

MICHAŁ MAĆKOWSKI

POLITECHNIKA POZNAŃSKA
INSTYTUT ELEKTRONIKI I TELEKOMUNIKACJI

Bezprzewodowa transmisja danych pomiarowych w sieci GSM

Streszczenie

W artykule przedstawiono różne standardy transmisji danych w sieci telefonii komórkowej GSM. Przedstawiono możliwość wykorzystania usług transmisji danych, które są obecnie oferowane przez operatorów sieci komórkowych do transmisji wyników pomiarów w rozproszonych systemach pomiarowych. Opisano konfigurację przykładowego systemu pomiarowego wykorzystującego transmisję danych w sieci GSM opracowanego i wykonanego w Politechnice Poznańskiej.

Abstract

In this article some standards of data transmission using GSM mobile network was described. Possibility of using data transmission service offered by GSM providers for transmission of measurements data in distributed measuring system was shown. An application of measuring system with GSM transmission was presented. This system has been designed and developed in Poznan University of Technology.

WPROWADZENIE

Zastosowanie do transmisji danych pomiarowych telefonii komórkowej GSM stwarza nowe możliwości rozwiązań rozproszonych systemów pomiarowych i stanowią alternatywę dla innych systemów radiokomunikacyjnych stosowanych obecnie w telemetrii.

Rozproszone systemy pomiarowe, które do transmisji danych wykorzystują drogę radiową można zrealizować na dwa sposoby:

- przez stosowanie indywidualnie zestawianych licencjonowanych łączy radiowych, za pomocą radiomodemów,
- za pomocą sieci telefonii komórkowej GSM.

Każda z obu przedstawionych możliwości realizacji takiego systemu pomiarowego ma swoje istotne wady i zalety, które predysponują je do stosowania w różnych aplikacjach. Dlatego nie można jednoznacznie stwierdzić, który z nich jest lepszy od drugiego. Podstawową wadą transmisji danych przez radiomodemy jest wysoki nakład inwestycyjny związany z zakupem niezbędnych urządzeń, budową koniecznej infrastruktury oraz wykupienia licencji w Państwowej Agencji Radiokomunikacji. Kolejną wadą tego sposobu transmisji danych jest mniejszy potencjalny zasięg systemu (w porównaniu z GSM). Natomiast do najważniejszych zalet takiego sposobu transmisji danych jest niski koszt eksploatacji, który nie zależy od częstości i ilości transmitowanych danych. Do zalet tego rozwiązania możemy również zaliczyć brak zwłoki w transmisji danych, która występuje w systemach telefonii otwartej i wynika z przebiegu komutacji [4]. Sieć

GSM umożliwia zbudowanie systemu pomiarowego o wielkim zasięgu terytorialnym, pokrywający się z zasięgiem sieci GSM (np. Polska, Europa), ponadto koszty inwestycyjne związane z budową takiego systemu pomiarowego są znacznie niższe i sprowadzają się do zakupu odpowiednich aparatów GSM wraz z aktywacją u operatora sieci. Prędkość transmisji danych w sieci GSM jest znacznie większa niż przez radiomodemy i obecnie wynosi 28,8 kb/s (transmisja symetryczna), a stały rozwój usług w sieciach GSM pozwala na ciągłe zwiększenie maksymalnej prędkości transmisji. Wadą takiego systemu pomiarowego są dużo większe koszty związane z transmisją danych.

STANDARDY TRANSMISJI DANYCH W SIECIACH GSM

Cyfrowy system telefonii komórkowej GSM oprócz transmisji sygnałów mowy oferuje wiele usług przeznaczonych do transmisji danych [7]. System GSM umożliwia wymianę danych zarówno wewnątrz sieci GSM jak i z użytkownikami innych systemów telekomunikacyjnych (np. ISDN, PSTN) oraz z Internetem (usługi WAP, WWW, FTP). Obecnie polscy operatorzy sieci GSM oferują wszystkie dostępne usługi przeznaczone od realizujące transmisji danych zawarte w standardzie GSM fazy 2+.

