

OSIĄGNIĘCIA W DZIEDZINIE TELEKOMUNIKACJI ORAZ ICH WPŁYW NA ROZWÓJ TEJ DYSCYPLINY W POLSCE

Daniel Józef Bem

Instytut Telekomunikacji, Teleinformatyki i Akustyki
Politechnika Wrocławska
e-mail: Daniel.J.Bem@pwr.wroc.pl

1. Wprowadzenie

Działalność człowieka zawsze była uzależniona od przekazywania informacji [5]. Wynalazek pisma uwolnił naszych przodków od przestrzennych i czasowych ograniczeń w zakresie wymiany informacji - stało się możliwe przekazywanie wiadomości na odległość, a nie wyłącznie przez bezpośrednią rozmowę oraz utrwalanie i gromadzenie wiadomości w postaci zapisu, a nie w zawodnej pamięci człowieka (pismo alfabetyczne, w którym poszczególnym znakom – literom – odpowiadają określone dźwięki mowy ukształtowało się w drugiej połowie drugiego tysiąclecia p.n.e.). Kolejnym etapem w rozwoju sposobów wymiany informacji było zastosowanie sygnałów energetycznych, co nastąpiło na początku naszej ery [5]. To był początek telekomunikacji. Mam tu na myśli telekomunikację za pomocą sygnałów optycznych lub akustycznych. Sygnałami optycznymi były: płomień ognisk lub pochodni, słupy dymu, chorągwie, później zwierciadła odbijające światło słoneczne i latarnie. Sygnałami akustycznymi były: głosy ludzkie, ewentualnie wzmocnione użyciem tuby, bębnienia, dźwięki trąb, później huk armat.

W ciągu dalszych setek lat postęp w rozwoju telekomunikacji był znikomy. Dopiero w końcu XVIII wieku powstaje system telegrafii optycznej Chappe'a, bazujący na ruchomych dźwigniach (semaforach) umieszczanych na wieżach. W latach 1835 - 1838 Samuel Morse zbudował aparat telegraficzny z zastosowaniem elektromagnesu, a w roku 1840 opracował alfabet telegraficzny. Za początek intensywnego rozwoju telekomunikacji przyjmuje się jednak dopiero rok 1876 [5], w którym Graham Bell, profesor fizjologii w Bostonie, wynalazł telefon

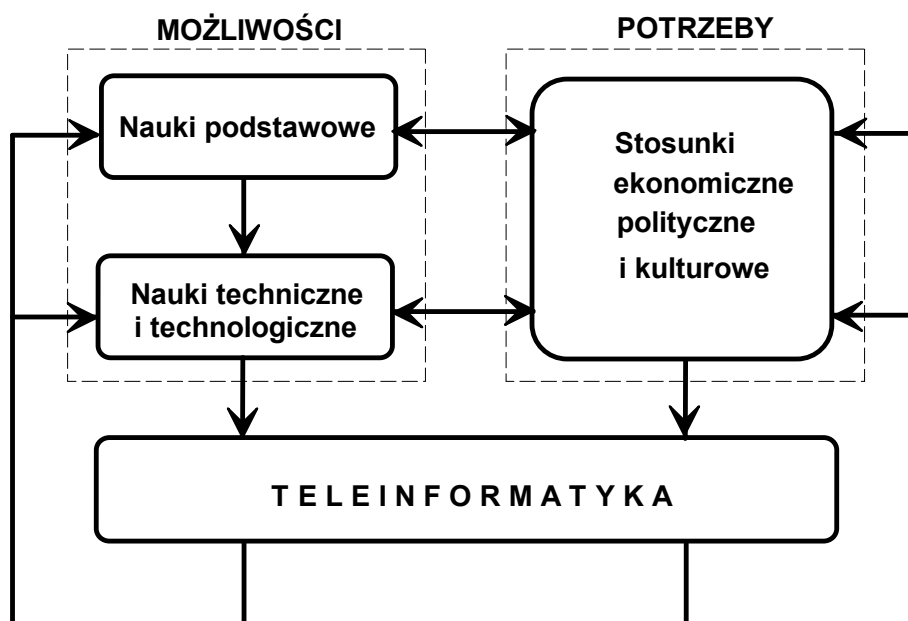
elektromagnetyczny. Tę datę uważa się za pierwszy przełom w rozwoju telekomunikacji. Wynalazek telefonu stał się zarodkiem lawiny dalszych wynalazków, zmierzających do udoskonalenia i upowszechnienia telefonii. Można dziś sądzić, że ich bodźcem było świadome – lub może raczej nieświadome – wyczucie olbrzymiej roli cywilizacyjnej, jaką telefonia miała odegrać i nadal odgrywa. Istniała wówczas wielka społeczna potrzeba uzyskania środków technicznych do przekazywania mowy ludzkiej na odległość, wywołana splotem warunków i okoliczności natury gospodarczej, politycznej i kulturowej.

Drugi przełom w rozwoju telekomunikacji wiąże się z opanowaniem metod generacji, promieniowania i odbioru sygnałów radiowych [1, 5]. Guglielmo Marconi i Aleksander S. Popow zbudowali niezależnie w latach 1895 -1897 zespół urządzeń nadawczo-odbiorczych umożliwiający przesyłanie na odległość sygnałów zakodowanych alfabetem telegraficznym Morse'a bez konieczności stosowania przewodów łączących nadajnik z odbiornikiem. W roku 1906 Lee De Forest skonstruował lampę trójelektrodową (triode). Umożliwiło to zbudowanie wzmacniacza i generatora lampowego. Drogą radiową można było dzięki temu przekazywać nie tylko sygnały Morse'a, ale także mowę ludzką, muzykę, a później obrazy nieruchome i ruchome (telewizja). Pierwszą regularnie pracującą stacją radiofoniczną uruchomiono w Pitsburgu (USA) 2 listopada 1920 r. Polskie Radio zaczęło nadawać regularne audycje w Warszawie 18 kwietnia 1926 r. [9].

