

MODERNIZACJA RADIOWYCH SIĘCI KOMÓRKOWYCH RAN

Krzysztof Burzyński
Piotr Kantorek



WSTĘP

ROZWÓJ MOBILNEGO INTERNETU

Usługi mobilnego internetu na przestrzeni kilku ostatnich kwartałów stały się najdynamiczniej rozwijającą się gałęzią przychodów dla operatorów na całym świecie. Niezbędnym staje się przygotowanie sieci do obsługi bardzo szybko przyrastającej ilości przesyłanych danych oraz dużej liczby abonentów. Badania rynków mobilnych na całym świecie pokazują, iż dla użytkowników telefonów i urządzeń nowej generacji, takich jak smartfony i tablety, jakość i dostępność sieci to parametry kluczowe. Decydują one o wyborze dostawcy usług jak i kształtują aktywność abonentów. Przekłada się to wprost proporcjonalnie na wzrost zysków operatorów elastycznie reagujących na nowe potrzeby rynku.

Coraz ważniejsze staje się wykorzystanie sieci komórkowych do świadczenia usług szerokopasmowego dostępu do internetu przy użyciu technologii HSPA+ oraz LTE. W wielu przypadkach operatorzy, na podstawie rachunku biznesowego, dochodzą do wniosku, że jedynie dostęp radiowy jest ekonomicznie opłacalną metodą dotarcia do nowych abonentów. Jest to szczególnie istotne w obszarach mniej zurbanizowanych, gdzie jakość i dostępność usług LTE ma ogromną szansę pobicia obecnej oferty ADSL.

Użytkowników mobilnego internetu możemy podzielić na 3 grupy:

- 1) Użytkownicy korzystający ze smartfonów. Używają swoich telefonów wszędzie, gdzie jest to możliwe. Cechuje ich przede wszystkim mobilność i duża ilość wykorzystywanych aplikacji.
- 2) Użytkownicy laptopów, netbooków i tabletów. Potrzebują dostępu do sieci w domu i poza nim. Mobilność nie jest dla nich tak krytyczna jak dla użytkowników smartfonów, jednak oczekują większej przepustowości sieci.
- 3) Użytkownicy komputerów stacjonarnych. Korzystają z sieci głównie w domu. Mobilny Internet postrzegają jako usługę uzupełniającą lub zastępującą internet przewodowy. Prędkość maksymalna jest ważnym czynnikiem dla tej grupy klientów, podobnie jak brak ograniczeń na ilość danych przesyłanych miesięcznie.

NOWE USŁUGI I NOWE PRZYCHODY

Największy wzrost liczby abonentów obserwujemy wśród użytkowników tabletów i smartfonów. Do końca 2010 roku na świecie sprzedano ponad 200 mln smartfonów, a w 2011 roku będzie ich więcej niż komputerów stacjonarnych i przenośnych. Szacuje się, że w 2016 roku roczna sprzedaż smartfonów przekroczy 1 mld sztuk. Przeciętny użytkownik smartfona zużywa obecnie około 100 MB danych. Przewiduje się, że w 2016 roku liczba ta wzrośnie do 700 MB. Przy masowej penetracji tego typu urządzeń stawia to poważne wyzwanie infrastrukturze sieciowej.

Fenomen wzrostu sprzedaży urządzeń końcowych nowej generacji, tzn. smartfonów i tabletów w ciągu ostatnich 18 miesięcy jest ogromną szansą dla operatorów na wzrost obrotów i dochodów w obszarach do niedawna uważanych za niszowe. Stało się to możliwe dzięki

błyskawicznej reakcji rynku aplikacji, który już w tej chwili oferuje dla tych urządzeń kilkaset tysięcy dedykowanych programów. Ich specyfika, wymuszająca interaktywne zachowanie użytkownika, odróżnia taki abonencki model ruchowy od typowego zachowania klienta z komputerem PC. Daje to w bliskiej perspektywie szanse uzyskania wyższego ARPU w segmencie smartfonów.

Nową, dynamicznie rozwijającą się kategorią usług transmisji danych jest komunikacja *machine-to-machine*. Trendy rynkowe i sugestie analityków jednoznacznie sugerują, że wkrótce sieci operatorskie na całym świecie będą obsługiwać miliardy urządzeń wyposażonych w moduły komunikacji danych wymagających dostępu do sieci HSPA+ lub LTE. Te specyficzne usługi staną się atrakcyjnym źródłem przychodów z nowych rynków biznesowych.

Wraz z rozwojem usług LTE będziemy obserwować coraz częstsze zastępowanie stacjonarnych usług dostępu do internetu przez mobilny internet. Jest to duża szansa rozwoju całej branży, ale także wyzwanie techniczne i biznesowe.

