

# Nowe technologie w sieciach telefonii komórkowej

*Technologie związane z komunikacją bezprzewodową za pośrednictwem sieci komórkowych to bardzo szybko rozwijająca się dziedzina techniki. Oprócz nowych sposobów modulowania i metod koordynacji transmisji pakietów danych lub komutowania połączeń głosowych, to właśnie osiągnięcia w dziedzinie elektroniki są motorem napędzającym ten segment telekomunikacji. Rezultaty postępu widzimy na co dzień w ofertach operatorów sieci komórkowych, którzy wprowadzają coraz to nowsze, szybsze standardy transmisji danych, ponieważ współcześnie usługa przesyłania głosu stała się jakby dodatkiem do innych, które ma smartphone. W artykule opiszemy nowe standardy transmisyjne i zasugerujemy, jak mogą ich użyć konstruktorzy urządzeń elektronicznych.*



Z technologiami komunikacji w sieciach komórkowych wiąże się szereg nieścisłości w nazewnictwie, które mogą być przyczyną nieporozumień. Szybki rozwój tych technik komunikacyjnych, powiązany ze złożonością rozwiązań stosowanych w sieciach komórkowych i różnorodnością standardów to główne przyczyny problemów z nomenklaturą.

## 2G, 3G, 4G...

Podstawowy podział technologii stosowanych do przesyłu danych w sieciach komórkowych opiera się na generacjach. Obecnie w Polsce funkcjonują jednocześnie sieci 2G, 3G i 4G, przy czym ze względu na częstotliwości pracy, największy zasięg mają sieci 2G, czyli drugiej generacji. Sieci czwartej generacji zostały wdrożone dopiero względnie niedawno i w wielu państwach świata jeszcze nie funkcjonują lub są w fazie testów – nawet uwzględniając niektóre kraje zaliczane do względnie zaawansowanych technologicznie. Co więcej, kolejne generacje sieci nie definiują dokładnie technik stosowanych do przesyłu danych lub dźwięku, ale określają parametry użytkowe tych sieci. Parametry te można uzyskać za pomocą różnych standardów komunikacji, w efekcie czego, w różnych rejonach świata wybrano różne standardy, jako podstawowe metody komunikacji w sieciach komórkowych. Przykładowo, o ile w Polsce jako standard trzeciej generacji dominuje UMTS, to w USA

jest to CDMA2000. Różnice obejmują też pasma częstotliwości, w których jest prowadzona komunikacja w poszczególnych rejonach świata. W efekcie, pomimo że standard LTE zdominował komunikację sieci czwartej generacji i w USA i w Europie, w obu tych regionach stosowane są różne częstotliwości pracy. Oznacza to, że aby zapewnić pełną przenośność projektowanego sprzętu, trzeba skorzystać z wielopasmowych modułów sieci komórkowych.

Problemem jest też fakt, że niektóre firmy nadużywają oznaczeń (szczególnie „4G”) w celu wypromowania swoich produktów. Dotyczy to zarówno operatorów sieci, jak i producentów podzespołów.

Do technologii 2G należy m.in. GSM, standard przesyłu danych przez sieć komórkową – GPRS oraz EDGE (nazywane też EGPRS). Niekiedy GPRS i EDGE nazywane są technologiami 2,5G (a bywa, że EDGE nazywane jest też 2,75G), gdyż znacząco zwiększają szybkość transmisji danych w sieci, w porównaniu do klasycznego 2G. Technologia EDGE jest bardzo pomocna w sytuacji, gdy zasięg sieci 3G nie jest dostępny, a konieczny jest względnie szybki przesył danych. Na szczęście, sieć 2G Edge jest już powszechnie dostępna nawet w słabo zurbanizowanych regionach świata.

## UMTS i rozwinięcia

Rodzina technologii zaliczanych do 3G jest bardzo duża, gdyż obejmuje wiele wariantów poszczególnych standardów. Pod-

stawą w Europie jest UMTS, ale ten w wersji klasycznej dopuszcza transfer danych w kierunku do użytkownika, na poziomie nieprzekraczającym 128 kb/s a nieco później 384 kb/s. HSDPA, czyli High-Speed Download Packet Access rozwija standard UMTS o dodatkowy kanał warstwy transportowej, obsługiwany przez trzy nowe kanały w warstwie fizycznej. Ich działanie polega na informowaniu sieci z niewielkim wyprzedzeniem, na temat zapotrzebowania na pasmo do przesyłu pakietów w najbliższym czasie. Węzeł sieci komórkowej, do której podłączone jest dane urządzenie przypisuje następnie odpowiedni kanał do transmisji, co pozwala na zwiększenie jej szybkości w stosunku do klasycznego UMTS.