Rozwój telekomunikacji, jak zresztą każdej usługi społecznej, odbywa się pod działaniem dwóch zespołów czynników: jeden z nich – to zespół czynników warunkujących możliwości, drugi – to zespół czynników warunkujących potrzeby (rys. 1).

W telekomunikacji czynnikami warunkującymi możliwości są – przede wszystkim – osiągnięcia nauk podstawowych, za którymi idą umiejętności ich spożytkowania, tzn. nauki techniczne i technologiczne; czynnikami określającymi potrzeby są niemal wszystkie aspekty naszego życia: ekonomiczny, polityczny, kulturowy i prywatny. Korzystając z możliwości i zaspokajając potrzeby telekomunikacja oddziałuje zarówno na możliwości, jak i na potrzeby. Rozwój telekomunikacji ujawnia bowiem luki w naszej znajomości praw przyrody i umiejętności ich spożytkowania, co pociąga za sobą zamówienia kierowane od

telekomunikacji do nauk podstawowych oraz nauk technicznych i technologicznych [5].



Rys. 1. Powiązania między telekomunikacją i czynnikami wpływającymi na jej rozwój

Z jednej strony obserwujemy łatwość, z jaką współczesna technika telekomunikacyjna rozwiązuje najrozmaitsze zadania, jeszcze do niedawna uważane za należące do sfery fantazji, z drugiej zaś – niezwykle chłonność świata na wszelkie usługi oferowane mu przez telekomunikację. Spotkanie się ze sobą tych dwóch czynników uruchamia reakcję lawinową. Wprowadzenie nowych usług lub zwiększenie szybkości przepływu informacji w istniejących sieciach telekomunikacyjnych wywołuje potrzebę przekazywania nowych informacji. Ziemia *kurczy się*, stając się wielkim warsztatem pracy – *wielką wsią* – w której przekazywanie informacji na odległość stało się nie tylko ważnym czynnikiem pomocniczym, jak to było do niedawna, lecz – dzięki integracji telekomunikacji z informatyką – jest niezbędnym i niezastępowalnym ogniwem złożonych procesów politycznych, gospodarczych i kulturowych [5].

2. Trzeci przełom w rozwoju telekomunikacji

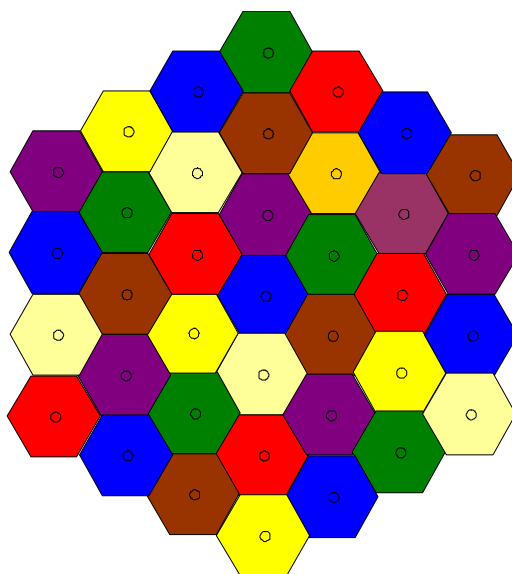
Mimo bardzo intensywnego rozwoju telekomunikacji w drugiej połowie XX wieku przez wiele lat nie można było jednoznacznie określić trzeciego przełomu w jej rozwoju. Pojawiły się wyrafinowane centrale telefoniczne [7, 8], nadajniki i odbiorniki radiowe [4], satelity telekomunikacyjne, światłowody [10]. Pierwszy komercyjny satelita telekomunikacyjny o wdzięcznej nazwie *Early Bird*, zmienionej później na *Intelsat-1*, został umieszczony na orbicie geostacjonarnej 6 kwietnia 1965 roku. Był to bardzo prymitywny satelita wyposażony w dwa sześciowatowe transpondery, umożliwiające równoczesne prowadzenie 120 rozmów telefonicznych lub przesyłanie jednego programu telewizyjnego; nie zapewniał wielodostępu. Z biegiem lat pojawiły się prawdziwe satelitarne kolosy telekomunikacyjne, np. *Intelsat-16*, umieszczony na orbicie 11 lutego 2010 roku, wyposażony w 24 transpondery pracujące w paśmie Ku. Telekomunikacja satelitarna odgrywa dzisiaj istotną rolę przede wszystkim w zakresie systemów rozsiewczych: radiofonicznych i telewizyjnych. Pojawiły się niezbyt udane pomysły satelitarnych systemów telekomunikacyjnych z satelitami na niskich (LEO – Low Earth Orbit) i średnich orbitach (MEO – Medium Earth Orbit). Wymienić tu można: Iridium (LEO), Globalstar (LEO), Teledesic (bardzo ciekawy, ale nie zrealizowany projekt systemu LEO), Odyssey (MEO). Warto jednak zauważyć, że satelity na średnich orbitach są z powodzeniem stosowane w satelitarnych systemach nawigacyjnych: NAVSTAR-Global Positioning System, Glonass, Galileo (planowany).