PRZYSZŁOŚĆ USŁUG GŁOSOWYCH

Nie należy zapominać, że usługi głosowe wciąż stanowią dominującą część przychodów operatorów komórkowych. Nawet na dojrzałych rynkach obserwuje się znaczący wzrost ruchu głosowego, chociaż realne przychody z tego typu usług spadają. Technologia GSM postrzegana jest jako „maszyna głosowa”, która będzie funkcjonować co najmniej do 2020 roku. Nastąpiła znaczna zmiana percepcji. Jeszcze do niedawna uważano, że GSM jest technologią schyłkową, która zostanie zastąpiona przez 3G. Obecnie jasne jest, że zapotrzebowanie na usługi GSM nie znika. Na rynku jest ciągle bardzo dużo terminali obsługujących jedynie ten standard.

Operatorzy i dostawcy pracują nad usprawnieniami sieci 2G, aby uczynić je jeszcze bardziej efektywnymi. Wprowadza się zaawansowane mechanizmy, które umożliwiają obsługę nawet do czterech jednoczesnych połączeń głosowych w jednym kanale. Stacje GSM nowej generacji, oparte na platformie *multi-standard* pozwalają budować pojemność 2G w sposób znacznie bardziej efektywny.

Nowa generacja sprzętu wspiera także usługę *HD Voice*, dzięki której uzyskuje się bardzo dobrą, unikalną jakość połączeń głosowych, nieporównywalnie lepszą od internetowego VoIP, ale także od klasycznej telefonii stacjonarnej. Wpływa to na wydłużenie średniego czasu połączenia głosowego, gdyż abonenci chętniej i dłużej rozmawiają w lepszych warunkach, a czego konsekwencją jest wzrost przychodów z usług głosowych.

WYZWANIA DLA SIECI KOMÓRKOWYCH

Sukces Mobilnego Internetu otwiera operatorom nowe możliwości wzrostu biznesu. Znaczący udział w rynku wraz z szeroką gamą usług są kluczowymi elementami do osiągnięcia wysokiej rentowności przedsięwzięcia. Udowodniono na wielu przykładach, iż jakość sieci postrzegana przez klientów jest krytycznym aspektem przy wyborze operatora. Operatorzy stoją przed wyzwaniem przygotowania sieci do obsługi dużej liczby abonentów Mobilnego Internetu oraz ogromnego wolumenu danych.

Aby sprostać wymaganiom rynku należy zaadresować następujące zagadnienia:

1. Dostarczenie usług o jakości odpowiadającej potrzebom biznesowym i rynkowym
2. Efektywna kosztowo rozbudowa sieci
3. Optymalizacja kosztów eksploatacji siecią

Modernizacja sieci pomaga osiągać te cele. Wielu operatorów już rozpoczęło szereg aktywności, takich jak:

- Rozszerzenie zasięgu sieci Mobilnego Internetu (z uwzględnieniem pokrycia wewnątrz budynków), aby usługi były dostępne wszędzie tam, gdzie abonenci chcą z nich skorzystać
- Rozszerzenie funkcjonalności technologii HSPA+, aby uzyskać większe prędkości transmisji i mniejsze opóźnienia
- Wdrożenie technologii LTE w miejscach o zapotrzebowaniu na bardzo dużą pojemność sieci

Operatorzy stawiają przyszłej sieci mobilnej następujące wymagania:

- Zapewnienie odpowiedniej pojemności oraz jakości usług dla użytkowników końcowych
- Wsparcie nowych funkcjonalności wymaganych do rozwoju biznesu
- Niskie koszty operacyjne (OPEX) z uwzględnieniem kosztów dzierżawy stacji oraz energii elektrycznej
- Przygotowanie do wdrożenia technologii LTE w przyszłości w sposób szybki i nie wymagający dużych inwestycji

Kończy się epoka, w której dominował model biznesu głosowego. Paradygmat Mobilnego Internetu oznacza konieczność zmiany planów inwestycyjnych. Stare rozwiązania zostaną zastąpione infrastrukturą *all-IP* oraz *multi-standard*.

JAKOŚĆ USŁUG OKREŚLI KONKURENCYJNOŚĆ OPERATORA

Konkurencyjność operatorów będzie coraz bardziej zależeć od jakości ich usług postrzeganej przez użytkowników końcowych. Będzie ona często mierzona i analizowana przez niezależne instytucje, regulatora oraz branżowe media.

Percepcja jakości usług jest budowana przez:

- **Dostępność usługi** – na to wpływa pokrycie terenu sygnałem radiowym i jego natężenie wewnątrz budynków. Niska dostępność usługi wynika zwykle ze zbyt małej ilości stacji.
- **Szybkość transmisji** – niska obserwowana przepustowość wiąże się najczęściej z przeładowaniem komórek z powodu zbyt małej ilości stacji i ich niskiej pojemności lub z niską przepustowością łącz transmisyjnych.
- **Stabilność połączenia** – na to wpływa szybkość zestawiania łącza, obserwowane opóźnienia *ping* oraz nieprzerwane świadczenie usługi. Wiąże się to bezpośrednio z jakością sprzętu i dokładnością optymalizacji parametrów radiowych sieci.