SMS

Usługa SMS (ang. *Short Message Service*), czyli krótkie komunikaty tekstowe, pozwala abonentom sieci GSM na przesyłanie komunikatów alfanumerycznych o długości pojedynczego komunikatu do 160 znaków. Komunikaty SMS mogą być przesyłane pomiędzy abonentami sieci GSM oraz do użytkowników Internetu za pomocą poczty elektronicznej. Istnieje również możliwość wysyłania komunikatów SMS z komputera dołączonego do Internetu przez wykorzystanie „bramek SMS” udostępnianych przez operatorów sieci GSM na stronach WWW. Wymiana krótkich komunikatów jest obsługiwana przez specjalne centrum usługowe SMSC (SMS Center). Do SMSC docierają informacje o tym czy adresat otrzymał komunikat, jeżeli nie to komunikat jest przechowywany w centrum SMSC przez określony czas do momentu gdy będzie możliwe dostarczenie komunikatu adresatowi. Centrum SMSC umożliwia wysłanie nadawcy komunikatu potwierdzenia o poprawnym dostarczeniu SMS'a przez adresata. Komunikaty SMS są dostarczane z opóźnieniem, typowo jest to kilka, kilkanaście sekund, ale jest możliwa nawet zwłoka kilkudniowa. Wielkość opóźnienia zależy od dostępności odbiorcy oraz aktualnego obciążenia centrum SMSC. Przesyłanie danych

miarowych za pomocą komunikatów SMS umożliwia budowę systemów pomiarowych, w których nie jest wymagana duża częstość transmitowania danych (kilka, kilkanaście pomiarów na dobę).

Transmisja danych z komutacją łączy

Standard GSM 2+ określa dwie usługi przeznaczone do transmisji danych cyfrowych z wykorzystaniem komutacji łączy. Pierwsza z nich to SDT (ang. *Switched Data Transfer*) – komutowana transmisja danych cyfrowych przez pojedynczy kanał rozmówny. SDT jest podstawową usługą transmisji danych w czasie rzeczywistym, oferowaną przez system GSM od początku jego powstania. Umożliwia transmisję danych cyfrowych: faksów, plików komputerowych czy dostęp do Internetu przez WAP i WWW. Dużym ograniczeniem SDT jest maksymalna szybkość transmisji wynosząca 9,6 kb/s. Prace zmierzające do zwiększenia prędkości transmisji danych w sieciach GSM doprowadziły do opracowania standardu HSCSD (ang. *High Speed Circuit Switched Data*) czyli szybkiej komutowanej transmisji danych o maksymalnej szybkości transmisji do 57,6 kb/s.

W sieci GSM transmisja dwupleksowa jest realizowana metodą FDD (ang. *Frequency Division Duplex*) czyli metodą podziału częstotliwości. Całe spektrum dostępnych dla GSM częstotliwości jest podzielone na dwa zakresy: jeden dla transmisji „w dół”, w którym stacja bazowa transmituje dane do terminalu komórkowego, a drugi dla transmisji „w górę”, czyli dla transmisji w przeciwnym kierunku. W każdym z tych zakresów występują 124 częstotliwości nośne. Ponadto czas na każdej częstotliwości nośnej jest podzielony na 8 szczelin czasowych. Wielu użytkowników może jednocześnie wykorzystywać całe dostępne pasmo GSM, dzięki przydzieleniu każdemu użytkownikowi określonej częstotliwości nośnej oraz ustalonej szczeliny czasowej. Zatem system GSM działa na zasadzie wielodostępu z podziałem zarówno czasowym jak i częstotliwościowym TDMA/FDMA.

Standardowa transmisja danych w GSM (SDT) wykorzystuje po jednej szczeliny czasowej do nadawania i do odbioru (jeden kanał rozmówny), co umożliwia transmisję z maksymalną prędkością 9600 bit/s. W technologii HSCSD, poprzez zastosowanie efektywniejszej metody kodowania, zwiększono przepływność transmisji danych w pojedynczej szczeliny czasowej do 14,4 kb/s. Ponadto system HSCSD umożliwia wykorzystanie kilku szczelin czasowych w podstawowej ramce TDMA do transmisji danych w obu kierunkach (do czterech dla każdego kierunku). Zatem HSCSD umożliwia transmisję z maksymalną prędkością 57,6 kb/s. (według specyfikacji ETSI GSM 02.34). Szybkości możliwe do uzyskania w HSCSD zależą przede wszystkim od operatora sieci GSM oraz od możliwości posiadanego terminalu GSM. Usługę szybkiej komutowanej transmisji danych (HSCSD) na polskim rynku teleinformatycznym oferuje jedynie Polkomtel S.A. operator sieci Plus GSM, od wiosny 2000 roku [5]. Obecnie Plus GSM umożliwia transmisję z maksymalną prędkością transmisji 57,6 kb/s dla danych odbieranych z Internetu oraz 28,8 kb/s dla danych nadawanych. Maksymalna prędkość transmisji

przy wymianie danych z komputerem podłączonym przez modem analogowy (obsługujący protokół V.90) z siecią PSTN wynosi 28,8kb/s w obu kierunkach.