Ułożono transoceaniczne kable światłowodowe. Pierwszy taki kabel TAT-8, ułożony w 1988 roku połączył Stany Zjednoczone AP, Wielką Brytanię i Francję; umożliwiał jednoczesne prowadzenie 20 000 rozmów telefonicznych. Żaden z wymienionych systemów nie spowodował jednak zmiany jakościowej w rozwoju telekomunikacji. Trudno więc uznać je za symbole trzeciego przełomu. Moim zdaniem symbolami trzeciego przełomu są Internet i systemy komórkowe. Filozofia działania tych systemów jest zupełnie odmienna od klasycznych

systemów telekomunikacyjnych. Można więc mówić o prawdziwym przełomie w rozwoju telekomunikacji.

2.1. Systemy komórkowe

Już w pierwszych latach po wynalezieniu radia starano się zastosować je do komunikacji z obiektami ruchomymi (Marconi - komunikacja ze statkami na morzu). Początkowo jednak ze względu na gabaryty i masę urządzeń radiowych były to tylko zastosowania militarne. W latach 30. ubiegłego wieku pojawiła się koncepcja systemu komórkowego [4, 5]. Nie miała ona jednak szans realizacji ze względu na ówczesny poziom technologii. Koncepcja systemu komórkowego polega na podziale obsługiwanego obszaru – bez luk i nakładek – na segmenty (komórki) o jednakowym kształcie, na przykład sześciokątne (rys. 2).



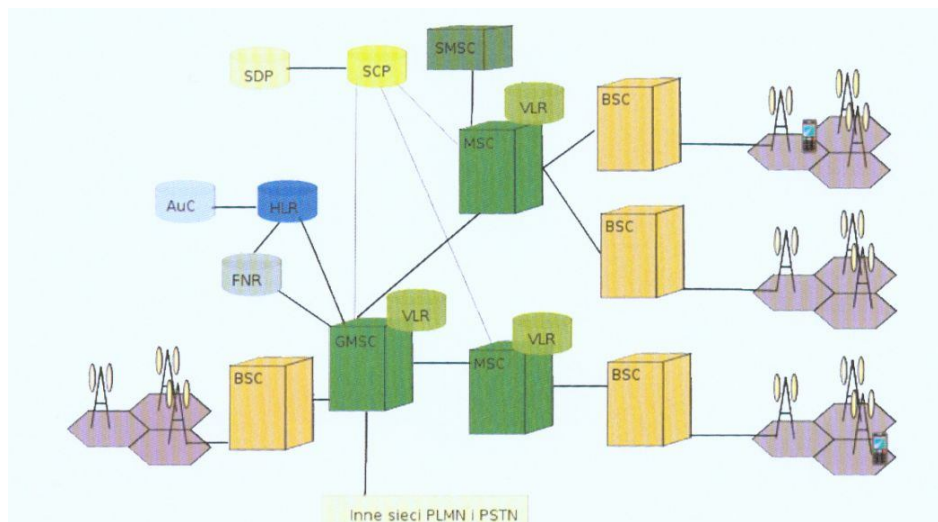
Rys. 2. Struktura komórkowa

Dzięki temu można znacznie lepiej wykorzystać unikatowe bogactwo naturalne, jakim jest widmo elektromagnetyczne. Mówiąc prościej, można obsłużyć znacznie większą liczbę użytkowników w dostępnym paśmie częstotliwości.

Szwedzka firma Ericson wprowadziła na rynek w 1956 roku terminal komórkowy o rozmiarach walizki, masie około 40 kg i cenie zbliżonej do ceny samochodu. Pierwszych stu abonentów sieci Ericsona mogło łączyć się ze sobą w Sztokholmie i najbliższej okolicy. Zasięg sieci wynosił około 30 km. Pierwsze komercyjne systemy telefonii komórkowej, zwane obecnie systemami pierwszej generacji (1G), pojawiły się na początku lat 80. ubiegłego wieku. Opracowano wówczas kilka niekompatybilnych ze sobą systemów analogowych. Największe znaczenie odegrały dwa z nich: skandynawski system NMT (*Nordic Mobile Telephone System*), stosowany w krajach skandynawskich, Europie Środkowej i Wschodniej, między innymi w Polsce (wprowadzony w roku 1992 pod nazwą NMT 450i) i w Rosji oraz system AMPS (*Advanced Mobile Phone System*), opracowany w USA, znany w Europie jako system TACS (*Total Access Communications System*).

2.1.1. Systemy komórkowe drugiej generacji (2G)

Przełom w rozwoju telefonii komórkowej zapoczątkował system GSM. W roku 1982 Konferencja Administracji Poczty i Telekomunikacji (CEPT - *Conférence européenne des administrations des postes et des télécommunications*, nazwa angielska: *European Conference of Postal and Telecommunications Administrations*) powołała specjalną grupę roboczą GSM (*Groupe Spécial Mobile*), której powierzono zadanie opracowania standardu telefonii komórkowej drugiej generacji dla krajów Europejskiej Wspólnoty Gospodarczej. Początkowo prace grupy GSM przebiegały z dużymi trudnościami. Szczęśliwie jednak w roku 1988 opublikowano pierwszą specyfikację systemu. Znaczenie akronimu GSM zmieniono wówczas na *Global System for Mobile Communications*, które obowiązuje do dzisiaj. Architekturę systemu GSM pokazano na rys. 3.