Wbrew powszechnemu mniemaniu, jakość sieci nie poprawi się po wdrożeniu technologii kolejnej generacji. Słabo zaprojektowane i wdrożone LTE będzie działało równie źle, jak

przeciążona sieć HSPA. Jedynie kompleksowa modernizacja, zapewnienie odpowiedniej ilości stacji i ich pojemności, a także skuteczna optymalizacja parametrów sieci jako całości może przynieść znaczące efekty.

W najbliższym czasie opinię o jakości sieci będą kształtować użytkownicy smartfonów. W ich oczekiwaniu usługi transmisji danych winny mieć takie same parametry jakościowe, jak usługi głosowe. Dotyczy to w szczególności dostępności do usług wewnątrz budynków oraz w tzw. białych plamach, gdzie dzisiaj brak jest zasięgu HSPA.

Zadowolenie użytkowników smartfonów z dostępu i jakości usługi jest ważniejsze, niż szybkość transmisji.

ROZWÓJ TECHNOLOGII RADIOWYCH

Licencjonowane pasma częstotliwości są dla operatorów komórkowych bardzo cennym zasobem. Muszą być wykorzystywane w jak najefektywniejszy sposób. Wychodząc na przeciw tym wyzwaniom grupa standardyzacyjna 3GPP opracowała technologię *multi-standard radio*. Koncepcja ta umożliwia budowę wspólnej sieci radiowej dla różnych technologii: GSM, WCDMA/HSPA i LTE oraz pozwala na elastyczne wykorzystywanie dostępnych zasobów częstotliwościowych dla różnych technologii, np. łączenie GSM oraz WCDMA w paśmie 900 MHz lub GSM oraz LTE w paśmie 1800 MHz.

Zgodnie z wytycznymi UE, regulatorzy zezwolą na wykorzystanie pasm GSM przez technologie WCDMA i LTE, czyli tzw. *refarming*. Technologia *multi-standard* jest standaryzowana przez 3GPP, jednakże oferty rynkowe producentów różnią się od siebie. W czasie wprowadzania nowych technologii, pozornie drobne różnice technologiczne prowadzą do znacznych efektów jeśli chodzi o jakość usługi i zadowolenie klientów końcowych. Wskaźniki jakości i stabilności sieci, znane z klasycznych usług głosowych, są również istotne w przypadku transmisji danych.

Rozwój usług szybkiej transmisji danych pociąga za sobą konieczność dostosowania do nowych potrzeb dostępowej sieci transmisyjnej. Obecnie najefektywniejszym rozwiązaniem jest wspólna sieć transmisyjna dla GSM, WCDMA/HSPA i LTE zbudowana w oparciu o technologię IP i dostępne pakietowe urządzenia mikrofalowe i optyczne.

ARCHITEKTURA WARSTWOWA SIECI RADIOWYCH

Opracowując koncepcję budowy mobilnej sieci radiowej należy pamiętać, że im niższa częstotliwość, tym lepsza propagacja fal radiowych. Dlatego też wczesne sieci GSM były budowane w paśmie 900 MHz. W miarę wyczerpywania się pojemności rozpoczęto budowę sieci 1800 MHz. Opracowano technologie pozwalające na optymalne przenoszenie ruchu pomiędzy pasmami i koncepcję sieci o hierarchii warstwowej. Pasmo 900 MHz gwarantuje zasięg usługi i dostęp wewnątrz budynków, a pasmo 1800 MHz, używane głównie w miastach, dostarcza niezbędnej pojemności.



Podobnie, aby zapewnić jakość sieci i satysfakcję abonentów 3G lub LTE, należy też zastosować architekturę warstwową. Do tej pory sieci 3G budowano opierając się jedynie na warstwie 2100 MHz. To pasmo nie gwarantuje dobrego zasięgu sieci, ani penetracji wewnątrz budynków, co często powoduje niezadowolenie klientów z jakości usług. Aby temu zaradzić, należy rozważyć budowę warstwy dostępowej 3G w paśmie 900 MHz. W ostatnim roku wielu europejskich operatorów doszło do tego wniosku i już wdraża odpowiednie rozwiązania w wybranych aglomeracjach miejskich.

W przypadku LTE warstwą pojemnościową będą pasma 1800 i 2600 MHz. Jediną szansą na budowę warstwy dostępowej jest 800 MHz. W przypadku braku dostępności tych częstotliwości możemy jedynie liczyć na sieć WCDMA jako warstwę dostępową dla LTE. W tym wypadku jakość sieci LTE w postrzeganiu abonentów będzie w dużej mierze zależała od jakości sieci dostępowej 3G. Podkreśla to jeszcze bardziej wagę inwestycji w WCDMA w paśmie 900 MHz.

Warto zauważyć, że komórki warstwy pojemnościowej są mniejsze niż dostępowe. Pomimo tego bardzo efektywnie przejmują obsługę ruchu, odciążając warstwę dostępową. Przy takiej koncepcji budowy sieci można planować komórki warstwy pojemnościowej wyspowo, a ciągłość usługi zapewniona jest przez warstwę dostępową.