Usługę HSCSD operator sieci GSM może udostępniać na dwa sposoby:

- przez umożliwienie użytkownikowi zarezerwowania żądanej przez niego liczby szczelin czasowych w trakcie trwania całego połączenia i pobieranie opłaty proporcjonalnej do ich liczby,
- przez umożliwienie użytkownikowi określenia maksymalnej liczby szczelin czasowych, jakie chce zarezerwować, bez zapewnienia stałej ich liczby podczas połączenia. Liczba wykorzystywanych przez użytkownika szczelin czasowych zmienia się dynamicznie zależnie od bieżącego obciążenia sieci. Wówczas opłata pozostaje taka jak w przypadku standardowego połączenia.

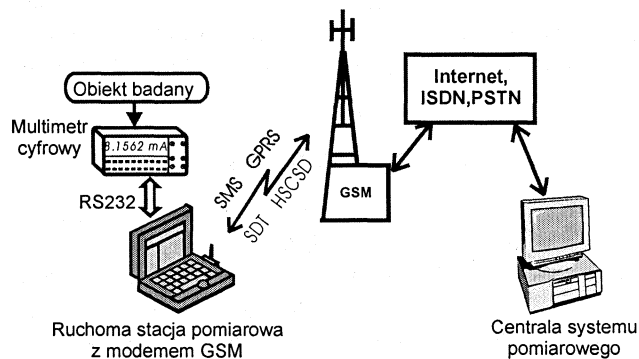
Pakietowa transmisja danych - GPRS

Transmisja pakietowa GPRS (ang. *General Packed Radio Service*) została wprowadzona w systemie GSM fazy 2+. W GPRS dane transmitowane przez różnych użytkowników są dzielone na pakiety, które następnie są transmitowane przez współdzielone kanały, podobnie jak w sieciach komputerowych. W przeciwieństwie do HSCSD użytkownicy nie rezerwują poszczególnych kanałów na cały czas trwania połączenia, tylko na czas wysłania lub odbioru danych. Typowa prędkość transmisji GPRS w pojedynczej szczeliny TDMA wynosi obecnie 13,4 kb/s, aktualnie maksymalna szybkość transmisji, przy wykorzystaniu czterech szczelin czasowych wynosi 57,6 kb/s [6]. Największą zaletą GPRS jest zmiana sposobu naliczania opłat za transmitowane dane. Użytkownik płaci za ilość wymienionych danych, a nie za czas trwania transmisji. Umożliwia to abonentowi ciągłe przebywanie „on line” w sieci.

Pakietowa transmisja danych GPRS została wprowadzona przez polskich operatorów GSM w końcu 2000 roku. Jednak pierwszy telefon obsługujący ten sposób transmisji danych Motorola Timeport 260 pojawił się w otwartej sprzedaży wiosną 2001 roku.

Transmitowanie danych metodą SDT, HSCSD czy GPRS w sieci GSM wymaga stosowania odpowiednich terminali, telefonów komórkowych, do których dane mogą być doprowadzone, a następnie wyemitowane zgodnie z wybranym standardem GSM. Najbardziej popularne telefony komórkowe mogą transmitować głos i komunikaty SMS oraz w większości dane metodą SDT. Realizacja usług HSCSD i GPRS wymaga już stosowania specjalnych terminali. Obecnie na rynku znajduje się wiele aparatów, różnych producentów, które umożliwiają transmisję danych HSCSD lub GPRS. Do najciekawszych, pod względem zaawansowania rozwiązań technicznych, możemy zaliczyć aparaty Ericsson R520 i T39m oraz aparat Nokia 6310. Aparaty te obsługują oba wspomniane sposoby transmisji danych, a ponadto do łączenia z komputerem wykorzystują interfejsy: RS232, IrDA oraz radiowy Bluetooth. Nowością, która wkrótce ma ukazać się na rynku jest karta PCMCIA Nokia D211 obsługująca standardy transmisji danych HSCSD, GPRS oraz WLAN Wi-Fi i IEEE 802.11b.