Rys. 3. Architektura systemu komórkowego (wg K. Nowaka, Wikipedia)

Podstawową usługą w systemie GSM jest ciągle usługa głosowa. W początkowej fazie rozwoju systemu transmisja danych miała marginalne znaczenie. Można było przysyłać dane z prędkością 9,6 kb/s. Nowe możliwości pojawiły się wraz z wprowadzeniem techniki GPRS (*General Packet Radio Service*), która została zintegrowana z siecią GSM i stała się częścią tego standardu. Oferuje ona pakietowe przysyłanie danych, dzięki czemu użytkownik nie zajmuje tylko dla siebie całego kanału cyfrowego. Poprawiony został w niej interfejs radiowy, dzięki czemu uzyskano zwiększenie szybkości transmisji do – teoretycznie – 236,8 kb/s oraz możliwość dynamicznej zmiany szybkości nadawania pakietów w zależności od warunków transmisji.

Zaprojektowany dla Europy system GSM stał się systemem światowym. W maju 2009 roku na świecie było około 3 miliardy unikatowych numerów abonenckich telefonii GSM (co stanowi około 80% rynku telefonii mobilnej). Dzięki możliwości międzynarodowego roamingu i umowom między operatorami abonent GSM może, bez podpisywania oddzielnych umów z każdym operatorem z osobna, korzystać z telefonu w większości krajów świata [4, 10]. Obecnie usługi na bazie tej techniki świadczy ponad 700 operatorów w ponad 200 krajach.

Według analityków *Wireless Intelligence* lista największych operatorów systemów komórkowych w pierwszym kwartale 2009 roku przedstawiała się następująco:

1. China Mobile (478,8 miliona subskrypcji, działa w 2 krajach),
2. Vodafone Group (247,3 miliona subskrypcji, działa w 19 krajach),
3. Telefonía Group (190,1 miliona subskrypcji, działa w 20 krajach),
4. America Movil Group (174,9 miliona subskrypcji, działa w 17 krajach),
5. China Unicom (137,7 miliona subskrypcji, działa w Chinach),
6. Deutsche Telekom Group (127,1 miliona subskrypcji, działa w 12 krajach),
7. Telenor Group (96,6 miliona subskrypcji, działa w 10 krajach),
8. Artel (93,9 miliona subskrypcji, działa w 2 krajach),
9. MTS Group (92,3 miliona subskrypcji, działa w 5 krajach),
10. Verizon Wireless (86,6 miliona subskrypcji, działa w USA).

Według Urzędu Komunikacji Elektronicznej (UKE) w Polsce w ciągu ostatnich dziesięciu lat liczba użytkowników systemów komórkowych wzrosła z 0,9 do 36,7 milionów. Główny Urząd Statystyczny (GUS) podaje, że w czerwcu 2009 roku liczba aktywnych kart SIM wynosiła ponad 44 miliony, tzn. więcej niż liczba mieszkańców. Liczba abonentów sieci stacjonarnej nie przekraczała 13 milionów w roku 2007 i obserwuje się ciągłą tendencję zniżkową.

2.1.2. Systemy komórkowe trzeciej generacji (3G)

Prace nad opracowaniem systemu telefonii trzeciej generacji (IMT – 2000) rozpoczęły się na początku lat 90. W 1992 r. podczas Światowej Administracyjnej Konferencji Radiowej (WARC 92 - *World Administrative Radio Conference - 92*) zorganizowanej przez ITU, określono podstawowe założenia systemu i wstępne pasma częstotliwości dla telefonii komórkowej trzeciej generacji (3G). Zgodnie z przyjętą przez ITU uchwałą oraz z postanowieniami odbytej w 1995 r. Światowej Konferencji Radiowej (WRC 95 – *World Radio Conference - 1995*)^{*)} ustalono, że wstępne wdrożenie architektury naziemnej powinno nastąpić około roku 2001.

^{*)} Przed rokiem 1993 Konferencja była znana jako Światowa Administracyjna Konferencja Radiowa (WARC – *World Administrative Radio Conference*).

W roku 1997 r. Europejski Instytut Norm Telekomunikacyjnych (ETSI – *European Telecommunications Standards Institute*) przedstawił dla kontynentu europejskiego założenia odmiany regionalnej IMT-2000 czyli systemu UMTS (Universal Mobile Telecommunications System). Standard IMT – 2000 został oficjalnie zatwierdzony na Światowej Konferencji Radiowej (WRC - 2000) w Stambule.

Podczas tworzenia standardu IMT-2000 ujednoczono wymagania stawiane systemowi i określono podstawowe założenia, które ma on spełniać:

- ◆ szybkość transmisji danych różna w zależności od odległości od stacji bazowej i od szybkości przemieszczania się terminalu:
 - do 2Mb/s – kiedy terminal znajduje się maksymalnie 0,2 km od stacji bazowej (środowisko pikokomórkowe) i nie porusza się;
 - do 384 kb/s – odległość do 2 km od stacji bazowej (środowisko mikrokomórkowe) i prędkość poruszania się terminalu do 120 km/h;
 - do 144 kb/s – odległość powyżej 2 km (środowisko makrokomórkowe) i prędkość poruszania się terminalu większa niż 500 km/h;
- ◆ zapewniony dostęp do Internetu;
- ◆ komunikacja zarówno w trybie komutacji łączy, jak i komutacji pakietów;
- ◆ wysoka jakość transmisji mowy;
- ◆ udostępnienie abonentowi różnych usług (także multimedialnych i czasu rzeczywistego) zintegrowanych razem i dostępnych na całym świecie:
 - system nawigacji;
 - system lokalizacji;
 - system informacji o zagrożeniach;
 - gazeta elektroniczna, książka elektroniczna, telezakupy;
 - wideo na żądanie, interaktywna telewizja;
 - muzyka na żądanie, karaoke na żądanie;
 - serwis informacyjny;
 - baza danych, poczta e-mail;
 - wideokonferencje;
- ◆ roaming światowy;
- ◆ globalne pokrycie radiowe dzięki zastosowaniu systemu satelitów;

- ◆ umożliwienie jednoczesnej realizacji różnych usług;
- ◆ skuteczne wykorzystanie dostępnego zakresu częstotliwości;
- ◆ skuteczne zabezpieczenia przekazywanych informacji;
- ◆ architektura umożliwiająca dalszą rozbudowę powiązaną z postępem technicznym i technologicznym;
- ◆ skalowalność sieci;
- ◆ przenoszalność wstecz (tzn. dostępność terminali umożliwiających pracę w systemach zarówno drugiej, jak i trzeciej generacji);
- ◆ integracja różnych sieci wewnątrz sieci 3G.

