

# Telekomunikacja czwartej generacji dzięki układom Texas Instruments

Wykładniczy wzrost ilości danych przesyłanych przez urządzenia mobilne sprawił, że operatorzy sieci komórkowych stanęli przed nowymi wyzwaniami. Na szczęście, metody transmisji bezprzewodowej wciąż ewoluują, a technologia LTE (Long Term Evolution) stała się światowym standardem komunikacji przyszłości.

LTE jest obecnie wprowadzana przez wszystkich wielkich operatorów sieci komórkowych na świecie. Pozwala na znacznie lepsze wykorzystanie dostępnego pasma częstotliwości, umożliwiające przesyłanie większej liczby bitów na sekundę w przeliczeniu na herc pasma, niż w przypadku starszych technologii. Jednakże implementacja LTE nie byłaby możliwa bez odpowiednich układów scalonych. W praktyce, konstruktorzy stacji bazowych Node B dla omawianej technologii stosują układy SoC (System-On-Chip), co pozwala zmniejszyć koszty działania gotowego urządzenia i zwiększyć jego niezawodność. Przykładem są układy SoC o wielordzeniowej architekturze KeyStone firmy Texas Instruments.

## TI KeyStone

Układy z rodziny KeyStone zostały zaprojektowane tak, by zoptymalizować wydajność obsługę standardów WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access) i LTE, przy jednoczesnym zmniejszeniu poboru mocy przez stację bazową. Co więcej, w przypadku instalacji omawianych układów wewnątrz Node B, duże znaczenie odgrywają wbudowane, konfigurowalne koprocесory obsługujące warstwę fizyczną (warstwę 1) standardów bezprzewodowych. Dzięki temu świetnie sprawdzają się w LTE.

## LTE 3GPP

LTE to najnowszy standard mobilny opracowany przez zrzeszenie 3GPP (Third Generation Partnership Project). Uwzględniono w nim wiele nowoczesnych technologii, których zabrakło w tzw. telekomunikacji 3G. Teoretycznie LTE pozwala na transfer danych z szybkością przynajmniej do 100 Mb/s w kierunku: od stacji do użytkownika oraz przynajmniej do 50 Mb/s w przeciwnym, przy użyciu 20-megahercowego pasma. Realne wartości zależą od konkretnych realizacji i mogą być nawet wyższe. Co więcej, LTE pozwala elastycznie dostosowywać ilość używanego pasma w zakresie od 1,4 do 20 MHz oraz wybrać sposób multipleksowania różnych strumieni danych: z podziałem częstotliwości (FDD – Frequency-Division Duplexing) lub z podziałem czasu (TDD – Time-Division Duplexing).

## Warstwy LTE

Podstawą stosu protokołu komunikacyjnego LTE jest warstwa fizyczna (PHY), czasami określana mianem warstwy pierwszej. To od niej zależy utrzymanie łącza pomiędzy stacją bazową a urządzeniem mobilnym bez przerw i zakłóceń. Kolejne warstwy to: druga – dostępu do medium (MAC – Media Access Control) i trzecia – kontroli

### Dodatkowe informacje:

Bogatą ofertę produktową układów Texas Instruments można znaleźć na stronie internetowej <http://pl.farnell.com/>

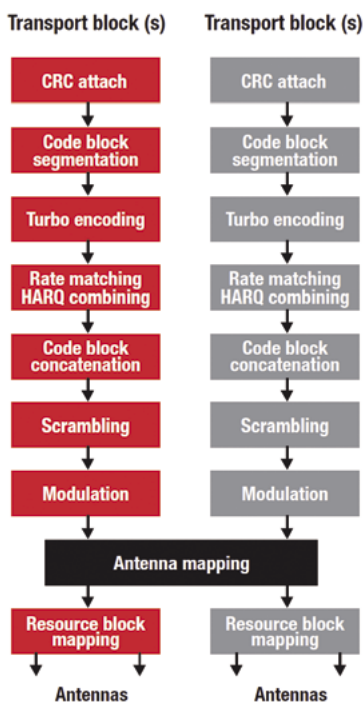
zasobów radiowych (RRC – Radio Resource Control). Wraz z pierwszą, umożliwiającą wyższym warstwom transfer danych przez łącze bezprzewodowe. Warstwa fizyczna obsługuje kodowanie kanałów, moduluje sygnał i automatycznie powtarza transmisję, gdy wystąpi taka potrzeba. Ponadto to od niej zależy obsługa wielu anten dla pojedynczego połączenia.