Budowa warstwy dostępowej usług 3G w paśmie 900 MHz gwarantuje znaczącą poprawę zasięgu i penetracji wewnątrz budynków.

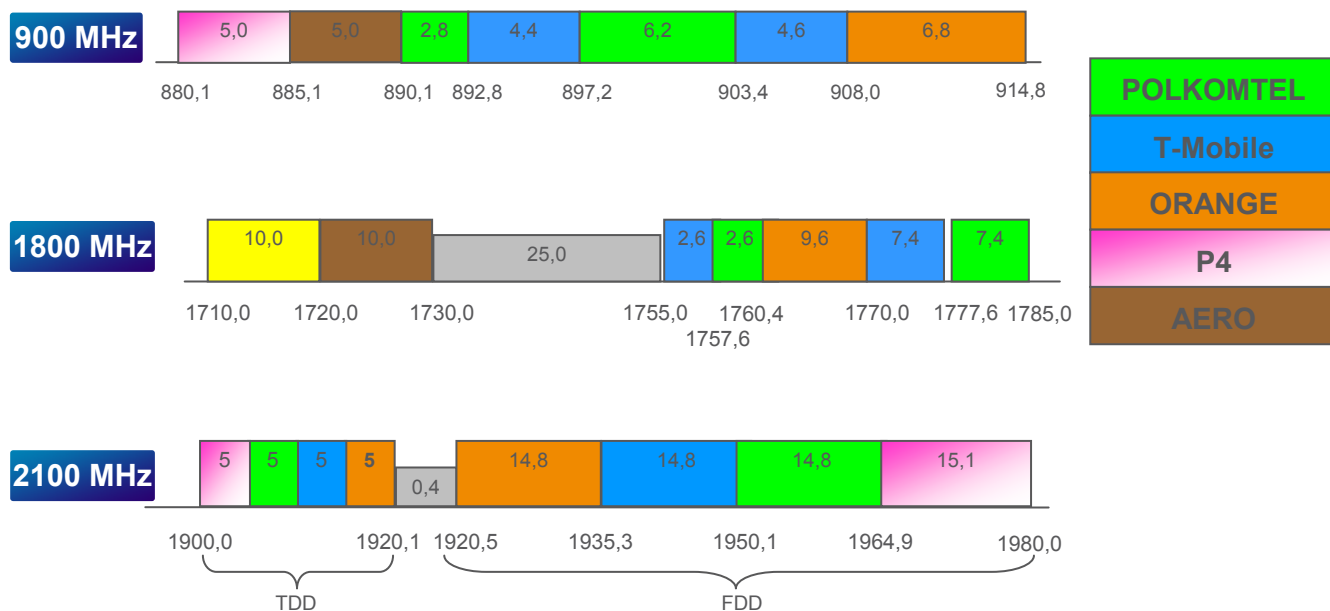
CZĘSTOTLIWOŚCI I TECHNOLOGIE

Obecnie w Polsce do celów telefonii komórkowej wykorzystuje się 3 główne pasma częstotliwości: 900, 1800 i 2100 MHz. Regulator planuje przeprowadzenie przetargu na pasma częstotliwości 800 MHz i 2600 MHz z przeznaczeniem do wdrożenia technologii LTE. Zgodnie z sugestiami Unii Europejskiej, tradycyjne pasma GSM, tzn. 900 i 1800 MHz jak i 2100 MHz będą otwarte na wykorzystanie w nich dowolnych technologii radiowych 3GPP.

Biorąc pod uwagę rozwój technologii, plany i wdrożenia operatorów oraz dostępność urządzeń końcowych w Europie przewiduje się następujący schemat wykorzystania poszczególnych pasm częstotliwości:

- 800 MHz – technologia LTE
- 900 MHz – technologie GSM i WCDMA/HSPA+
- 1800 MHz – technologie GSM i LTE
- 2100 MHz – technologia WCDMA/HSPA+
- 2600 MHz – technologia LTE

Na diagramie przedstawionym poniżej przedstawiono szkic podziału pasm częstotliwości pomiędzy poszczególnych operatorów w Polsce. Nieciągłość pasm 900 i 1800 MHz w najbliższej przyszłości utrudni wdrażanie szerokopasmowych technologii WCDMA oraz LTE. Potrzebny będzie nie tylko *refarming*, ale także swoista konsolidacja zasobów polegająca na ich wymianie pomiędzy operatorami.



TERMINALE

Od ponad roku zarysował się jasny trend w branży terminali mobilnych: ponad 50% sprzedanych w Europie urządzeń to smartfony. Są to zawsze urządzenia wspierające technologie GSM i HSPA+. Należy zaznaczyć, że zasięg HSPA jest niezbędny dla poprawnego działania ich aplikacji mobilnych.

