

# EM Magazyn Elektroniki Użytkowej

dodatek  
do  
miesięcznika



P o z n a ć i z r o z u m i e ć s p r z ę t

O tym się mówi

## UMTS

system telefonii komórkowej trzeciej generacji

Ostatnio często słyszy się o nowym komórkowym systemie łączności ruchomej - UMTS, jego niesamowitych możliwościach związanych z transmisją danych i wykorzystaniem zasobów Internetu. Dla podkreślenia nowości systemowych i technologicznych określa się go mianem systemu telefonii komórkowej trzeciej generacji. Ciekawość pobudzają też kontrowersyjne wypowiedzi dotyczące spraw związanych z przydziałem koncesji.

Co różni go od popularnych obecnie systemów GSM? Kiedy można się spodziewać pierwszych sieci działających w naszym kraju?

### CDMA

Zanim dowiesz się co to jest UMTS, najpierw musisz zrozumieć, przynajmniej z grubsza, co to jest wielodostęp CDMA. Właśnie to jest podstawa systemów komórkowych nowej generacji. Zasadę techniki CDMA najłatwiej można uchwycić przez porównanie z wcześniejszymi systemami.

Według definicji wielodostęp jest to metoda podziału wspól-



nych zasobów transmisyjnych między wielu użytkowników, w taki sposób aby wszystkim zapewnić dostęp do sieci - czyli aby wykluczyć lub zminimalizować sytuacje, w których jeden lub niewielka ilość użytkowników, korzystających z sieci blokuje innym użytkownikom dostęp do niej. Jednym słowem chodzi o zapewnienie sprawiedliwego dostępu do sieci wielu użytkownikom.

W pierwszych systemach telefonii komórkowej wykorzystywano technikę wielodostępu z podziałem częstotliwości (FDMA - Frequency Division Multiple Access).

Nazwa może przestraszyć, ale bez obaw - FDMA to chleb powszedni - wszystkie starsze radiotelefony działają w ten sposób. Każdy, kto choć raz bawił się prościutkim radiotelefonem typu Walkie-talkie (czytaj: łokitki) również wykorzystywał

wielodostęp FDMA. W technice tej całe pasmo, w którym pracuje system, jest podzielone na oddzielne wąskie kanały częstotliwościowe, rzędu kilkunastu kHz. Użytkownik jednego kanału nie przeszkadza użytkownikom innych kanałów. W danym paśmie w jednym czasie bezkolizyjnie pracuje określona liczba abonentów - nie więcej, niż wynosi liczba kanałów - zobacz rysunek 1a. Metodę tą wykorzystują analogowe systemy komórkowe, należące do pierwszej generacji - w skrócie 1G, czyli NMT, AMPS, TACS (zobacz słowniczek na końcu artykułu). Przeżywały one okres świetności w latach 80-tych. W systemach tych kanały częstotliwościowe są przydzielane na żądanie poszczególnym abonentom.

Natomiast cyfrowe systemy komórkowe, m.in. dobrze ugruntowany i popularny obecnie GSM, tworzące drugą generację

systemów komórkowych (2G), oprócz FDMA wykorzystują także technikę TDMA. Znowu zasada jest bardzo prosta. Tym razem w jednym kanale może bezkolizyjnie pracować kilku abonentów. Ścisłe biorąc, nie pracują oni jednocześnie, tylko kolejno. Transmisja w każdym kanale FDMA jest podzielona na ściśle określone, króciutkie odcinki czasowe zwane szczelinami czasowymi - ilustruje to rysunek 1b. Każdemu użytkownikowi przydziela się określoną szczelinę w ramach jednego kanału częstotliwościowego. W czasie trwania tej szczeliny, na danej częstotliwości stacja bazowa obsługuje tylko tego jednego użytkownika, w następnej szczelinie - kolejnego użytkownika itd., aż po pewnym czasie kółko się zamknie i znowu obsługiwany jest pierwszy użytkownik.

