: Rozszerzenia multimedialne standardu IrDA. ZN Pol. Śl. s. Informatyka z. 36, Gliwice 1999.
4. Bluetooth Technology. http://www.bluetooth.net/tech_list.asp.
5. Specification of the Bluetooth System. Core.
http://www.bluetooth.com/developer/specification/core_10_b.pdf.
6. Specification of the Bluetooth System. Profiles.
http://www.bluetooth.com/developer/specification/profile_10_b.pdf.
7. Suvak D.: IrDA and Bluetooth: A Complementary Comparison. Extended Systems Inc. http://www.irda.org/design/ESIrDA_Bluetoothpaper.doc.
8. Zieliński K.: Architektury udostępniania wszechobecných usług sieciowych. Konferencja Multimedialne i Sieciowe Systemy Informacyjne, Wrocław 2000.
9. Motorola – wiadomości 2000. <http://www.motorola.pl/press/press2000.html>.

Recenzent: Dr inż. Ryszard Winiarczyk

Wpłynęło do Redakcji 8 marca 2001 r.

Abstract

Bluetooth is a new radio transmission system which allows transmission of data as well as voice information. Its definition comprises of radio link parameters, link controller functions, link management procedures and software functions. The structure of Bluetooth station is shown on Fig. 1.

In this system one can create two- or multipoint link. At least two devices working in the same channel form a piconet, where one device is master and others are slaves. Several piconets form a scatternet, where slaves can change piconets. The network topology is shown on Fig. 2, whereas overall system architecture is shown on Fig. 3.

The radio link in Bluetooth system works in 2.4 GHz ISM band using frequency Hopping spread spectrum. The band is divided into 79 channels of 1 MHz each. Maximum transmitted power equals to 100 mW which limits the range to $10 \div 100$ m.

The link controller comprises of two protocols: Link Management Protocol and Logical Link Control and Adaptation Layer Protocol. Two kinds of links can be established: Synchronous Connection-Oriented link for synchronous or time-bounded traffic (eg. voice), and Asynchronous Connection-Less link for data transmission. Transmission speeds are 2×64 kb/s for voice channel and up to 2×432.6 or $723.2 + 57.6$ kb/s for data channel. It is also possible to transmit data using SCO – the speed is 2×57.6 kb/s while voice is transmitted still at 64 kb/s in each direction.

There are several frame types, four of which are for control purposes and others contain data. The data frames depend on the link type. The frames differ among others in data space and error detection/correction techniques. Depending on the frame type used, various transmission speeds can be obtained as collected in Table 1.

Bluetooth stations can be in several states, two of which (Standby and Connection) states are the basic ones, whereas others are temporary and used to discover the stations and obtain connections. The state diagram is presented on Fig. 4.

Bluetooth can be used in many applications, described as profiles. Examples are: cordless telephony, intercom, serial port emulation, dial-up and LAN access. Although Bluetooth is a new system, it is the base for the new WPAN standard IEEE 802.15.