W przypadku LTE, pierwszymi dostępnymi terminalami są moduły USB do komputerów i laptopów. Smartfony pracujące w tej technologii upowszechnią się dopiero za jakiś czas. Ze względu na różnorodność pasm częstotliwości LTE oraz ograniczone możliwości technologiczne urządzeń końcowych, dostęp do technologii LTE nie będzie powszechny. Warto nadmienić, że smartfony LTE będą wspierać równolegle technologię HSPA+. W przypadku urządzeń LTE dodatkowym wyzwaniem jest obsługa komunikacji głosowej. Realizowana ona będzie jedynie w wersji pakietowej (VoIP), a nie jak w tradycyjnej komunikacji mobilnej. Z tego względu głównymi technologiami obsługującymi komórkowy głos pozostaną na dłuższy czas GSM oraz WCDMA.

W związku z szybko rosnącą penetracją smartfonów oraz w celu zwiększenia wykorzystania dostępnego pasma radiowego warto ograniczyć sprzedaż tych nowych telefonów, które nie wspierają HSPA+. Podobnie, z punktu widzenia efektywności inwestycji sieciowych niekorzystne jest zwiększanie penetracji urządzeń HSPA starszej generacji, a w szczególności nieobsługujących HSUPA.

STRATEGIA ROZWOJU SIECI RAN

Ewolucja sieci radiowej jest bardzo ważnym aspektem dla każdego operatora komórkowego. Jakość sieci jest kluczowa w obliczu stale rosnących wymagań abonentów oraz zapotrzebowania na nowe usługi.

W ostatnim czasie wielu operatorów podjęło decyzje o modernizację sieci radiowej. Głównymi czynnikami, które decydują o modernizacji są:

- Przygotowanie sieci do szybkiego wzrostu liczby abonentów i wolumenu danych dla usług Mobilnego Internetu
- Decyzje regulacyjne o wprowadzeniu neutralności technologicznej dla różnych zakresów częstotliwości (tzw. *refarming*)
- wdrożenie technologii LTE
- obniżenie kosztów operacyjnych (OPEX)

Modernizacja sieci to coś więcej, niż wdrożenie sprzętu *multi-standard*. To również doskonały moment na przebudowę sieci, aby maksymalnie wykorzystać potencjał dostępnych technologii i zasobów częstotliwości. Ważne jest również techniczne przygotowanie sieci do efektywnego i szybkiego wdrożenia nowych technologii takich jak HSPA+ i LTE.

Ponieważ mówimy o wielu pasmach częstotliwości obsługujących jednocześnie kilka różnych technologii, zagadnienie staje się dosyć złożone. Mimo uniwersalności sprzętu *multi-standard*, anteny pozostają osobne dla poszczególnych pasm. Wdrożenie nowego zakresu częstotliwości na danej stacji wiąże się więc z kosztownym i czasochłonnym procesem budowlanym. Decyzje o modernizacji sieci muszą zapadać na podstawie planów biznesowych wybiegających na kilka lat do przodu.

Przygotowując spójną techniczną i projektową strategię rozwoju sieci warto spojrzeć na następujące zagadnienia:

- Biznes plan i planowane obciążenie sieci w strukturze geograficznej
- Jakie terminale mają być obsługiwane przez sieć
- Dostępne zasoby częstotliwości w rozumieniu architektury warstwowej, ich wpływ na gęstość stacji i ich rozmieszczenie
- Planowanie etapów projektu modernizacji, aby inwestycje były powiązane ze wzrostem przychodów
- Uwzględnienie zagadnienia efektywnego wykorzystania istniejącej infrastruktury
- Standardy techniczne budowy sieci wpływające na nakłady inwestycyjne, a później na koszty operacyjne

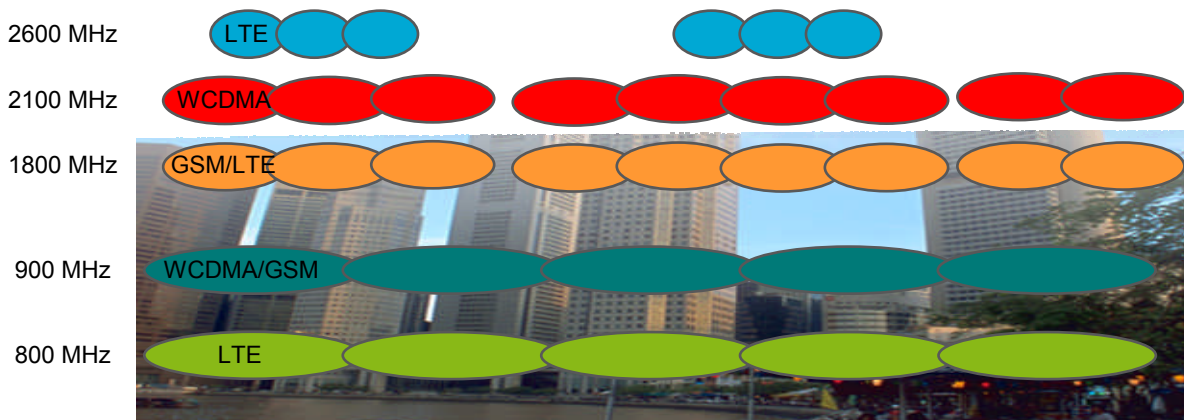
Dostępność częstotliwości pasma 1800 MHz sugeruje, że na nich właśnie oprze się wczesnie uruchomienie usług LTE. Będzie to jednak wymagało zagęszczenia siatki stacji 1800 MHz. Inwestycje w stacje w tym paśmie będą jednak efektywnie wykorzystane, ponieważ w technologii *multi-standard* obsłużą jednocześnie usługi głosowe GSM.

