

Strategie migracji sieci telekomunikacyjnych w kierunku sieci NGN w wybranych krajach

Wojciech Michalski

Zaprezentowano kierunki rozwoju publicznych sieci statycznych w czterech krajach, wyróżniających się stopniem zaawansowania działań związanych z transformacją sieci klasycznych (PSTN) w sieci NGN. Przedstawiono strategie informatyzacji sieci oparte na systemie IMS oraz na urządzeniach typu softswitch. Podano przykłady różnych rodzajów modernizacji sieci telekomunikacyjnych, od zastępowania istniejącej infrastruktury nowymi rozwiązaniami technicznymi do budowania nakładkowych sieci NGN.

NGN, IMS, sieć użytku publicznego, sieć stała, sieć ruchoma, strategie modernizacji sieci

Wprowadzenie

Operatorzy telekomunikacyjni wybierają różne strategie migracji sieci telekomunikacyjnych, ale wszystkie sprowadzają się do zastępowania sieci PSTN (*Public Switched Telephone Network*) sieciami IP świadczącymi usługi telefoniczne, budowania sieci nakładkowych oraz tworzenia sieci nowej generacji od podstaw. Niektórzy wybierają rozwiązania pośrednie, łącząc ze sobą różne koncepcje. Strategie są dobierane przede wszystkim pod kątem realizacji postawionych celów i wpływu, jaki mogą mieć na rozwój rynku usług VoIP (*Voice over IP*) oraz usług multimedialnych.

W niniejszym artykule przedstawiono kierunki migracji stacjonarnych sieci telekomunikacyjnych do sieci NGN (*Next Generation Network*) w Wielkiej Brytanii, Słowacji, Chinach i Włoszech, krajach, które jako jedne z pierwszych rozpoczęły ten proces i mają już osiągnięcia. Opisano stan wyjściowy modernizowanej sieci, uwarunkowania wynikające z pozycji operatora na rynku krajowym, przebieg transformacji sieci i efekty uzyskane z przeprowadzonej dotychczas modernizacji.

Wielka Brytania jest jednym z najstarszych krajów Unii i jedną z największych potęg gospodarczych. Jest to kraj, w którym proces liberalizacji rynku telekomunikacyjnego rozpoczął się najwcześniej i doprowadził do pojawienia się na nim dużej liczby alternatywnych operatorów i dostawców usług. Sieć telekomunikacyjna jest wykonana w różnych technologiach i ma bardzo rozbudowaną infrastrukturę. Administracja brytyjska nie tylko wielokrotnie deklarowała gotowość jak najszybszego wprowadzenia usług komunikacji elektronicznej, ale obecnie jest zaliczana do grona światowych liderów w tej dziedzinie.

Słowacja reprezentuje kraje „nowej Unii”. Jest coraz częściej określana mianem „tygrysa” gospodarczego starego kontynentu. Stanowi przykład kraju, który przed okresem transformacji politycznej miał niski poziom infrastruktury telekomunikacyjnej, ale który, w wyniku wyboru odpowiedniego inwestora strategicznego i strategii migracji, dokonał „jakościowego skoku” od central elektromechanicznych do systemów i sieci NGN.

Chiny są zaliczane do najszybciej rozwijających się obecnie krajów na świecie. Świadczą o tym dane statystyczne dotyczące, np. liczby abonentów i skali inwestycji. Kraj ten dąży do rozwoju nowych

technologii, zwłaszcza w telekomunikacji i informatyce. Od kilku lat chiński operator narodowy modernizuje swoją sieć telekomunikacyjną na skalę niespotykaną w Europie i innych rejonach świata.

Inwestycje związane z budową sieci NGN realizują nie tylko operatorzy zasiedziali, lecz także operatorzy alternatywni i dostawcy usług. We Włoszech taką próbę podjął dostawca szerokopasmowych usług internetowych, który utworzył konsorcjum zrzeszające (na zasadzie *joint venture*) firmy komercyjne i zbudował sieci metropolitalne nowej generacji w kilku większych miastach kraju.

Modernizacja sieci telekomunikacyjnej w Wielkiej Brytanii

Przykładem kraju, w którym modernizację sieci prowadzi operator narodowy, jest Wielka Brytania. Operator British Telecom (BT) swój plan migracji w kierunku sieci konwergentnej ogłosił w czerwcu 2004 r., nazywając nową sieć *siecią 21. wieku*. Plan obejmował zbudowanie sieci NGN w ciągu sześciu lat, przez zastępowanie sieci szkieletowej PSTN siecią IP opartą na architekturze systemu IMS (*IP Multimedia System*).