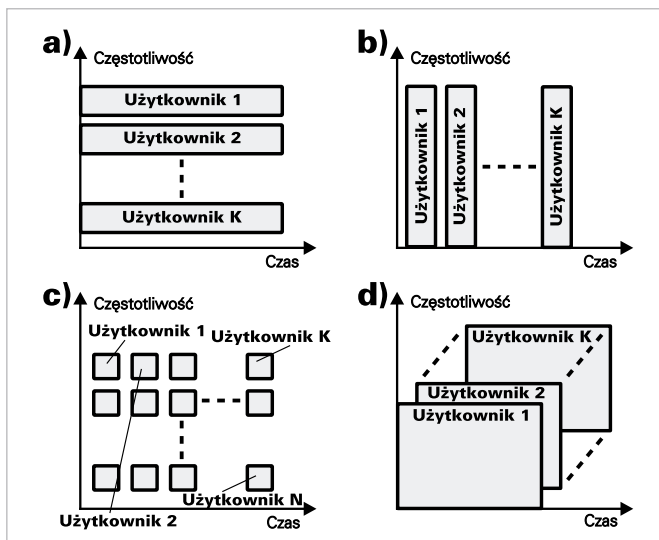
Ponieważ szczeliny te są wąskie (na przykład po kilkaset

mikrosekund), w ciągu każdej sekundy każdy z użytkowników jest obsługiwany wielokrotnie. Może to się wydać dziwne, ale tak jest: użytkownicy danego jednego kanału częstotliwości są obsługiwani kolejno, co jakiś krótki czas, a dzięki odpowiedniej synchronizacji i modulacji możliwe jest przesłanie w ciągu przydzielonych odcinków czasu pełnego sygnału mowy (lub innych danych). Zupełnie niezorientowanym taka zasada pracy może się wydać niesamowicie dziwna i trudna do realizacji. Nie jest to jednak nic dziwnego - tak pracują systemy drugiej generacji (2G), w tym niemal wszystkie współczesne telefony komórkowe.



Rysunek 1c pokazuje w uproszczeniu zasadę pracy systemu 2G (np. GSM). Dzięki podziałowi zarówno na kanały częstotliwościowe, jak i szczeliny czasowe, w systemie może jednocześnie i bezkolizyjnie pracować większa liczba abonentów. Oczywiście

Rys. 1



dotyczy to tak zwanej komórki czyli obszaru obsługiwanego przez stację bazową i znajdujących się tam abonentów.

A teraz systemy trzeciej generacji (3G) oparte na CDMA. To również są systemy komórkowe, gdzie stacja bazowa obsługuje abonentów znajdujących się w jej zasięgu. Choć szczegóły techniczne są zadziwiająco skomplikowane, zrozumienie istoty CDMA też nie jest trudne. Na początek niespodzianka: w systemach stosujących wielodostęp kodowy (CDMA) nie istnieje podział na kanały częstotliwościowe i czasowe w sensie dwóch wcześniej omówionych metod. Sygnały wysłane przez poszczególnych użytkowników, zawierające się początkowo w niewielkim paśmie częstotliwościowym, są równomiernie rozpraszane w znacznie szerszym paśmie. Dzięki temu uzyskuje się rozproszenie widma wejściowego sygnału wąskopasmowego na tle bardzo szerokiego, wspólnego dla wszystkich użytkowników, kanału częstotliwościowego.

Mówiąc najprościej, w systemach CDMA wszyscy pracują jednocześnie w tym samym czasie i w tym samym, szerokim zakresie częstotliwości. Koncepcję CDMA można lepiej zrozumieć wyobrażając sobie abonentów w danej komórce jako grupę ludzi zebranych w jednym pokoju, mówiących różnymi językami. Każdy język można potraktować jako niepowtarzalny kod, względem którego pozostałe języki to szum. Stacja bazowa to słuchacz

stojący pośrodku pokoju. Może on na żądanie dostroić się do konkretnego kodu - języka tak, aby móc rozumieć wybraną osobę, a ignorować pozostałe. Niewątpliwie z na pozór bezładnego gwaru wielu głosów można skutecznie wyłowić przekaz w "swoim" języku.

I w taki niecodzienny sposób działają systemy oparte na CDMA - ilustruje to w uproszczeniu rysunek 1d. Każdy użytkownik ma swój niepowtarzalny kod, przy pomocy którego z jego wąskopasmowego sygnału (np. mowy) po przetworzeniu na postać cyfrową tworzy się sygnał "rozproszony" w szerokim paśmie. Sposób rozproszenia jest wyznaczony przez ten kod-klucz, będący liczbą. Aby z wielu tak rozproszonych sygnałów odzyskać w odbiorniku (stacji bazowej) pierwotne dane, wykorzystuje się ten sam kod-klucz. Odebranie właściwego sygnału w odbiorniku jest możliwe dzięki przydzieleniu użytkownikowi niepowtarzalnego kodu liczbowego, którym posługuje się on jako jedyny w danym czasie i na danym terenie - na tym polega wybór abonenta. Właśnie ze względu na ten indywidualny kod metodę nazwano CDMA (*Code Division Multiple Access*).