Usługi transmisji danych w standardzie 3G nie mają obecnie zbyt dobrej opinii użytkowników ze względu na braki w zasięgu i słaby sygnał wewnątrz budynków. Uruchomienie WCDMA/HSPA+ w paśmie 900 MHz może znacząco poprawić jakość sieci 3G w miastach. Ponadto, usługi WCDMA 900 są praktycznie jedyną dostępną metodą oferowania 3G w kosztowo efektywny sposób poza aglomeracjami miejskimi.

Jako miarę sukcesu przedsięwzięcia modernizacji sieci można przyjąć stopień zadowolenia użytkowników smartfonów. Miano **najlepszej sieci smartfonowej** na pewno przyciągnie nowych klientów!

PRZYKŁADOWY SCENARIUSZ MODERNIZACJI SIECI RAN DLA TERENÓW MIEJSKICH

Dla miast powyżej 100 000 mieszkańców sieć radiową należy zmodernizować w pierwszej kolejności. Inwestycja ta zapewni odpowiednią pojemność i jakość do obsługi rosnącej grupy abonentów smartfonów.



Najisotniejsze jest szybkie wdrożenie technologii WCDMA 900, co spowoduje poprawę jakości sieci HSPA+ wewnątrz budynków i usunięcie białych plam. Jest to szybki sposób na uzyskanie przewagi konkurencyjnej nad innymi operatorami. Jednocześnie konieczne jest rozszerzenie zasięgu sieci GSM 1800, co pozwoli obsłużyć znaczną część ruchu głosowego przenieszonego dziś w warstwie GSM 900.

Wdrożenie stacji bazowych typu *multi-standard* pozwoli na uruchomienie technologii LTE 1800. W miejscach, gdzie potrzebna jest duża pojemność sieci rekomenduje się dalsze wdrażanie technologii WCDMA 2100 oraz implementację HSPA na kolejnych nośnych. W perspektywie następnych lat może być konieczne uruchomienie technologii LTE 2600 w obszarach o największym obciążeniu sieci.

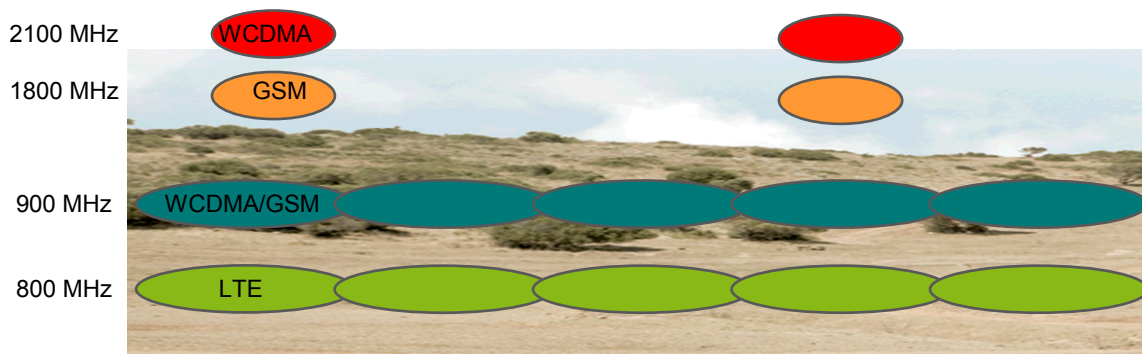
PRZYKŁADOWY SCENARIUSZ MODERNIZACJI SIECI RAN DLA TERENÓW PODMIEJSKICH I MNIEJSZYCH MIAST



W miastach o populacji od 10 000 do 100 000 mieszkańców strategia rozwoju będzie nieco inna. Ze względu na większy średni rozmiar komórek ruch *per* stacja bazowa jest na tych obszarach znacznie większy, niż w miastach powyżej 100 000 mieszkańców. Będą potrzebne nowe stacje. Rekomenduje się kontynuację wdrażania technologii WDMA 2100 oraz rozpoczęcie implementacji WCDMA 900 przy jednoczesnym rozszerzeniu zasięgu sieci GSM 1800.