Operator rozpoczął budowę sieci NGN jeszcze w 2004 r., łącząc trzy główne węzły w Cambridge i dwa w Londynie. Początkowo, w próbie uczestniczyło 1000 abonentów, którzy w sieci IP/MPLS (*IP/MultiProtocol Label Switching*) zestawiali połączenia głosowe i transmisji danych między ww. lokalizacjami, w relacjach od końca do końca (*end-to-end*). W 2005 r. liczba abonentów testowych została zwiększona o 3000.

Plan BT przewidywał rozbudowę sieci IP/MPLS, konsolidację istniejącej infrastruktury NGN oraz rozbudowę węzłów MSANs (*Multi Service Access Nodes*) w celu świadczenia usług szerokopasmowych. Do końca 2005 r. szerokopasmowa sieć BT była w stanie obsługiwać 99,6% swoich abonentów. Rozwój węzłów MSANs będzie kontynuowany do 2009 r., tzn. do czasu, aż prawie wszyscy abonenci BT będą obsługiwani przez te węzły. Węzły MSANs będą obsługiwać także abonentów usług POTS (*Plain Old Telephone Services*), bez konieczności specjalnych modyfikacji wyposażenia w dostępie abonenckim.

Migracja na wielką skalę do *sieci 21. wieku*, usług nie należących do domeny PSTN, była planowana na 2007 rok. Operator BT przewiduje, że do 2008 r. ponad 50% abonentów PSTN zostanie przeniesionych do sieci NGN.

W celu wspierania rozwoju usług sieci NGN, operator BT buduje platformę IMS, która zawiera profile abonentów, realizuje procedurę sprawdzania tożsamości (*authentication*), dba o zapewnienie współczynników QoS (*Quality of Service*) oraz świadczy usługi obecności (*presence*) i lokalizacji (*location*).

Konsekwencje modernizacji dla operatora narodowego. Plan migracji w stronę sieci NGN na rynku usług biznesowych operatora BT sprawdził się. Jednak, aby odgrywać główną rolę na tym rynku, BT musi kontynuować rozwój infrastruktury sieci NGN do obsługi przedsiębiorstw, rozbudowując sieć nakładkową, adresowaną właśnie do tego sektora.

Operator ma świadomość, że jeżeli dojdzie do ścisłego powiązania sieci Wi-Fi (*Wireless Fidelity*) z sieciami ruchomymi, to nastąpi spadek dochodów ze świadczenia usług i wówczas BT będzie pełnił tylko rolę operatora sieci transportowej. Aby przeciwstawić się temu zagrożeniu, BT musi rozbudować swoją sieć w taki sposób, żeby być głównym podmiotem na rynku usług NGN. Operator zdaje sobie sprawę, że potrzebuje sieci radiowych, mimo że w Wielkiej Brytanii jest już duża konkurencja na tym rynku.

Operator BT ponosi wyższe koszty utrzymania sieci PSTN niż inni operatorzy europejscy, ponieważ ma mocno rozbudowaną sieć klasyczną, a jej unowocześnianie nie jest ekonomicznie uzasadnione. W tej sytuacji podejmuje próby zastępowania sieci PSTN siecią NGN.

Operatorzy zasiedzali na całym świecie także realizują strategię migracji, polegającą na całkowitym zastąpieniu infrastruktury sieci PSTN infrastrukturą NGN. Działający na drugiej półkuli operator Telecom New Zealand przyjął plan agresywnej migracji w stronę sieci NGN w ciągu najbliższych kilku lat. Nawet tak mały kraj, jak Brunei zdecydował się zastąpić swoją sieć PSTN siecią NGN. Firmy operatorskie, które planami wybiegają w przyszłość, decydują się przekazywać w *outsourcing* sprawy utrzymania i zarządzania sieciami zarówno przewodowymi, jak i radiowymi.

Transformacja sieci telekomunikacyjnej na Słowacji

Na Słowacji modernizację sieci prowadzi również operator narodowy – Slovak Telekom (ST). We wczesnych latach dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku infrastruktura sieci telekomunikacyjnej była tam w bardzo złym stanie technicznym. W ciągu kilku następnych lat była ona modernizowana fragmentami – w warstwie transportowej z wykorzystaniem kabli światłowodowych i systemów SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*), a w warstwie komutacyjnej z zastosowaniem central cyfrowych. Do 2000 r. ponad 70% sieci PSTN było już siecią cyfrową.