Inną konsekwencją faktu, że pasmo w systemach CDMA nie musi być dzielone na kanały częstotliwościowe jest znaczne uproszczenie planowania sieci. Dziś rzadkie są sytuacje, gdy operator dysponuje odpowiednio dużym pasmem częstotliwości. W przeciwieństwie do systemów 2G (GSM), tu w każdej komórce wykorzystywany jest ten sam, szeroki zakres częstotliwości - nie istnieje zatem problem z drobiazgowym planowaniem przydziału kanałów częstotliwościowych dla poszczególnych komórek.

Jedną z ważniejszych zalet systemów CDMA jest też płynne przełączanie między stacjami bazowymi. Oznacza to, że nie ma ustalonej granicy między obszarem poszczególnych komórek lecz istnieje obszar przełączania w którym stacja ruchoma może jednocześnie komunikować się z wieloma stacjami bazowymi. Ilustruje to rysunek 2. Jest to kon-

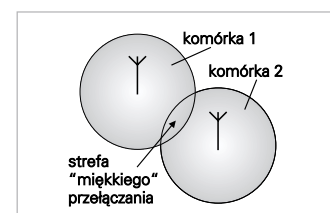
sekwencją faktu, że abonent, opuszczając daną komórkę, nie blokuje kanału rozmównego - jak wcześniej zaznaczono, wszystkie połączenia są "wrzucane" do wspólnego "worka częstotliwości". Taki sposób przełączania jest też korzystny ze względu na lepsze pokrycie terenu i mniejszą ilość przerwanych rozmów.

Inną konsekwencją faktu, że pasmo w systemach CDMA nie musi być dzielone na kanały częstotliwościowe jest znaczne uproszczenie planowania sieci. Dziś rzadkie są sytuacje, gdy operator dysponuje odpowiednio dużym pasmem częstotliwości. W przeciwieństwie do systemów 2G (GSM), tu w każdej komórce wykorzystywany jest ten sam, szeroki zakres częstotliwości - nie istnieje zatem problem z drobiazgowym planowaniem przydziału kanałów częstotliwościowych dla poszczególnych komórek.



Jedną z ważniejszych zalet systemów CDMA jest też płynne przełączanie między stacjami bazowymi. Oznacza to, że nie ma ustalonej granicy między obszarem poszczególnych komórek lecz istnieje obszar przełączania w którym stacja ruchoma może jednocześnie komunikować się z wieloma stacjami bazowymi. Ilustruje to rysunek 2. Jest to konsekwencją faktu, że abonent, opuszczając daną komórkę,

Rys. 2



nie blokuje kanału rozmównego - jak wcześniej zaznaczono, wszystkie połączenia są "wrzucane" do wspólnego "worka częstotliwości". Taki sposób przełączania jest też korzystny ze względu na lepsze pokrycie terenu i mniejszą ilość przerwaných rozmów.



Porównując pojemność systemów CDMA z systemami opartymi na wielodostępie FDMA/TDMA, mówi się o wielokrotnie większej pojemności tych pierwszych. Prawdą jest, że pojemność sieci CDMA może być kilkunastokrotnie większa niż pojemność sieci GSM. Jednym ze sposobów zwiększenia pojemności systemu CDMA jest zastosowanie koderów o zmiennej przepływności, która zmienia się w zależności od "gadatliwości" rozmówców. W chwilach milczenia koder ten nie transmituje danych - warto zaznaczyć, że chwile ciszy zajmują do 60% całkowitego czasu rozmowy.