Technologia HSDPA implementuje też automatyczny system ponawiania żądań, szybkie harmonogramowanie pakietów i adaptacyjne modulowanie i kodowanie. Ważny jest też fakt, że HSDPA występuje w wielu wariantach, określanymi mianem kategorii i wprowadzanych grupami w kolejnych odsłonach standardu UMTS. Poszczególne kategorie różnią się sposobem zastosowanej modulacji (16QAM, QPSK, 64QAM), liczbą obsługiwanych jednocześnie strumieni, kodowaniem, itd. Wskutek tego uzyskuje się różną przepustowość maksymalną w kierunku do użytkownika. Wśród kategorii HSDPA, najbardziej efektywną pod względem wykorzystania dostępnego pasma przy zastosowaniu jed-

nego strumienia i jednej nośnej jest wprowadzona w UMTS Release 7 kategoria 14. Umożliwia ona transmisję z przepustowością do 21,1 Mb/s. Wyższe kategorie wymagają już użycia dwóch lub czterech strumieni oraz/lub agregacji komunikacji na dwóch, trzech, czterech, sześciu lub nawet ośmiu nośnych. 11. odsłona UMTS teoretycznie pozwala już na uzyskanie transmisji w kierunku do użytkownika, z szybkością nawet 337,5 Mb/s (kategorie 36. i 38.).

Trzeba jednak zaznaczyć, że są to wartości czysto teoretyczne, które nie uwzględniają narzutów związanych z nagłówkami pakietów i zakładają idealne warunki radiowe. W rzeczywistych warunkach uzyskiwane szybkości są zdecydowanie niższe, przede wszystkim ze względu na odległość pomiędzy nadajnikiem a odbiornikiem i ze względu na innych użytkowników, znajdujących się w tej samej komórce.

Niedługo po pierwszym HSDPA opracowano też usprawnienie HSUPA, o analogicznej nazwie „High-Speed Uplink Packet Access”, noszące też nazwę EUL – Enhanced Uplink. Jego celem było przyspieszenie transmisji w kierunku od użytkownika do sieci komórkowej. HSUPA zostało włączone do standardu UMTS w jego 6. od-

slonie i również występuje w różnych kategoriach – początkowo o przepustowości do 5,76 Mb/s (kategoria 6.). Zasada działania usprawnienia HSUPA jest podobna do HSDPA – też opiera się przede wszystkim o harmonogramowanie przesyłu pakietów, z tym że w przypadku HSUPA, urządzenie klienckie zgłasza zapotrzebowanie na przesył pakietów, a kontroler sieci przydziela odpowiednie zasoby do transmisji lub nie.

Kolejne kategorie HSUPA były wprowadzane przez organizację 3GPP w kolejnych odsłonach standardu UMTS, wraz z nowymi kategoriami HSDPA. W UMTS Release 11 wprowadzono m.in. najwyższą dotąd, 12. kategorię HSUPA, która teoretycznie pozwala na transfer z szybkością do 34,5 Mb/s. Kategorie od 8. wwyż zostały ponadto zaprojektowane tak, by skrócić opóźnienia w komunikacji.

### HSPA i HSPA+

W nazewnictwie stosowanym przez producentów podzespołów do komunikacji w sieciach komórkowych stosowane są też określenia HSPA i HSPA+. Pierwsze z nich obejmuje przypadek, gdy urządzenie lub sieć obsługuje zarówno HSDPA i HSUPA, choć nie definiuje ono, które kategorie muszą być obsługiwane. Przyjmuje

się jednak, że mianem HSPA można już określać system obsługujący technologie HSDPA i HSUPA, wprowadzone w 6 odsłonie standardu UMTS.

Natomiast nazwa HSPA+ (oficjalnie Evolved HSPA) przysługuje urządzeniom obsługującym kategorie HSDPA i HSUPA, wprowadzone w UMTS Release 7 i/lub UMTS Release 8. Można też się spotkać z nazwą Dual-carrier HSPA, która obejmuje zastosowanie wprowadzonych w 9 odsłonie UMTS-u standardów DC-HSDPA i DC-HSUPA. Od wersji UMTS Release 11, pojawia się natomiast nazwa MC-HSPA, która obejmuje zastosowanie więcej niż 2 nośnych do zwiększenia transmisji w sieciach komórkowych.