Ostateczna wersja zasobów widmowych dla systemu IMT-2000 została oficjalnie zatwierdzona w roku 2000 na Światowej Konferencji Radiowej. Zawierają się one w czterech przedziałach:

- od 806 MHz do 960 MHz;
- od 1710 MHz do 2025 MHz;
- od 2100 MHz do 2200 MHz;
- od 2500 MHz do 2690 MHz.

Przedziały 806 MHz – 960 MHz, 1710 MHz – 1885 MHz oraz 2500 MHz – 2690 MHz mają być udostępnione systemowi IMT-2000 dopiero w przyszłości, dlatego obecnie bierze się pod uwagę tylko górną połowę przedziału drugiego i przedział trzeci. Wewnątrz wszystkich zakresów wydzielono podzakresy zarezerwowane na transmisje satelitarne:

- od 1980MHz do 2010MHz,
- od 2170MHz do 2200MHz,
- od 2500MHz do 2520MHz,
- od 2670MHz do 2690MHz.

Tylko Chiny mogą w pełni przeznaczyć obecnie dostępne pasma dla systemu IMT-2000. W pozostałych krajach część tych pasm jest zajęta przez inne systemy telekomunikacyjne. W Europie pasmo 1885-1900 jest zajęte przez system DECT, w USA w pasmach 1885-1910 i 1930-1990 pracuje system GSM, w Japonii i Korei pasmo do 1919MHz jest zajęte przez DHS. Docelowo jednak wszystkie zasoby widmowe określone w 2000 roku mają być wykorzystywane w systemie IMT-2000.

Dzięki zaimplementowaniu technik HSDPA (*High Speed Down Link*) i HSUPA (*High Speed Up Link*), będących częścią standardu UMTS, użytkownicy mogą uzyskać transfer danych z przepływnością 1,46 Mb/s podczas wysyłania informacji i 7,2 Mb/s podczas odbierania danych.

UMTS jest następcą standardu GSM (oba standardy są rozwijane przez konsorcjum standaryzacyjne 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*), podczas jego projektowania pozostawiono bez większych zmian sieć szkieletową, wprowadzono natomiast zasadnicze zmiany w sieci radiowej. Dzięki nowemu interfejsowi radiowemu, możliwe jest lepsze wykorzystanie dostępnych zasobów radiowych, zapewnienie lepszego współczynnika jakości świadczonych usług (QoS – *Quality of Service*) i zaoferowanie lepszej przepływności danych. Najpopularniejszą techniką stosowaną na potrzeby dostępu do sieci radiowej jest szerokopasmowy dostęp kodowy (WCDMA – *Wide Band Code Division Multiple Access*). Sieci w obu standardach mogą ze sobą współpracować, dostępne są telefony pracujące zarówno jako terminale GSM, jak i UMTS, możliwy jest też handover (czyli przeniesienie aktywnego połączenia bez zrywania rozmowy/transmisji) pomiędzy oboma rodzajami sieci dla poruszającego się użytkownika. Usługi dostępne w sieciach GSM są też dostępne w UMTS, większość usług zdefiniowanych dla użytkowników UMTS jest dostępna (niektóre z gorszą jakością) po zalogowaniu się do sieci GSM. Ponieważ GSM jest obecnie najpopularniejszym standardem sieci komórkowych, UMTS okazał się najczęściej wybieranym rozwiązaniem, na którym oparto budowę sieci trzeciej generacji.

W drugim kwartale 2008 roku istniało około 230 sieci w standardzie UMTS zbudowanych w ponad 90 krajach, zarejestrowanych było ponad 235 milionów subskrypcji, co stanowiło około 70% rynku systemów 3G.

2.1.3. Systemy komórkowe czwartej generacji

Jeszcze na dobrze nie oswoiliśmy się z systemami komórkowymi trzeciej generacji, a coraz częściej słyszy się o systemach czwartej generacji. Międzynarodowy Związek Telekomunikacyjny (ITU – *International Telecommunication Union*) opublikował wymagania na systemy komórkowe

czwartej generacji (4G). ITU w odniesieniu do systemów czwartej generacji wymaga, aby szybkość transmisji osiągała 1 Gb/s.

W drodze do systemów czwartej generacji powstał standard LTE (ang. Long Term Evolution). Jest to kolejny, po GSM i UMTS, standard techniki mobilnej zatwierdzony przez organizację 3GPP. Dla operatora LTE jest naturalnym krokiem w rozwoju bezprzewodowego szerokopasmowego dostępu do Internetu, zapewniającego dużą przepływność i niewielkie opóźnienie dla wielu jednoczesnych użytkowników. Dla abonentów LTE jest techniką zapewniającą niemal nieograniczone możliwości dostępu do wielu usług wymagających dużych przepływności i ciągłego bycia *online*, od szybkiego dostępu do Internetu aż do zaawansowanych usług takich, jak serwisy społecznościowe, blogi czy gry sieciowe. LTE nie spełnia wymagań ITU na system komórkowy czwartej generacji, stąd też spotyka się określenia, że jest system 3,9G lub system super 3G.