Zwiększenie pojemności wiąże się też z tym, że w systemach CDMA nie istnieją ochronne przedziały częstotliwości oraz odstępy ochronne między szczylinami czasowymi, jak to musi mieć miejsce w systemie GSM. Innym czynnikiem wpływającym na większą potencjalnie pojemność systemów z rozpraszaniem widma są właściwości sygnałów używanych w tych systemach. Ze względu na ich podobieństwo do szumu - co jest efektem zastosowania ciągów pseudolosowych - można, przynajmniej teoretycznie "wycisnąć" z nich maksymalną sprawność dla danej szerokości pasma. W ostatnich zdaniach pojawiły się słowa "potencjalnie" i "teoretycznie" - nie bez przyczyny. Są eksperci sceptycznie

nastawieni co do rzeczywistych możliwości pełnego wykorzystania teoretycznie wyliczonych parametrów. Oszacowanie rzeczywistej pojemności systemów CDMA jest sprawą bardzo skomplikowaną. Praktyczna pojemność systemów z rozpraszaniem widma zależy od wielu czynników, co w praktyce powoduje, że jej zwiększanie jest ograniczone koniecznością zapewnienia odpowiedniej jakości i zasięgu połączeń. Newralgiczną kwestią w związku z pojemnością komórek systemu CDMA jest dokładna kontrola mocy każdego z nadajników. Dla optymalnej pracy systemu najkorzystniejsza jest sytuacja, kiedy sygnały pochodzące z różnych terminali będą miały możliwie małą i taką moc, aby stacja bazowa "słyszała" wszystkie terminale "jednakowo głośno" i aby nie panował zbyt wielki "zgiełk". Wymusza to częstą i dokładną kontrolę mocy sygnałów transmitowanych przez stacje ruchome, gdyż w trakcie przemieszczania użytkownika stosunkowo szybko zmienia się chwilowe tłumienie na trasie stacja ruchoma - stacja bazowa.



### Działające systemy CDMA

Pierwszy system komórkowy wykorzystujący wielodostęp kodowy CDMA zaczął pracę dopiero w drugiej połowie 1995 roku, mimo iż teoretycznie opracowano tę technikę kilkadziesiąt lat wcześniej. Przyczyny tego były dwie. Po pierwsze jest to technika wymagająca specjalizowanego sprzętu - potrzebne są skomplikowane, szybko działające układy. Druga przyczyna to długo trwają-

ce utajnienie prac nad urządzeniami dla tego systemu - przez kilkadziesiąt lat był on wykorzystywany tylko przez wojsko.

Wspomniany system komórkowy CDMA zbudowano w oparciu o standard IS-95. Pasma w tym standardzie wynosi 1,25MHz a częstotliwość pracy 800MHz. Oprócz IS-95 występują również systemy pracujące na częstotliwości 1900MHz określane mianem PCS. Wielodostęp kodowy CDMA wykorzystywany jest także w systemach satelitarnych oraz w bezprzewodowych pętłach abonenckich. Te ostatnie służą do radiowego połączenia abonentów systemów telefonii stacjonarnej, co pozwala ominąć koszty okablowania - pochłaniające ok. 50% całkowitych kosztów tych systemów.



### UMTS

Znacznie szersze zastosowanie metoda CDMA znajdzie w przygotowywanych obecnie systemach trzeciej generacji. Światowym, ogólnie przyjętym standardem systemów telefonii 3G jest IMT-2000. Pasma częstotliwości dla przyszłych systemów zostały określone już w 1992 r - patrz rysunek 3. Zawierają się w dwóch przedziałach. Pierwszy od 1885MHz do 2025MHz; drugi - od 2100MHz do 2200MHz. W większości państw część tych zakresów jest zajęta przez inne systemy telekomunikacyjne. Jest to poważny problem ograniczający rozwój systemów 3G. Nieciekawie sprawa się przedstawia w Stanach Zjednoczonych, gdzie większość dolnego pasma przeznaczony dla IMT-2000 jest

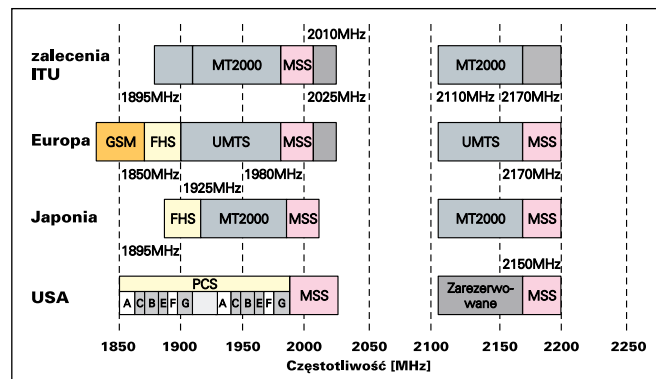
zajęta przez systemy 2G. Niedobrze jest z pasmem w Polsce, ponieważ większą jego część zajmuje wojsko i nie zanoszą się by szybko zostało przez nie opuszczone.