HSPA+ zakłada również możliwość zastosowania uproszczonej architektury sieci po stronie operatora, w której kontrolery sieci komórkowej bezpośrednio korzystają z protokołu IP. Zmniejsza to koszt wdrożenia i obsługi takiej sieci.

Duży wzrost szybkości, oferowany przez techniki HSPA+ sprawił, że niektórzy operatorzy zaczęli stosować miano 4G od promowania tego typu sieci komórkowych. Jednakże standard UMTS, nawet ze swoimi najnowszymi usprawnieniami, nie jest prawnym standardem czwartej generacji.

REKLAMA



A company of SIM Tech

### OEM'owe moduły

- GSM/GPRS
- GSM+GPS
- WCDMA/HSPA
- GPS

### Nowość w ofercie

Miniaturowy moduł SIM800H integrujący komunikację GSM z odbiornikiem FM oraz Bluetooth 3.0 EDR



**Tabela 1. Kategorie sprzętu i szybkości transmisji w standardzie LTE. Obecnie w Polsce dominują rozwiązania wspierające kategorie 3 i 4. Kategorie 6, 7 i 8 zostały zaproponowane dopiero w 2011 roku i obejmują metody pochodzące z LTE Advanced, takie jak np. agregacja nośnych**

Standard	Kategoria	Maksymalna szybkość transmisji do użytkownika [Mb/s]	Maksymalna szybkość transmisji od użytkownika [Mb/s]
LTE	1	10,3	5,2
	2	51	25,5
	3	102	51
	4	150,8	51
	5	299,6	75,4
LTE Release 10	6	301,5	51
	7	301,5	102
	8	2998,6	1497,8

**Pora na 4G**

Co ciekawe, początkowo LTE również nie było zaliczane do standardu 4G, gdyż nie spełniało ono wymagań określonych przez międzynarodowe organizacje telekomunikacyjne. Dopiero po pewnym czasie uznano, że odmiennosc LTE od UMTS oraz rosnąca popularność tego standardu są czynnikami, które uzasadniają użycie nazwy 4G w odniesieniu do sieci LTE.

Standard Long Term Evolution to obecnie najlepsza metoda na przyspieszenie zmaksymalizowanie szybkości komunikacji za pomocą sieci komórkowej. Jest on już dostępny u większości głównych operatorów komórkowych w Polsce, a pozostali planują wprowadzenie usług LTE w najbliższych miesiącach. Oczywiście problemem jest realny zasięg, który w praktyce obejmuje głównie miasta, ale uzyskiwana szybkość transmisji jest faktycznie lepsza niż w przypadku starszych technologii, choć bardzo daleka od teoretycznie możliwej.

Teoretyczna szybkość transmisji, możliwa do osiągnięcia w standardzie LTE również zależy od kategorii sprzętu, z którego korzysta. W pierwotnej wersji standardu, którą ogłoszono w 2008 roku zdefiniowano 5 kategorii o przepustowości od 10,3 Mb/s do 299,6 Mb/s w kierunku do użytkownika i o przepustowości od 5,2 Mb/s do 75,4 Mb/s w przeciwnym kierunku. Kategorie te zostały zebrane w tabeli 1. Wybierając moduł lub modem do sieci komórkowej LTE należy przede wszystkim zwrócić uwagę na obsługiwane przez niego kategorie.

Warto też rozumieć, skąd wynikają różnice pomiędzy szybkościami uzyskiwanymi w poszczególnych kategoriach LTE oraz na czym polega odmiennosc tej sieci od UMTS. Warstwa radiowa interfejsu sieci LTE nosi miano E-UTRA (Evolved UMTS Terrestrial Radio Access lub Evolved Universal Terrestrial Radio Acces). Natomiast nadajniki/odbiorniki i urządzenia klienckie korzystające z E-UTRA tworzą sieć nazywaną EUTRAN (ostatnia literka

pochodzi od słowa Network). W sieci tej komunikacja odbywa się w pasmach o szerokości 1,4 MHz, 3 MHz, 5 MHz, 15 MHz lub 20 MHz. Najwyższa, niemal 300-megabitowa szybkość transmisji może być teoretycznie uzyskana przy zastosowaniu 20-megahercowego pasma i czterotorowej transmisji, która wymaga czterech anten odbiorczych w urządzeniu klienckim. W odróżnieniu od UMTS-u, LTE posługuje się wielodostępem OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing) w kierunku do użytkownika i SC-FDMA (Single-Carrier Frequency-Division Multiple Access) w kierunku przeciwnym. Użycie dwóch różnych sposobów wielodostępu modulacji jest uzasadnione tym, że pierwszy z nich narzuca zbyt duże wymagania odnośnie liniowości zastosowanych wzmacniaczy radiowych, co pociąga za sobą zwiększone zużycie energii. Ponieważ urządzenia klienckie są zazwyczaj przenośne, a więc zasilane bateryjnie, w celu nadawania korzystają z bardziej energooszczędnej metody.