Organizacja 3GPP pracuje nad standardem LTE-A (Long Term Evolution Advanced), który w pełni będzie spełniał wymagania ITU dotyczące systemów czwartej generacji.

W lutym tego roku, podczas *GSMA Mobile World Congress* w Barcelonie, firma Ericsson zademonstrowała transmisję w standardzie LTE/4G z prędkością 1 Gb/s. Tak duża prędkość transmisji jest możliwa dzięki zastosowaniu wyrafinowanych modulacji i techniki MIMO (ang. Multiple Input Multiple Output). Technika MIMO jest rozszerzeniem znanej od dawna techniki odbioru zbiorczego przestrzennego. Polega ona na tym, że sygnał z nadajnika jest promieniowany przez kilka anten i odbierany przez kilka anten.

Konkurencyjnym w stosunku do standardu LTE jest standard WiMAX (ang. Worldwide Interoperability for Microwave Access). Jest to standard oparty na standardach IEEE 802.16 i ETSI HiperLan. Standardy te stworzono dla szerokopasmowego radiowego dostępu na dużych obszarach. Zakłada się, że maksymalna przepustowość sieci w standardzie WiMAX wyniesie 75 Mb/s. To bardzo przyszłościowa przepływność, konkurencyjna nawet w stosunku do sieci przewodowych. W 2009 roku pojawiły się jednak informacje, że najwięksi operatorzy sieci komórkowych rezygnują z techniki WiMAX na rzecz standardu LTE.

2.2. Internet

W roku 1968 DARPA (*Defense Advanced Research Project Agency*) zainicjowała program badawczy zmierzający do opracowania sieci ARPANET, umożliwiającej przezroczystą wymianę informacji między komputerami. Chodziło o to, aby uniknąć centralnego węzła sterującego, którego uszkodzenie (np. wskutek ataku nuklearnego) pozbawiłoby możliwości pracy całą sieć. W ciągu dwóch lat zbudowano sieć obejmującą pięć węzłów.

Równolegle producenci komputerów przedstawiali własne koncepcje łączenia komputerów w sieci. Pojawiły się więc sieci: IBM, DECNET i inne. Sieci te nie były kompatybilne między sobą. Powstała zatem *wojna protokołów*. Organizacja ISO (*International Standard Organization*) przedstawiła siedmiowarstwowy model (rys. 4) otwartego systemu komunikacyjnego (OSI - *Open System Interconnection*).



Rys. 4. Otwarty system ISO-OSI

W ten sposób wojna protokołów została zażegnana. W roku 1974 Vint Cerf przedstawił stos protokołów TCP/IP. W dziesięć lat później TCP/IP wprowadzono do sieci ARPANET i zmieniono jej nazwę na Internet, który liczył wówczas 1000 hostów.

Krajowe organizacje odpowiedzialne za rozwój telekomunikacji, zwane dzisiaj telekomami, nie doceniły rozwoju sieci komputerowych, jak je wtedy nazywano. Sądzono, że klasyczna telekomunikacja o strukturze hierarchicznej z dominującym operatorem narodowym (monopolistą) będzie nadal podstawą świadczenia powszechnych usług telekomunikacyjnych.

Przeniknięcie do telekomunikacji idei otwartych interfejsów programistycznych oraz języków, narzędzi i protokołów z domeny informatyki zainicjowało proces integracji światów informatyki i telekomunikacji. W Internecie obok transmisji danych pojawiły się nowe usługi: transmisja dźwięku (VoIP - *Voice over IP*) i transmisja obrazów ruchomych (VIP - *Video over IP*). Klasyczne sieci telekomunikacyjne zainteresowały się transmisją danych. Sieci komputerowe i klasyczne sieci telekomunikacyjne zaczęły się więc nawzajem przenikać, świadcząc te same usługi. Mówimy dzisiaj o sieciach teleinformatycznych.

Przewaga Internetu nad klasycznymi sieciami telekomunikacyjnymi polega na tym, że Internet nie ma struktury hierarchicznej. Jest to sieć równouprawnionych sieci. Nad rozwojem usług internetowych pracują nie tylko wyspecjalizowane placówki, ale - przede wszystkim - ogromne rzesze entuzjastów. To oni - jako pierwsi - eksperymentowali z usługą VoIP. Dziś jest to usługa w pełni profesjonalna. Każdy szanujący się producent sprzętu sieciowego ma w swoim portfolio urządzenia VoIP.

Liberalizacja rynku i rozwój nowych technik telekomunikacyjnych i informatycznych sprawiają, że rynek telekomunikacyjny zmienia się znacząco. Następuje przegrupowanie i zmiana wagi poszczególnych segmentów rynku. Towarzyszy im zasadnicza zmiana modeli sprzedaży usług telekomunikacyjnych. Usługi telefonii stacjonarnej są zastępowane przez usługi świadczone przez systemy komórkowe, a także przez usługi VoIP realizowane za pomocą dostępu szerokopasmowego.