Standard IMT-2000 przybierze w poszczególnych państwach postać różnych standardów lokalnych. Europejską odmianą tego globalnego standardu będzie UMTS, o którym jest ostatnio dosyć głośno za sprawą burzliwych dyskusji na temat sprzedaży koncesji za zadziwiająco wielkie sumy. Przyczyną tego jest chęć zarobienia przez państwa jak największej ilości pieniędzy na sprzedaży tych koncesji. Z drugiej strony dotychczasowi operatorzy telefonii komórkowej GSM i inni zainteresowani chcieliby uzyskać je jak najtaniej i przy okazji wyeliminować przed startem konkurencję za pomocą specjalnych preferencji dla siebie. Polskie Ministerstwo Łączności poinformowało, że spodziewa się wyłonić cztery lub pięć firm, mających otrzymać koncesje. O koncesje starają się obecnie: PTC (Era GSM), Polkomtel (Plus GSM) oraz Netia - operator telefonii stacjonarnej. Jedna koncesja zostanie przydzielona poza przetargiem, a otrzyma ją TPSA, do której należy Centertel (IDEA). Ciekawostką jest, że chęć wzięcia udziału w przetargu wyraziły PKP. Ministerstwo finansów spodziewa się uzyskać z przetargu na koncesje UMTS kilkanaście miliardów złotych.

### Przyszłość

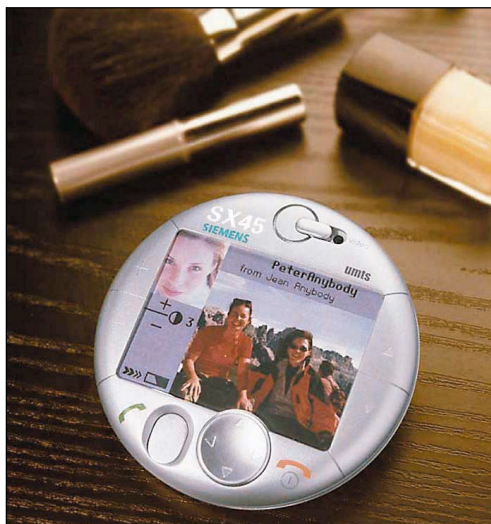
Powracając do spraw technicznych należy dodać, że w systemie UMTS będą wykorzystywane pewne odmiany CDMA - mianowicie W-CDMA/FDD oraz TD-CDMA/TDD (zobacz

Rys. 3



słowniczek na końcu artykułu). Mówiąc w skrócie, W-CDMA FDD oznacza CDMA działające w znacznie większym paśmie. Z powodu pracy w bardzo dużym zakresie częstotliwości, dzieli się dostępne pasmo na "podpasma" - analogicznie do metody FDMA. W każdym takim "podpasmie" stosuje się metodę CDMA. Jednym słowem można powiedzieć, że W-CDMA FDD to połączenie idei CDMA i FDMA. Z kolei TD-CDMA/TDD to połączenie CDMA i TDMA. Transmisja odbywa się w szczelinach czasowych. Z każdej szczeliny może jednak korzystać wielu użytkowników na zasadzie wielodostępu CDMA. W tym momencie może powstać pytanie: Po co łączyć CDMA ze "starymi" technikami? Okazuje się, że dzięki takiemu połączeniu technik łatwiej jest zrealizować transmisję o zmiennej przepływności oraz pewne procedury systemowe. Możliwości jakie da zastosowanie powyższych technik to:

- szybkość transmisji do 2Mb/s dla abonentów nieruchomych oraz 384kb/s dla abonentów poruszających się. Dla porównania w standardowej transmisji GSM szybkość przepływu danych wynosi 9,6 kb/s,
- większa pojemność systemu,
- transmisja w trybie komutacji pakietów, a więc łatwa współpraca z Internetem,
- jednoczesna dostępność różnych usług w tym wideokonferencji, przesyłania obrazów o wysokiej jakości i in., wymagających szybkiej transmisji



Ważną cechą nowego systemu będzie jego elastyczność. Docelowo planuje się integrację takich systemów jak telefonia komórkowa, telefonia bezprzewodowa i systemy satelitarne w jeden spójny system UMTS.