W ciągu kolejnych 3-5 lat wdrożenie technologii LTE 1800 pozwoli na zwiększenie pojemności sieci na obszarach, na których będzie taka potrzeba. W następnych etapach siatka stacji będzie stopniowo zagęszczana, aż do uzyskania ciągłego, zewnętrznego sygnału w paśmie 1800 MHz. W konsekwencji, na tym obszarze poziom usług WCDMA/LTE będzie zbliżony do oferowanego na obszarach wielkomiejskich.

PRZYKŁADOWY SCENARIUSZ MODERNIZACJI SIECI RAN DLA OBSZARÓW NIEZURBANIZOWANYCH



W miejscowościach poniżej 10 000 mieszkańców oraz na obszarach wiejskich konieczne jest zapewnienie pokrycia siecią HSPA, a w przyszłości LTE, z wykorzystaniem pasm 900 MHz oraz 800 MHz. W krótkiej perspektywie czasowej należy wykorzystać technologię WCDMA 900, a na obszarach o zwiększonym zapotrzebowaniu na pojemność, również pasmo 2100 MHz. W przypadku uzyskania licencji na pasmo 800 MHz, będzie możliwe uruchomienie technologii LTE 800.

Wszystkie rekomendowane powyżej aktywności pozwolą na zbudowanie ogólnokrajowej, efektywnej sieci transmisji danych, co zapewni unikalną, wysoką jakość usługi dla abonentów.

MODERNIZACJA RAN W PRAKTYCE

TRANSMISJA

Obecne łącza transmisyjne, wymiarowane pod kątem usług głosowych, nie będą wystarczające do obsługi ruchu Mobilnego Internetu w standardach HSPA+ oraz LTE. Zamiast kilkunastu Mb/s koniecznym jest zapewnienie łącz o przepływnościach rzędu kilkuset Mb/s. Nowoczesne stacje wymagają pakietowej transmisji IP/Ethernet, która jest znacznie wydajniejsza w przypadku przesyłu danych. Modernizacja stacji radiowej wiąże się więc z koniecznością modernizacji sieci transmisyjnej.

Jednakże, aby osiągnąć takie wydajności nie ma konieczności budowy łącz światłowodowych. Nowoczesne łącza mikrofalowe spełniają wszystkie wymagania już dziś. W niedalekiej przyszłości można będzie używać łącz mikrofalowych o przepływnościach nawet rzędu 1 Gb/s. Pakietowa transmisja światłowodowa jest niezbędna w tzw. sieci *high-RAN*, gdzie agreguje się ruch z wielu stacji bazowych. Łącza transmisyjne są wąskim gardłem wielu projektów modernizacji sieci. Ich niedostosowanie może wpływać na poważne pogorszenie przepustowości i jakości usług transmisji danych.

ROZWIĄZANIA KONSTRUKCJI STACJI

Kompleksowy projekt modernizacji sieci oznacza konieczność przebudowy systemów antenowych, ponieważ wprowadza obsługę dodatkowych częstotliwości. Stacje będą rozbudowywane tak, aby miały systemy antenowe przygotowane do obsługi pasm 900, 1800 i 2100 MHz. W zależności od dostępności częstotliwości, rozwoju ruchu w sieciach i strategii biznesowej może się pojawić konieczność dodania obsługi pasma 800 MHz na terenach nieurbanizowanych, a pasma 2600 MHz w aglomeracjach miejskich.

W procesie modernizacji ważne jest maksymalne wykorzystanie potencjału istniejącej infrastruktury, a w szczególności systemów antenowych. Do tego celu idealnie nadają się produkty nowej generacji integrujące moduły radiowe stacji bazowych z antenami. To unikalne rozwiązanie pozwala na wdrożenie najnowocześniejszych technologii HSPA+ i LTE na istniejących lokalizacjach przy zachowaniu istniejącej infrastruktury torów antenowych: stare anteny zostaną zastąpione przez produkty spełniające najwyższe standardy nowoczesnych sieci radiowych bez konieczności uruchamiania złożonych procesów budowlanych.

Dla technologii wykorzystujących warstwę dostępową 900 MHz rekomenduje się wykorzystanie istniejącej infrastruktury systemów antenowych. Dla warstwy pojemnościowej: 1800 i 2100 MHz optymalne jest wdrożenie wyniesionych modułów radiowych RRU, pozwalających na uzyskanie znacznie lepszych parametrów jakościowych sieci radiowej GSM, HSPA+ i LTE.

OPTIMALIZACJA KOSZTÓW OPERACYJNYCH

Modernizacja sieci radiowej umożliwia zredukowanie kosztów dla połączeń głosowych oraz transmisji danych. Osiąga się to przez zwiększenie przychodów przypadających na element pojemności stacji bazowej (sprzęt lepszej jakości przenosi do 20% więcej ruchu przy tej samej konfiguracji).