SYSTEMY POMIAROWY Z TRANSMISJĄ DANYCH W SIECI GSM



Rys. 1. Schemat blokowy systemu pomiarowego z transmisją danych pomiarowych w sieci GSM

Usługi transmisji danych oferowane przez sieć GSM umożliwiają zastosowanie ich do transmisji danych pomiarowych i instrukcji sterujących w rozproszonych systemach pomiarowych. Schemat blokowy takiego systemu pomiarowego przedstawiono na rysunku 1.

Przedstawiony system pomiarowy składa się z centrali systemu pomiarowego oraz z jednej lub kilku stacji pomiarowych, wyposażonych w terminale GSM. Centralę systemu stanowi komputer, którego zadaniem jest akwizycja i przetwarzanie napływających ze stacji pomiarowych danych. W zależności od sposobu realizacji centrala może być połączona z Internetem lub z innymi sieciami teleinformatycznymi jak ISDN czy PSTN. Przy korzystaniu z transmisji pakietowej GPRS lub z komunikatów SMS centrala pomiarowa musi być połączona z Internetem, z kolei przy stosowaniu transmisji SDT lub HSCSD centrala może być połączona z dowolną siecią teleinformatyczną bez dostępu do Internetu. Centrala systemu połączona z Internetem stanowi serwer internetowy. Zaletą tego rozwiązania jest możliwość jednoczesnej komunikacji centrali z wieloma stacjami pomiarowymi. W systemach pomiarowych wykorzystujących stacjonarne sieci teleinformatyczne nie ma takiej możliwości, centrala systemu może komunikować się ze stacjami naprzemiennie, według założonego algorytmu. Zaletą tego rozwiązania jest uniezależnienie prędkości transmisji od zmiennego natężenia ruchu na łączach internetowych oraz zwiększenie bezpieczeństwa systemu przed ingerencją osób postronnych. Centrala systemu może być również wyposażona w terminal GSM. Wybór sposobu realizacji systemu zależy od konkretnej aplikacji. Głównym kryterium wyboru sposobu transmisji danych w sieci GSM jest ilość i częstość transmitowanych danych. W systemach pomiarowych, w których transmitowane dane są kilka, kilkanaście razy na dobę w małych (do 160 znaków alfanumerycznych) komunikatach, najodpowiedniejszym rozwiązaniem będzie wykorzystanie SMS. Przy transmisji danych nieokresowych lub częstych transmisjach danych o niewielkiej objętości (kilkaset bajtów) uzasadniony będzie wybór transmisji GPRS. Systemy oparte na tych sposobach transmisji danych można wykorzystywać:

- w pomiarach metrologicznych, automatyczna akwizycja wyników pomiarów temperatury,

wilgotności, siły i kierunku wiatru, itp. z rozmieszczonych na dużym obszarze stacji pomiarowych,

- do monitorowania alarmowego, np. przekroczenia poziomów alarmowych zbiorników wodnych, wykrywanie pożarów na dużych obszarach leśnych,
- do sygnalizacji antywłamaniowej, przez automatyczne informowanie o włamaniu odpowiednich służb publicznych,
- w pomiarach geodezyjnych, do bezpośredniej transmisji danych z odbiornika systemu nawigacji satelitarnej GPS [3],
- do lokalizacji i nadzoru floty pojazdów w przedsiębiorstwach kurierskich, transportowych czy komunikacji publicznej,

Wszędzie tam gdzie zachodzi konieczność transmisji danych strumieniowych, wymagających dużej, stałej prędkości transmisji danych w czasie rzeczywistym wskazane jest stosowanie transmisji z komutacją łącza HSCSD (dla niższych prędkości transmisji również SDT). Przykładem zastosowania HSCSD są pomiary biomedyczne np. zdalna transmisja sygnału EKG. Na Politechnice Poznańskiej obecnie rozpoczęły się prace nad stworzeniem systemu przeznaczanego do bezprzewodowej transmisji sygnału EKG.