Twórcy LTE postarali się też skrócić opóźnienia w komunikacji w sieciach komórkowych. W tym celu uproszczono strukturę sieci i zoptymalizowano ją pod kątem przesyłu danych pakietowych, a nie pod kątem komutacji polegającej na nawiązywaniu i utrzymywaniu połączeń. Odpowiedniki stacji bazowych, występujące w UMTS i nazywane nodeB, zostały zastąpione jednostkami enodeB, które stanowią zintegrowany nodeB z kontrolerem sieci. Zmniejsza to koszt instalacji stacji oraz skraca opóźnienia. Co więcej jednostka enodeB komunikuje się w z otoczeniem bezpośrednio z użyciem protokołu IP, co również upraszcza jej wdrożenie i obsługę. Sieć LTE została też usprawniona względem UMTS, pod kątem obsługi komunikacji z urządzeniami szybko się poruszającymi oraz w celu obsługi bardzo małych komórek sieciowych, choćby o średnicy około 100 m. Oczywiście, zapewniono mechanizmy przekazywania połączeń pomiędzy sieciami LTE i starszych

generacji, zwiększono pojemność pojedynczych komórek oraz zoptymalizowano je dla rozmiarów o promieniu 5 km.

**LTE Advanced**

Tak, jak zostało to wcześniej wspomniane, LTE nie jest standardem w pełni spełniającym pierwotne założenia telefonii czwartej generacji – przede wszystkim na ograniczenie maksymalnej szerokości pasma transmisji do 20 MHz i w konsekwencji – teoretyczną, maksymalną przepustowość. Dopiero standard LTE Advanced (LTE-A), w którym zwiększono efektywność spektralną transmisji oraz umożliwiono agregację nośnych, pozwolił spełnić wymagania międzynarodowych instytucji standaryzujących, odnośnie sieci czwartej generacji. Z tego względu nazywany jest czasami siecią „True 4G”.

Wspomniana agregacja polega na łączeniu transmisji na nawet 5 różnych częstotliwościach (niekoniecznie sąsiadujących) o maksymalnej szerokości 20 MHz każda, co w sumie daje efektywnie pasmo o szerokości 100 MHz. Wskutek tego oraz dzięki innym zabiegom, teoretyczna szybkość transmisji w kierunku do użytkownika w LTE Advanced ma wynosić 1 Gb/s, a w przeciwnym – 500 Mb/s. Warto przy tym zaznaczyć, że wymagania odnośnie sieci komórkowych 4G zakładają, że sieć umożliwi transfer do użytkownika z szybkością przynajmniej 1 Gb/s, jeśli ten jest nieruchomy i przynajmniej 100 Mb/s, jeśli znajduje się w ruchu.

Obecnie, w niektórych większych miastach na świecie trwają testy sieci LTE Advanced, a w kilku wdrożono nawet próbną, komercyjną rozwiązania tego typu, najczęściej polegające na tworzeniu mikrokomórek LTE-A, które znajdują się w zasięgu większych komórek LTE lub 3G. Obsługa LTE Advanced została też wprowadzona do takich zintegrowanych mikroprocesorów, jak np. Qualcomm Snapdragon 800, w którym zaimplementowano m.in. agregację dwóch nośnych o szerokości 10 MHz każda, co ma teoretycznie pozwolić na transfer z szybkością do 150 Mb/s w sieci LTE-A.

Pomimo, że urządzenia klienckie LTE Advanced muszą być w pełni kompatybilne ze standardem LTE, rozwiązania techniczne z LTE Advanced zostały też wprowadzone w 2011 roku do specyfikacji trzech nowych kategorii urządzeń LTE. Zabiegi takie, jak agregacja pasm częstotliwości mają teoretycznie pozwolić na przesył danych w kierunku do użytkownika z szybkością do 2998,6 Mb/s i w przeciwnym kierunku z szybkością do 1497,8 Mb/s.

**Marcin Karbowiczek, EP**