Drugim, znaczącym elementem jest obniżenie kosztów operacyjnych (OPEX). Następuje ono m.in. dzięki obniżeniu zużycia energii elektrycznej. Dotyczy to zarówno stacji bazowych jak i sprzętu transmisyjnego. Nowoczesne stacje wydzielają mniej ciepła, więc można użyć wymienników ciepła zamiast klimatyzatorów. Sprzęt zajmuje też znacznie mniej miejsca, co

oznacza możliwość optymalizacji konstrukcji stacji bazowych i np. rezygnacji z użycia kontenerów na rzecz przejścia na rozwiązania *all-outdoor*. Łatwiej o rozszerzanie pojemności w przyszłości, można też uniknąć kosztownych rozbudów stacji.

Dodatkowym ważnym aspektem redukcji kosztów OPEX jest możliwość zmniejszenia pracochłonności utrzymania i eksploatacji sieci opartej o rozwiązania nowoczesne technologicznie. Nowa generacja sprzętu jest mniej awaryjna, modułowa i w znacznym stopniu zunifikowana. Ma to znaczący wpływ na redukcję stanów magazynowych części zamiennych oraz uproszczenie i automatyzację procedur utrzymaniowych.

PROJEKTY MODERNIZACJI SIECI

Kompletna modernizacja sieci radiowej to proces złożony, przebiegający w środowisku świadczącym usługi komercyjne. Kluczowym aspektem jest minimalizacja ryzyka pogorszenia jakości sieci i utraty przychodów. Projekty takie są zwykle wieloetapowe. Rozpoczynają się od modernizacji obszarów wielkomiejskich, gdzie zwykle problemy pojemnościowe i jakościowe pojawiają się najwcześniej. Często użyteczny sprzęt „miejski” jest tymczasowo przenoszony w inne miejsca sieci, mniej istotne ze względów pojemnościowych w celu obniżenia kosztów przyspieszonej amortyzacji. Projekty modernizacji wymagają doświadczenia w zarządzaniu złożonymi przedsięwzięciami i silnych zespołów technicznych.

W uproszczeniu można wyliczyć następujące etapy projektu modernizacji RAN:

1. Przygotowanie strategii rozwoju usług, a co za tym idzie, rozwoju sieci
2. Definicja zakresu projektu i jego etapów
3. Wybór technologii i dostawców
4. Detaliczne planowanie poszczególnych etapów projektu, podział sieci na klastry 10-15 stacji. Opracowanie procesów i procedur
5. Modernizacja systemów centralnych i wspomagających, np. OSS, migracja transmisji szkieletowej.
6. Modernizację lub rozbudowa instalacji antenowych
7. Właściwy projekt wymiany sprzętu, klastrów po klastrze. Często z jednoczesną modernizacją transmisji do all-IP/ethernet. Dla każdego klastra mierzone są parametry jakościowe przed modernizacją
8. Wymiana poszczególnych elementów sieci odbywa się z minimalizacją czasu wyłączenia z ruchu, często w metodzie „hot stand by”, gdzie nowa stacja jest uruchamiana przy pracującej starej, lub z zastosowaniem instalacji tymczasowych
9. Po wymianie poszczególnych klastrów rozpoczyna się proces optymalizacji parametrów stacji, aby osiągnąć jak najlepsze wyniki jakościowe.
10. Każdy klastr poddaje się procedurze odbioru na podstawie parametrów jakościowych działającej sieci. Korzysta się ze statystyk systemowych, często wykonuje się pomiary w sieci rzeczywistej, tzw. *drive-testy*.
11. Proces optymalizacyjny przeprowadza się w sposób iteracyjny, gdy kolejne nowe klastry są modernizowane i optymalizowane, wraca się do poprzednich, aby jeszcze poprawić ich parametry z uwzględnieniem nowych sąsiadujących stacji.

Większość kompleksowych projektów modernizacji sieci RAN jest prowadzona metodą „pod klucz”. Gwarantuje to pełną odpowiedzialność wykonawcy za efekt końcowy w postaci jakości sieci oraz pozwala na określenie i gwarantowanie całkowitego kosztu przedsięwzięcia.

PODSUMOWANIE

Modernizacja sieci RAN to jedyny sposób by przygotować sieć do wyzwań następných kilkunastu lat.

Dzięki kompleksowemu unowocześnieniu infrastruktury:

- Uzyskamy sieć radiową o doskonałej jakości, przystosowaną do efektywnej obsługi urządzeń transmisji danych ze szczególnym uwzględnieniem smartfonów.
- Wprowadzimy radiową infrastrukturę *multi-standard*, umożliwiającą elastyczne przełączanie pomiędzy technologiami 2G, 3G i LTE wraz z rozwojem rynku. Będziemy gotowi na uruchomienie usług LTE, które w całości oparte są na transmisji IP.
- Zoptymalizujemy koszty operacyjne sieci. Nowoczesny sprzęt ma znacznie mniejsze zużycie energii niż sprzęt starszej generacji. Zajmuje też mniej miejsca, a jego parametry radiowe są lepsze, co oznacza bardziej zadowolonych klientów i obsłużenie większego ruchu.