## Działanie warstwy fizycznej

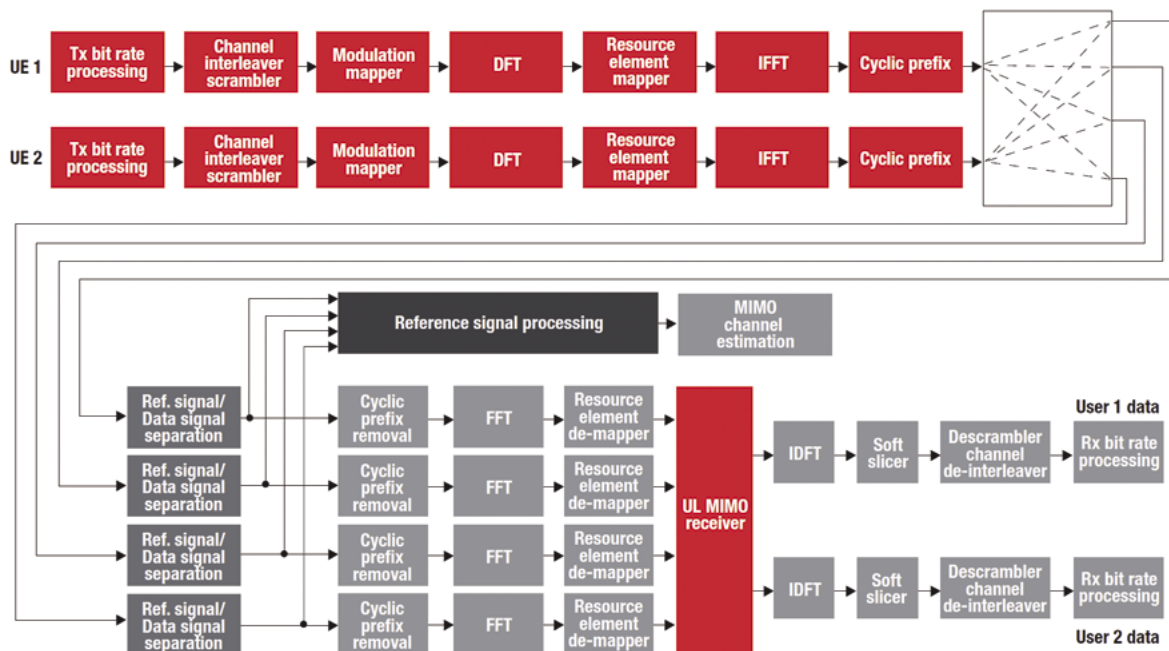
Po odebraniu bloku danych z warstwy MAC, warstwa fizyczna oblicza jego sumę kontrolną (CRC – Cyclic Redundancy Check) i dołącza ją do bloku. Jeśli łączny rozmiar takiego pakietu przekracza maksymalny możliwy, tj. 6144 bity, jest on dzielony na segmenty. Dla każdego z nich obliczana jest nowa suma kontrolna. Następnie obliczany jest turbo-kod oraz dopasowywanie szybkości transmisji do dostępnych zasobów. Obsługiwany jest również protokół HARQ (Hybrid Automatic Repeat Request), który ułatwia odbiornikowi określenie, czy konieczna jest retransmisja pakietu. Połączeniu ze sobą nadawanych bloków danych przeprowadzane jest kodowanie bitów, tak by skrócić wszelkie długie łańcuchy zer i jedynek, które mogłyby powodować problemy z synchronizacją odbiornika. Kolejnym krokiem jest modulacja: QPSK (Quadrature Phase Shift Keying), 16QAM (Quadrature Amplitude Modulation) lub 64QAM. Zmodulowany sygnał jest następnie wstępnie mapowany z uwzględnieniem transmisji za pomocą kilku anten, po czym jest on modulowany algorytmem OFDM, który przypisuje symbole danych dostępnym antenom do transmisji (rysunek 1).

## OFDM

OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing) to metoda stosowana w LTE do modulowania transmisji radiowej. Polega ona na jednoczesnym przesyśle strumieni danych na ortogonalnych częstotliwościach



Rysunek 1. Procedura przetwarzania danych przesyłanych ze stacji bazowej do użytkownika w standardzie LTE



Rysunek 2. Obsługa technologii MIMO w LTE

nośnych. Zapewnia to dużą odporność na degradację sygnału w przypadku gdy w kanałach radiowych występuje zjawisko wielodrogowości. Umożliwia bardziej efektywne wykorzystanie dostępnego pasma i redukuje problemy związane z interferencjami międzysymbolowymi. Zmniejsza też problemy związane z synchronizacją czasową odbieranego sygnału. Implementacja modulacji OFDM jest dosyć prosta i wymaga zastosowania szybkiej transformaty Fouriera.