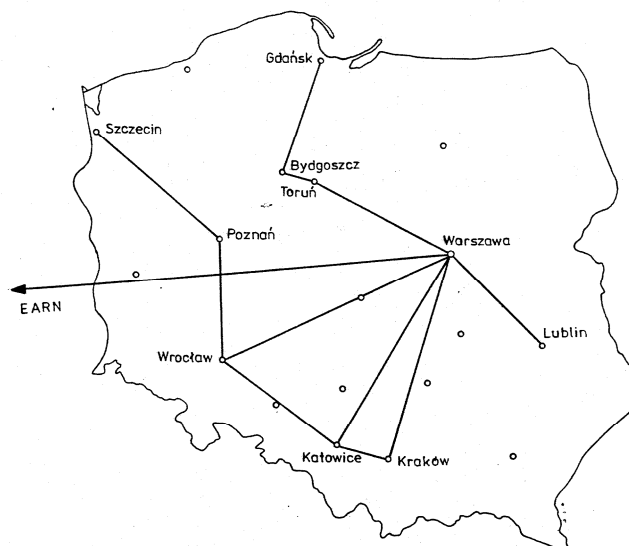
Wykorzystanie techniki IP spowodowało pojawienie się nowego paradygmatu komunikacji: dostępna jest informacja o obecności i statusie użytkowników i można ją wykorzystać. Ta właściwość sieci IP zasadniczo zmienia dotychczasowy model komunikacji i ma wielkie znaczenie dla rozwoju usług. Informacja o bieżącym statusie obecności i dostępności użytkownika otwiera pole dla usług natychmiastowej komunikacji (głosowej, tekstowej, multimedialnej), może także być zastosowana do wzbogacenia istniejących aplikacji, takich jak poczta elektroniczna z aktywną listą kontaktów wizualizującą aktualny status użytkowników.

2.3. Internet w Polsce

2.3.1. Początki sieci komputerowych w Polsce

Środowisko wrocławskie było inicjatorem prac nad wdrożeniem sieci komputerowych w Polsce. Pierwsze prace w tym zakresie zostały zainicjowane przez prof. Mieczysława Bazewicza w roku 1978 [2]. Rozpoczęto wówczas realizację projektu *Pitagoras*, który na początku lat osiemdziesiątych ubiegłego wieku zaowocował eksperymentalną siecią komputerową łączącą Gliwice, Warszawę i Wrocław. Szybkość transmisji w tej sieci wynosiła zaledwie 2400 b/s, była to jednak sieć komputerowa. Te pierwsze próby tworzenia sieci komputerowych, jak również ich kontynuacja aż do roku 1986, nie miały znaczenia utylitarne. Powodem tego były nie tyle skromne środki finansowe, co niechęć ówczesnych władz do swobodnej wymiany informacji. Na podkreślenie zasługuje fakt, że po wprowadzeniu stanu wojennego 13 grudnia 1981 roku i wyłączeniu wszystkich systemów telekomunikacyjnych, sieć *Pitagoras* działała jeszcze przez dwa tygodnie, nim władze dostrzegły, że sieć komputerowa to też sieć telekomunikacyjna i poleciły jej wyłączenie.

Dopiero w roku 1986 uruchomiono centralny program badawczo-rozwojowy CPBR nr 8.13 pod nazwą *Budowa Krajowej Akademickiej Sieci Komputerowej - KASK*, którego Generalnym Wykonawcą była Politechnika Wroclawska, a współwykonawcami: Uniwersytet Warszawski, Politechnika Poznańska, Politechnika Gdańska, Uniwersytet Toruński, Politechnika Śląska, UMC w Lublinie, Politechnika Łódzka, Politechnika Szczecińska [2]. Program KASK, kierowany prze autora tego artykułu, umożliwił zbudowanie zrębów akademickiej sieci komputerowej w Polsce, łączącej dziewięć ośrodków akademickich (rys. 5).



Rys. 5. Krajowa Akademska Sieć Komputerowa (KASK) w roku 1988

Podstawową zasługą programu było stworzenie i rozbudowanie zespołów specjalistów w całym kraju i danie im możliwości zdobycia kwalifikacji w projektowaniu, wytwarzaniu i uruchamianiu prototypowych urządzeń i sieci.

Jednak i ten program podzieliliby prawdopodobnie los poprzednich projektów, gdyby nie doszło do uwiecznionych powodzeniem działań wielu zespołów w Polsce i Polaków za granicą, rozpoczętych już w 1987 roku, w których wyniku Departament Handlu USA wyraził zgodę na przyłączenie Polski do Europejskiej Akademickiej i Naukowej Sieci Komputerowej (EARN - *European Academic and Research Network*). W 1990 roku Urząd Postępu Naukowo-Technicznego i Wdrożeń uruchomił Jednostkowe Przedsięwzięcie Badawczo-Rozwojowe JPBR nr 8.29 pod nazwą *Przyłączenie Polskiego Środowiska Akademickiego i Naukowego do Sieci EARN*. Profesor Tomasz Hofmokr, fizyk z Uniwersytetu Warszawskiego, został powołany na kierownika tego przedsięwzięcia. W lipcu 1990 roku Polska została połączona z węzłem EARN w Kopenhadze. W ten sposób powstał pierwszy węzeł sieci EARN w krajach Europy Środkowej i Wschodniej - PLEARN. Dostęp do poczty elektronicznej oraz innych usług sieciowych spowodował szybki wzrost zainteresowania problematyką sieciową w polskich środowiskach akademickich i naukowych, nawet wśród osób, które nie miały dotychczas doświadczenia z komputerami. To

zainteresowanie i przygotowane wcześniej zespoły naukowo-badawcze umożliwiły uruchomienie w Polsce w maju 1991 roku Naukowej i Akademickiej Sieci Komputerowej (NASK). W roku 1993 utworzono jednostkę badawczo-rozwojową pod nazwą *Naukowa i Akademicka Sieć Komputerowa*, która zajęła się rozwojem i utrzymaniem NASK-u i która funkcjonuje do dzisiaj, choć w innym charakterze.