Modernizacja nie obejmowała infrastruktury sieci na terenach wiejskich, składającej się z central elektromechanicznych. W tej sytuacji zapewnienie odpowiedniej jakości połączeń wychodzących stwarzało duże problemy, tym bardziej, że jeszcze w 2000 r. na 100 połączeń przypadało 28 błędnych.

Po sprzedaży pakietu większościowego udziałów Deutsche Telekom, operator słowacki ST, na mocy porozumienia z partnerem, zdecydował o pełnej cyfryzacji pozostałej części sieci do 2004 r. W kwietniu 2004 r. operator ST zawarł kontrakt z firmą Alcatel na zastąpienie analogowych systemów komutacyjnych i transmisyjnych infrastrukturą sieci nowej generacji. W ramach tego kontraktu zastąpiono 309 małych central analogowych, obsługujących w sumie 211 000 abonentów, jednym urządzeniem typu Alcatel 5020 softswitch (pracującym w konfiguracji 1+1), a także wdrożono 7505 bram typu Media Gateway do współpracy z innymi centralami sieci PSTN. Sieć szkieletowa w warstwie transmisyjnej została zbudowana jako sieć IP/MPLS. Kraj został podzielony na trzy regiony (wschodni, zachodni i centralny), a sieć transmisyjna w każdym regionie została skonfigurowana z wykorzystaniem ruterów dual Cisco GS1200.

Możliwość wykorzystania słowackiego modelu. Przykład Słowacji jest ewenementem w skali światowej, pokazującym, jak dużo można zrobić w tak krótkim czasie. Na początku całe to przedsięwzięcie wydawało się irracjonalne, aby w infrastrukturę sieci NGN wyposażać obszary wiejskie o małej gęstości zaludnienia, odznaczające się małym wskaźnikiem posiadania komputerów osobistych i korzystania z internetu, a na dodatek mające małe potrzeby i wykazujące małe zainteresowanie usługami telekomunikacyjnymi. Panuje powszechna opinia, że na obszarach wiejskich należy stosować rozwiązania o niskim koszcie. Dzięki przeskokowi do sieci NGN operator ST mógł zminimalizować koszty inwestycji, zwiększyć przyrost liczby abonentów w następnych latach i osiągnąć ważny cel społeczny, jakim jest dostarczanie usług na terenach wiejskich.

Strategia polegająca na koegzystencji infrastruktury sieci PSTN i NGN upowszechnia się wśród operatorów na całym świecie. Rozwijając proces migracji sieci, operator słowacki będzie mógł w przyszłości zapewnić także usługi VoIP. Aby nie ponosić w tym procesie zbyt dużych kosztów, rozwój sieci w kierunku usług VoIP oraz innych usług sieci NGN może być stosunkowo powolny.

Proces transformacji sieci będzie trwał jeszcze przez wiele lat, a operator ST będzie w tym czasie budował szerokopasmowe sieci dostępne (w technologii DSL (*Digital Subscriber Line*) lub radiowej) i dołączał je do sieci szkieletowej IP/MPLS.

Udziałowcy zewnętrzni będą odgrywać ważną rolę w prowadzonych w przyszłości działaniach na rzecz migracji sieci. Operator ST, który (jak większość operatorów w Europie Wschodniej) ma udziałowca, będzie dysponował większym dostępem do kapitałów inwestycyjnych, wiedzy technicznej i działalności eksperckiej.

Słabo rozwinięte kraje Afryki i południowo-wschodniej Azji mają infrastrukturę telekomunikacyjną podobną do tej na terenach wiejskich w Słowacji przed modernizacją. W związku z tym można się spodziewać, że kraje trzeciego świata będą powielać strategię migracji operatora słowackiego, polegającą na pominięciu technologii komutacji łączy i zastąpieniu central elektromechanicznych infrastrukturą sieci NGN.

Rozwój sieci telekomunikacyjnej w Chinach

W Chinach prawdziwym monopolistą jest operator China Telecom, działający na terytorium obejmującym dwie trzecie powierzchni kraju, kontrolujący krajową sieć międzymiastową oraz sieci lokalne w 20 prowincjach kraju, w wielu autonomicznych regionach oraz w większości miast.