SYSTEM POMIAROWY OPRACOWANY NA POLITECHNICE POZAŃSKIEJ

W Politechnice Poznańskiej zaprojektowano, oprogramowano i sprawdzono działanie rozproszonego systemu pomiarowego z transmisją danych cyfrowych przez sieć telefonii ruchomej GSM w technologii HSCSD. Opracowany system pomiarowy tworzą: centrala systemu i ruchome stacje pomiarowe. Centralę systemu stanowi komputer PC, dołączony do stacjonarnej sieci telefonicznej PSTN za pomocą analogowego modemu V.90. W stacjach pomiarowych instaluje się cyfrowe przyrządy pomiarowe. W Politechnice Poznańskiej sprawdzono system pomiarowy w konfiguracji z jedną ruchomą stacją pomiarową. W skład stacji pomiarowej wchodzi: multimetr HP 34401A, dołączony łączem RS-232 do laptopa Toshiba Satellite 1620 wyposażonego w kartę PCMCIA Nokia Card Phone 2.0 [1].

Centrala systemu może pracować w trybie nadawania lub nasłuchu. W trybie nadawania centrala łączy się ze stacją pomiarową i wymienia dane. W trakcie połączenia centrala ustala parametry pomiaru, takie jak rodzaj wielkości mierzonej, liczba pomiarów w serii, krok próbkowania, wartości graniczne itp. Następnie stacja pomiarowa wykonuje określone pomiary i w czasie rzeczywistym przesyła ich wyniki do centrali. Program w centrali systemu rejestruje nadsyłane wyniki pomiaru i w formie graficznej przedstawia je na wykresie w funkcji czasu lub liczby pomiarów. Po zakończeniu serii pomiarowej następuje samoczynne zapisanie danych w dowolnym pliku. W trybie nasłuchu centrala czeka na połączenie inicjowane przez stację pomiarową. Stacje pomiarowe mogą pracować w trybie: lokalnym lub zdalnym. Algorytm działania stacji pomiarowej przewiduje nawiązywanie przez nią połączenia z centralą

systemu w celu przesłania wyników pomiaru w dwóch przypadkach:

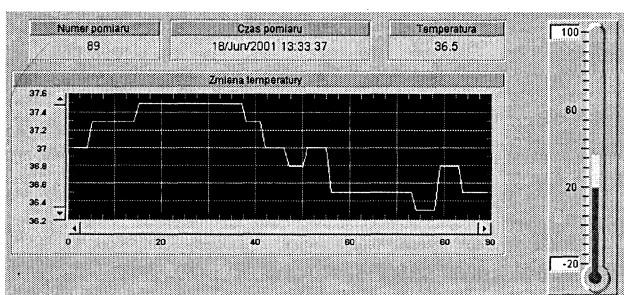
- zaprogramowane w czasie przesyłania wyników, np. co 1 godzinę,
- po przekroczeniu zadanego parametru mierzonej wielkości, czyli w trybie alarmowym.

W zdalnym trybie pracy stacji pomiarowej sterowanie pomiarami w stacji przejmuje centrala systemu. Po wykonaniu każdego pomiaru jego wynik jest przesyłany do centrali systemu.

Oprogramowanie centrali i stacji pomiarowej zostało napisane w języku HP VEE 5.0, do sterowania modemami w systemie wykorzystano komendy AT [2], multimetrem sterowano za pomocą poleceń SCPI. Uzyskiwano oczekiwane połączenie z prędkością 28,8kb/s. Transmisja danych w HSCSD odbywała się w trybie asynchronicznym, znakowym. Omawiany system pomiarowy badano w celu sprawdzenia maksymalnej częstotliwości transmitowania wyników pomiaru oraz niezawodności transmisji, czyli stabilności połączeń i błędów powstających w transmisji.

Badania wykonywano przy różnym natężeniu ruchu w sieci GSM zarówno „w szczycie” jak i „po szczycie”, w ciągu całego tygodnia (również w soboty i niedziele). W ten sposób sprawdzano wpływ natężenia ruchu w sieci GSM na zmiany prędkości transmisji. Zauważono, że ustawiana maksymalna, symetryczna prędkość połączenia 28,8 kb/s była praktycznie zawsze utrzymywana przez cały czas trwania połączenia. Spadki prędkości transmisji do 14,4 kb/s występowały bardzo rzadko i niezależnie do pory nawiązywania połączenia. Czas nawiązywania połączenia wynosił od kilkunastu do 30 sekund. Wszystkie nawiązane połączenia były stabilne przez cały czas trwania i nie dochodziło do ich nieprzewidzianego zrywania. Maksymalnie transmitowaliśmy do 20 pomiarów w ciągu sekundy. Liczba ta wynikała z ograniczeń po stronie stacji pomiarowej, a nie przepustowości łącza GSM (jest to maksymalne liczba pomiarów jaką multimetr mógł transmitować łączem RS232 do laptopa).