### Podsumowanie

Czy wprowadzenie do użytku sieci telefonii komórkowej 3G spowoduje szybki koniec GSM?

Wiele wskazuje na to, że nie. Możliwości aktualnych systemów telefonii komórkowej 2G nie zostały jeszcze w pełni wykorzystane i systemy te w dalszym ciągu dynamicznie się rozwijają. Istnieje już zasadnicza struktura tych systemów i teraz operatorzy zbierają plony ciężkich inwestycji bez potrzeby większych finansowych nakładów. Poza tym operatorzy ciągle wprowadzają różne nowości do swych sieci. Najpierw był to SMS, później poczta elektroniczna. Na rynku pojawiły się też telefony umożliwiające dostęp do Internetu. Kolejnymi usprawnieniami sieci GSM ma być zastosowanie nowych technik transmisji danych. Jako

pierwsze będzie wprowadzane GPRS (patrz słowniczek) dające szybkość przepływu danych do 76,5 kb/s - a po kompresji do 170 kb/s. Następca GPRS ma być EDGE, pozwalający przysyłać dane z szybkością do 384 kb/s -

to już jest coś! Sieci GSM stosujące GPRS i EDGE nazywa się czasami generacją 2,5 (2.5G). Jak więc widzimy, "stare" GSM ma się czym bronić. Inną kwestią jest cena przyszłych usług UMTS - to temat poruszany bardzo niechętnie. Czynnikiem ten na pewno będzie odgrywał jedną z głównych ról w tym, jak szybko UMTS opanuje Europę. Jedno jest pewne - na ziszczenie się, za pomocą m.in. UMTS, wizji społeczeństwa informacyjnego trzeba jeszcze trochę poczekać. Planowane w Polsce pierwsze komercyjne uruchomienie UMTS to rok 2002. Pełne udostępnienie pasma przez wojско - rok 2008. A od Ciebie, Czytelniku zależy, kiedy zdecydujesz się na kupno telefonu UMTS.

Adam Szymaszczyk



### Słowniczek

**AMPS** (*Advanced Mobile Phone System*) - amerykański system analogowej telefonii komórkowej działający w paśmie 824-894 MHz.

**CDMA** (*Code Division Multiple Access*) - wielodostęp z podziałem kodowym; metoda udostępniania zasobów radiowych wielu użytkownikom systemu za pomocą przydziału różnych kodów.

**EDGE** (*Enhanced Data GSM Evolution*) - metoda transmisji danych użytkownika przez sieć GSM z prędkością do 384 kb/s przez zastosowanie odpowiedniej modulacji, kompresji i zarządzania szczelinami czasowymi.

**FDD** (*Frequency Division Duplex*) - transmisja dwupleksowa z podziałem częstotliwościowym; polega na tym, że transmisja między stacją ruchomą i bazową ma miejsce na różnych częstotliwościach, zależnie do kierunku.

**FDMA** (*Frequency Division Multiple Access*) - wielodostęp z podziałem częstotliwości.

**GPRS** (*General Packet Radio Service*) - szybka - do 170 kb/s - pakietowa transmisja danych w sieci GSM

**IMT-2000** (*International Mobile Telecommunication 2000*) - zasadniczy, odnośnie łączności ruchomej, składnik przyszłego globalnego systemu telekomunikacyjnego.

**NMT** (*Nordic Mobile Telephony*) - analogowy system telefonii komórkowej opracowany w krajach skandynawskich

**PCS** (*Personal Communication System*) - system komunikacji osobistej, łączący 6 różnych technologii komórkowych

**TACS** (*Total Access Communication System*) - europejski odpowiednik amerykańskiego AMPS

**TDD** (*Time Division Duplex*) - transmisja dwupleksowa z podziałem czasowym - w zależności od kierunku transmisji, dane między stacją ruchomą a bazową przenoszone są w różnych grupach szczelin czasowych

**TDMA** (*Time Division Multiple Access*) - wielodostęp z podziałem czasu

**UMTS** (*Universal Mobile Telecommunication System*) przyszły europejski system łączności osobistej, zgodny z IMT-2000, oparty o technikę CDMA

**W-CDMA** (*Wideband Code Division Multiple Access*) - szerokopasmowy wielodostęp z podziałem kodowym