Europejczykowi trudno sobie wyobrazić rozwój stacjonarnej sieci dostępowej, jaki nastąpił w Chinach w ostatniej dekadzie. W 1998 r. było 87,4 mln łączy abonenckich, w 2003 r. 263 mln, a w 2004 r. 299 mln. Szacuje się, że w 2008 r. liczba łączy abonenckich w Chinach będzie wynosić 313 mln. Operator China Telecom ma także ponad 40 mln abonentów radiowych i 12,6 mln abonentów szerokopasmowych, korzystających z technologii DSL. Mimo, że przyrost sieci szerokopasmowej wynosił 200% w skali roku, to obecnie zaledwie 11% abonentów mieszkaniowych ma szerokopasmowy dostęp do internetu.

Krajowa sieć szkieletowa operatora China Telecom jest zbudowana z kabli optycznych, łączących stolice prowincji. Systemy łączności światłowodowej są rozwijane wraz z systemami SDH począwszy od 1990 r.

W Chinach sieć PSTN z komutacją łączy ma pięć poziomów. Wszystkie główne centrale tranzytowe są zdublowane. Od 2000 r. China Telecom buduje odrębną sieć szkieletową IP do realizacji usługi GPRS (*General Packet Radio Service*) i w celu ewolucji w kierunku sieci 3G (*Third Generation*).

Obie sieci PSTN – tzn. zarówno krajowa, jak i sieci w prowincjach – są relatywnie nowe (mają od 10–15 lat). Wiek sieci telekomunikacyjnej w Chinach nie jest więc podstawowym czynnikiem decydującym o konieczności jej modernizacji. To raczej wzrost ekonomiczny kraju oraz wzrost potrzeb użytkowników powoduje nagły wzrost ruchu w sieci, z powodu którego China Telecom rozpoczął budowę sieci nakładkowej NGN.

W październiku 2004 r. operator China Telecom wybrał firmę Lucent Technologies, jako wykonawcę prac modernizacyjnych krajowej sieci szkieletowej, opartej na systemach SDH. W ramach zawartego kontraktu firma Lucent wdrożyła swój system WaveStar OLS 1,6T DWDM (*Dense Wavelength Division Multiplexing*). Ponadto firma Nortel wygrała jeden z głównych przetargów na modernizację optycznych sieci metropolitalnych w technologii WDM w dziesięciu głównych miastach Chin. Te kontrakty potwierdzają, że China Telecom chce w przyszłości utrzymywać istniejące sieci TDM (*Time Division Multiplexing*).

W listopadzie 2004 r. operator China Telecom ogłosił przetarg na sieć szkieletową nowej generacji IP/MPLS. Kontrakty zawarte w ramach tego przetargu są częścią projektu chińskiej sieci nowej generacji ChinaNet Next Carrying Network (CN2) do świadczenia usług IP abonentom mieszkaniowym i biznesowym, także użytkownikom sektora usług sieci 3G.

W 2002 r. China Telecom rozpoczął próby z siecią NGN, instalując urządzenia typu softswitch pochodzące od wielu producentów, m.in. takich firm, jak Alcatel, Nortel, Ericsson i Lucent. Każda z tych prób miała na celu przetestowanie tych urządzeń pod kątem jakości działania, współpracy z otoczeniem sieciowym oraz ich interoperacyjności. Ponadto, próby miały dać odpowiedź na pytanie o przydatność testowanych urządzeń do komercyjnego świadczenia usług VoIP i usług multimedialnych.

W czerwcu 2003 r. operator Shanghai Telecom, będący filią operatora China Telecom, podpisał z firmą Alcatel kontrakt na metropolitalną sieć NGN. Kontrakt dotyczył instalacji w sieci miejskiej Szanghaju urządzenia softswitch, bram typu Media Gateway oraz urządzeń typu Litespan Multi-Service Access Gateways, zapewniających integrację głosu, danych oraz innych mediów opartych na bazie technologii ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*) i Ethernetu.

Wady i zalety chińskiego modelu. Sieci nakładkowe były stosowane w Chinach przez ostatnie 25 lat. Najpierw po wprowadzeniu central cyfrowych pojawiły się sieci nakładkowe ISDN (*Integrated Services Digital Network*) do obsługi abonentów biznesowych i instytucji rządowych. Następnie przez wiele lat były budowane sieci optyczne oraz systemy transportowe SDH, których zadaniem było zwiększenie liczby sieci poddanych cyfryzacji.