Testując poprawność transmisji danych w sieci GSM nie stwierdzono żadnych błędów. Wszystkie wysłane przez stację pomiarową dane dotarły bezbłędnie do centrali. Przy czym jedynym mechanizmem zastosowanym do kontroli transmisji był bit kontroli parzystości w poszczególnych ramkach transmitowanych danych.



Rys. 2. Fragment okna programu w centrali systemu pomiarowego.

Na rysunku 2 przedstawiono przykładowy ekran programu sterującego pracą centrali systemu,

zastosowanego do zdalnego pomiaru temperatury. Na wejście multimetru podłączono czujnik PT100, multimetr mierzy rezystancję czujnika, wynik pomiaru jest przesyłany do centrali, która przelicza wartość rezystancji na temperaturę, a następnie rejestruje i wizualizuje wyniki.

UWAGI KOŃCOWE I WNIOSKI

W artykule opisano możliwości transmisji danych pomiarowych w sieci GSM oraz przedstawiono opracowany i zestawiony w Politechnice Poznańskiej system pomiarowy wykorzystujący taką transmisję. System działa poprawnie i zgodnie z założeniami. Kilkadziesiąt razy przeprowadzono sesje pomiarowe, a każdorazowo kanał transmisyjny (połączenie) tworzony był niezawodnie w czasie od 18 s do 30 s po sygnale start z komputera. Jest to czas potrzebny na nawiązanie połączenia i uzgodnienie protokołów transmisji przez modemy. Prędkość transmisyjna powinna pozwolić na transmisję w czasie rzeczywistym sygnałów próbkowanych z częstotliwością na poziomie kilkuset pomiarów w ciągu sekundy (gdy wynik pomiaru jest zawarty w dwóch bajtach, np. przy transmisji wyniku przetwarzania karty pomiarowej).

Zastosowanie transmisji danych w sieci GSM stwarza możliwości nowych realizacji systemów pomiarowych w zastosowaniach np. meteorologicznych, w pozycjonowaniu i kontroli ruchu pojazdów i wszędzie tam, gdzie niezbędne jest prowadzenie pomiarów na bardzo dużym obszarze oraz przy wykorzystaniu ruchomych stacji pomiarowych.

W dalszych pracach nad rozproszonymi systemami pomiarowymi autor zajmuje się transmisją danych w technologii GPRS, która wydaje się idealna do aplikacji w systemach nie wymagających dużej dynamiki.

Zbudowanie tych systemów pomiarowych i doświadczenia w ich eksploatacji pozwolą na łatwiejsze stworzenie systemu pomiarowego z transmisją danych przez uniwersalny system telekomunikacji ruchomej UMTS. Zakładana szybkość transmisji w systemie UMTS sięga 2 Mb/s a rozpoczęcie jego działania przewidziano na 2002 r. Kilkaset razy większa szybkość UMTS umożliwi transmisję „on line” wyników pomiarów o znacznie wyższej dynamice niż jest to możliwe obecnie.

LITERATURA

1. Dokumentacja i karty katalogowe karty: Nokia Phone Card 2.0.
2. European Telecommunications Standard Institute: *AT command set for GSM Mobile Equipment*. GSM 07.07 version 7.4.0, 1998.
3. Lange K.: *System wysyłania pozycji wyznaczonej przez GPS do komputera za pośrednictwem GSM*. Materiały konferencyjne: Krajowa Konferencja Radiokomunikacji, radiofonii i Telewizji. Poznań 2001. str. 4.3-1 – 4.3-4.
4. Nawrocki W.: *Sensory i systemy pomiarowe*, Wydawnictwo PP, Poznań, 2001.
5. Publikacje i informacja techniczna Polkomtel S.A. operatora sieci „Plus GSM”.
6. Urbanek A.: *Dlaczego GPRS?* Networld. Nr 8/2000.
7. Wesołowski K.: *Systemy radiokomunikacji ruchomej*, WKŁ, Warszawa 1999.

Artykuł recenzowany.