### MIMO

Pełna obsługa LTE wymaga także implementacji technologii MIMO (*Multiple Input, Multiple Output*), zarówno po stronie nadajnika, jak i odbiornika. Polega ona uży-

ciu więcej niż jednej anteny do odbioru i do nadawania sygnału. Jej użycie znacząco zwiększa maksymalną dostępną przepustowość łącza oraz obszar terenu, na którym sygnał jest wystarczający do prowadzenia komunikacji, bez potrzeby poszerzania pasma lub mocy nadawczej. W praktyce prowadzi ona do zwiększenia efektywności spektralnej łącza oraz jego niezawodności. Model przetwarzania danych nadajnika i odbiornika MIMO 2x4 (uplink) został przedstawiony na **rysunku 2**.

Użycie więcej niż jednej anteny do odbioru zwiększa stosunek SNR sygnału. Jeśli odbierany sygnał jest zaszumiony, warto stosować technikę MRC (*Maximum-Ratio Combining*). Jeśli większy problem niż szum stanowią interferencje, należy skorzystać z algorytmu MMSE (*Minimum Mean Square Error*). Użycie dowolnej z nich pozwala ustalić wagi, z jakimi sumowane są sygnały odbierane za pomocą poszczególnych anten. Wydajność tych operacji może być znacznie zwiększona, przy zastosowaniu przetwarzania zmiennoprzecinkowego w odbiorniku.

architekturę. Dodatkowo zostały wzbogacone o możliwość przetwarzania zmiennoprzecinkowego oraz zmodernizowano sposób przekazywania danych wewnątrz jednostki. Cechy te sprawiają, że układ idealnie nadaje się do zastosowań w szybkich sieciach czwartej generacji.

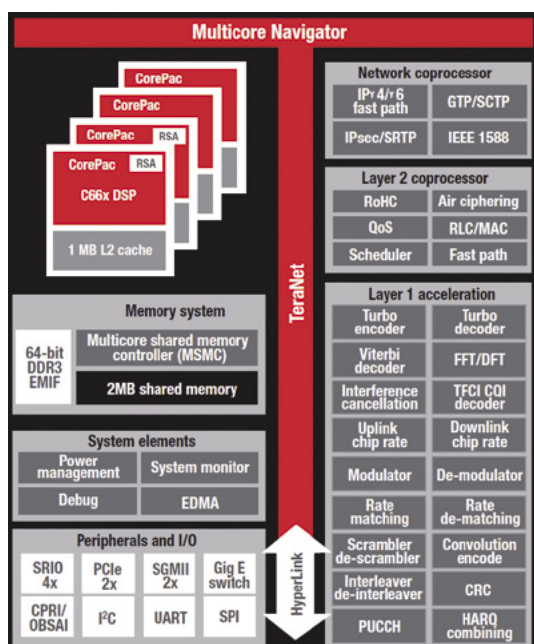
TCI6618 obsługuje dwa pasma o szerokości 20 MHz każde i dla każdego z nich pozwala odbierać sygnały z dwóch anten i nadawać za pomocą dwóch anten, co w skutkuje maksymalnym transferem na poziomie 300 Mb/s w kierunku do użytkownika i 150 Mb/s od użytkownika.

### Podsumowanie

Układy wykonane zgodnie z wielordzeniową architekturą KeyStone to pierwsze struktury na rynku, które zawierają wysokowydajny, zintegrowany procesor RISC oraz bloki DSP z odpowiednimi koprocesorami i podsystemami wejścia i wyjścia, niezbędnymi do komunikacji w standardzie LTE. KeyStone to zarazem pierwsza wielordzeniowa architektura, której wewnętrzna szyna danych umożliwia wystarczająco szybki, dostęp bez opóźnień do wszystkich rdzeni DSP, układów peryferyjnych, koprocesora oraz wejść i wyjść.

Texas Instruments udostępnia też oprogramowanie warstwy fizycznej LTE zoptymalizowane dla rdzeni C66x. Dzięki temu wszystkiemu, układy TMS320TCI6618 stanowią obecnie najbardziej zaawansowaną platformę sprzętowo-programową dla komunikacji bezprzewodowej czwartej generacji.

**Zhihong Lin, Greg Wood**  
Texas Instruments



Rysunek 3. Schemat blokowy układu TMS320TCI6618

### Układy SoC do LTE

Wszystkie powyższe procedury obsługuje układ TCI6618, który należy do rodziny wielordzeniowych procesorów sygnałowych TMS320C66x firmy Texas Instruments. Jego schemat blokowy został zilustrowany na **rysunku 3**. Zawiera cztery rdzenie C66x taktowane zegarem 1,2 GHz, zbudowane w oparciu o sprawdzoną

Artykuł został opracowany we współpracy z firmą Farnell