Sieci nakładkowe były rozwijane z wielu powodów istotnych i dzisiaj. Przede wszystkim obszar zajmowany przez operatora China Telecom jest czynnikiem sprzyjającym etapowemu wprowadzaniu nowych technologii sieciowych. Ponadto, przy etapowej rozbudowie są kończone poszczególne fazy inwestycji. Wreszcie, przy innym podejściu, transferowanie 185 mln abonentów trwałoby wiele lat.

Podobnie jak inne bezpieczne rynki, China Telecom musi niezwłocznie spełniać żądania zgłaszane przez abonentów biznesowych. Sieci nakładkowe umożliwiają szybkie wprowadzanie nowych usług w wybranych obszarach geograficznych. Sieci nakładkowe minimalizują też ryzyko pojawienia się zakłóceń w działaniu istniejącej sieci PSTN.

W przeciwieństwie do operatora BT, który poszukuje takiego rozwiązania sieci NGN, które zapewni możliwość świadczenia zarówno nowych, jak i klasycznych usług telekomunikacyjnych, China Telecom nie zajmuje się dostosowywaniem usług PSTN do nowej technologii. Współpraca z siecią PSTN opiera się na nowych wymaganiach, które nie obejmują kwestii obsługi usług wąskopasmowych przez platformy aplikacyjne sieci NGN.

Przy wszystkich walorach koncepcja budowy sieci nakładkowej ma jednak tę wadę, że nie przyczynia się do redukcji kosztów, zachodzi bowiem konieczność utrzymywania istniejącej sieci PSTN i budowy sieci nakładkowej IP/MPLS.

Przebieg modernizacji sieci telekomunikacyjnej we Włoszech

W 1999 r. została powołana firma FastWeb, będąca włoskim dostawcą szerokopasmowych usług internetowych, jako *joint venture* między AEM, Milan's Power Utility i e.Biscom. Wykorzystując podziemną infrastrukturę studzienek kanalizacyjnych firmy AEM, zbudowano rozległą sieć optyczną, pokrywającą główne obszary metropolitalne Włoch.

Firma FastWeb oferuje dedykowany dostęp do internetu, usługi głosowe i VoD (*Video on Demand*), zarówno abonentom biznesowym, jak i mieszkaniowym. Dzięki zbudowaniu sieci optycznej firma FastWeb była pierwszym operatorem w Europie, który dostarczał ethernetowy dostęp do internetu o przepływności 10 Mbit/s (wykorzystywano także łącza DSL).

Proces transformacji sieci FastWeb został zainicjowany, w warstwie szkieletowej, budową optycznej sieci transmisyjnej. Podstawowe wyposażenie sieci stanowią, dostarczane przez firmę Alcatel, urządzenia STM-16 SDH dual-fiber, w konfiguracji z dwukierunkowym ringiem. Każdy węzeł sieci szkieletowej jest wyposażony w routery IP Cisco serii 12000. W lokalizacjach klientów, jako elementy dostępowe oraz w celu agregacji ruchu są stosowane switche typu Catalyst (także firmy Cisco).

Proces modernizacji sieci został podzielony na pięć faz. W pierwszej fazie wdrożono bramy dostępowe (*access gateways*) oraz urządzenia typu H.323 gatekeepers, wykorzystywane w realizacji usług VoIP, m.in. do translacji adresów E.164 na adresy IP. (Dedykowane urządzenia typu gatekeepers dostarczają funkcje sterowania połączeniami dla każdej bramy dostępowej.) Dostęp do sieci PSTN jest realizowany za pośrednictwem platformy opartej na softswitchu iMSS (*Italtel Multi Service Solution*).

Następnie zmodernizowano warstwę usługową przez wdrożenie platformy aplikacyjnej. W celu świadczenia pełnego zestawu usług głosowych oraz do zarządzania routingiem i sygnalizacją w sieci, w końcu 2002 r. sieć wyposażono w softswitche NetCentrex CCS. Sieć FastWeb ma w każdej strefie numeracyjnej jeden softswitch CCS (*Call Control Server*) o pojemności około 200 000 abonentów (każdy softswitch jest zdublowany). Platforma sieciowa, której podstawą działania są te softswitche, zapewnia bardziej efektywną obsługę połączeń głosowych i wzrost liczby zestawianych połączeń dzięki funkcjom dynamicznego reroutingu w warunkach natłoku. W tej fazie została dodana do zasobów sieci także platforma aplikacyjna RADVISION do realizacji usług wideo, w szczególności usług telewizyjnych, wideokonferencyjnych oraz usług VoD, z wykorzystaniem sieci optycznej FTTH (*Fiber-To-The-Home*).

W trzeciej fazie wprowadzono bramy działające wg protokołu SIP (*Session Initialization Protocol*). Jeszcze w poprzedniej fazie firma Telsey, będąca dostawcą na terenie Włoch bram dostępowych, rozwijała swoje produkty pod kątem obsługi protokołu H.323. Potem (w 2003 r.) wspólnie z firmą NetCentrex pracowała nad rozwojem bram dostępowych obsługujących protokół SIP. W tym samym czasie w sieci FastWeb były instalowane, dostarczane przez firmę Marconi, węzły MSANs, służące do realizacji usług telewizji internetowej przez sieci ADSL.

Kolejna faza polegała na wdrożeniu usług szerokopasmowych (np. usługi obecności (*presence*) oraz multimedialnych usług dla biznesu), świadczonych z wykorzystaniem serwera aplikacyjnego.

Ostatnia faza była poświęcona zapewnieniu współpracy między usługami realizowanymi w domenie IP i usługami innych domen. Modernizacja sieci FastWeb jednak nie została jeszcze zakończona, ponieważ w dalszym ciągu są kontynuowane działania, mające na celu zwiększanie pojemności sieci.

Podczas ewolucji sieci FastWeb została podjęta próba zwiększenia jej możliwości usługowych. W każdym kroku był dodawany nowy zestaw produktów i usług. Dzięki zbudowaniu sieci optycznej oferta usługowa firmy FastWeb była korzystniejsza od oferty operatora Telecom Italia i innych dostawców usług szerokopasmowych. Od początku firma FastWeb uczyniła komunikację głosową głównym modelem biznesowym swojej działalności, uważając, że usługi VoIP przyczynią się do przynoszenia profitów. Wielu innych operatorów na świecie realizuje strategie podobne do FastWeb, bo architektura NGN zapewnia operatorom największą konkurencyjność na rynku usług VoIP, a zapotrzebowanie na te usługi będzie rosło.

Podsumowanie

Przedstawione w niniejszym artykule przykłady ilustrują obserwowane w świecie trendy rozwoju sieci telekomunikacyjnych w kierunku sieci NGN. Obecnie już w wielu krajach rozpoczęto proces budowy lub modernizacji infrastruktury telekomunikacyjnej, w takim zakresie, aby spełniała ona wymagania dotyczące nowoczesnych szerokopasmowych usług multimedialnych oraz usług głosowych VoIP.

W Europie proces ten najwcześniej zainicjował operator brytyjski (BT) opracowując, a następnie wdrażając strategię transformacji sieci telekomunikacyjnej opierającą się na systemie IMS. Podobne inwestycje, lecz z urządzeniami typu softswitch, są prowadzone w innych krajach europejskich, w tym m.in. we Włoszech i na Słowacji, gdzie modernizacja sieci, polegająca na przejściu od central elektromechanicznych do sieci NGN, odbywa się z pominięciem etapu rozwoju cyfrowych systemów komutacyjnych. Pozostałe kraje, takie jak Francja czy Niemcy, koncentrują się głównie na prowadzeniu prac związanych z opracowaniem strategii modernizacji sieci, adekwatnej do stanu technicznego istniejącej infrastruktury i możliwości finansowych operatorów.

Na kontynencie azjatyckim znacznymi osiągnięciami w zakresie transformacji sieci mogą poszczycić się takie kraje, jak Korea Południowa, Chiny i Tajwan, które – tak jak w Europie – realizują różne scenariusze budowy nowych sieci (IMS, softswitch) i warianty strategii (zastępowanie istniejącej infrastruktury, budowa sieci nakładkowej).

Bibliografia

- [1] Heavy Reading, "Class 5 migration & adoption: a multiclient study", <http://www.heavyreading.com>
- [2] Heavy Reading, "Session management, IMS, and the future of session border controllers", <http://www.heavyreading.com>
- [3] Nissen K.: *Carrier NGN migration strategies set VoIP market timing*, <http://www.researchandmarkets.com>

Wojciech Michalski



Mgr inż. Wojciech Michalski (1952) – absolwent Wydziału Elektroniki Politechniki Warszawskiej (1977); długoletni pracownik naukowy Instytutu Łączności w Warszawie (od 1977); autor wielu opracowań i publikacji; zainteresowania naukowe: usługi, systemy oraz sieci telekomunikacyjne i informatyczne, problemy społeczeństwa informacyjnego.
e-mail: W.Michalski@itl.waw.pl