2.3.2. PIONIER

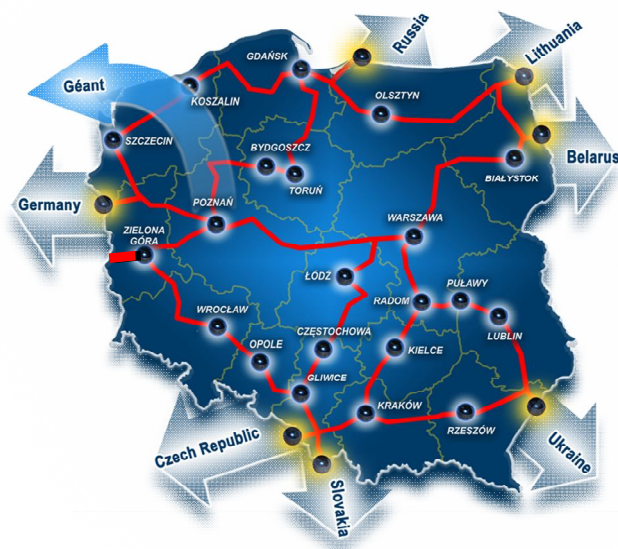
Obecnie rolę sieci szkieletowej dla polskiego środowiska naukowego i akademickiego pełni sieć PIONIER - *Polski Internet Optyczny*. Sieć PIONIER to ogólnopolska szerokopasmowa sieć optyczna stanowiąca bazę dla badań naukowych i prac rozwojowych w obszarze informatyki, telekomunikacji, nauk obliczeniowych, aplikacji oraz usług dla społeczeństwa informacyjnego. Wybudowana w całości ze środków Komitetu Badań Naukowych.

Sieć PIONIER obejmuje 25 jednostek i środowisk naukowych:

1. Białystok - Miejska Sieć Komputerowa BIAMAN,
2. Bielsko-Biała - środowisko naukowe obsługiwane przez Miejską Sieć Komputerową SASK,
3. Bydgoszcz - Miejska Sieć Komputerowa BYDMAN,
4. Częstochowa - Miejska Sieć Komputerowa CZESTMAN,
5. Elbląg - środowisko naukowe obsługiwane przez Miejską Sieć Komputerową TASK,
6. Gdańsk - Trójmiejska Akademicka Sieć Komputerowa,
7. ICM - Interdyscyplinarne Centrum Modelowania (Uniwersytet Warszawski),
8. Kielce - Miejska Sieć Komputerowa KIELMAN,
9. Koszalin - Miejska Sieć Komputerowa KOSMAN,
10. Kraków - Miejska Sieć Komputerowa w Krakowie,
11. Lublin - Miejska Sieć Komputerowa LUBMAN,
12. Łódź - Miejska Sieć Komputerowa LODMAN,
13. NASK - Miejska Sieć Komputerowa WARMAN (Warszawa),
14. Olsztyn - Miejska Sieć Komputerowa OLMAN,
15. Opole - Miejska Sieć Komputerowa w Opolu,
16. Poznań - Miejska Sieć Komputerowa POZMAN,

17. Puławy - Miejska Sieć Komputerowa PULMAN,
18. Radom - Miejska Sieć Komputerowa RAMAN,
19. Rzeszów - Rzeszowska Miejska Sieć Komputerowa RMSK,
20. Śląsk - Śląska Akademicka Sieć Komputerowa SASK,
21. Słupsk - środowisko naukowe obsługiwane przez Miejską Sieć Komputerową TASK,
22. Szczecin - Akademicka Miejska Sieć Komputerowa AMSK,
23. Toruń - Miejska Sieć Komputerowa TORMAN,
24. Wrocław - Wroclawska Akademicka Sieć Komputerowa WASK,
25. Zielona Góra - Miejska Sieć Komputerowa ZIELMAN.

Sieci te są połączone kablami światłowodowymi, będącymi własnością Konsorcjum PIONIER. Łączna długość kabli światłowodowych wynosi 5054,3 km. PIONIER jest pierwszą w Europie krajową siecią akademicką mającą własne światłowody z techniką DWDM (rys. 6).



Rys. 6. Polski Internet Optyczny PIONIER (rysunek zaczerpnięto ze strony internetowej organizacji PIONIER)

Właścicielem PIONIER-a jest Konsorcjum, w którego skład wchodzi wszyscy użytkownicy sieci. Siecią PIONIER zarządza Poznańskie Centrum Superkomputerowo-Sieciowe.

W Poznaniu znajduje się węzeł sieci Géant2, która zapewnia połączenie sieci PIONIER z całym światem.

2.3.3. Wrocławska Akademicka Sieć Komputerowa

W marcu 1993 roku Kolegium Rektorów Wyższych Uczelni Wrocławia powołało Środowiskową Grupę Roboczą ds. budowy miejskiej sieci komputerowej we Wrocławiu i zakupu komputera dużej mocy [3]. W skład grupy roboczej weszli pełnomocnicy rektorów oraz przedstawiciele Wrocławskiego Oddziału Polskiej Akademii Nauk, Wrocławskiego Oddziału Instytutu Łączności i Instytutu Automatyki Systemów Energetycznych. Grupa ta zajęła się koordynacją wcześniej podjętych prac, zmierzających do utworzenia we Wrocławiu miejskiej sieci komputerowej obsługującej wszystkie uczelnie oraz instytuty naukowo-badawcze i włączenia do niej komputera dużej mocy. Politechnika Wrocławska została powołana przez Kolegium Rektorów jako jednostka wiodąca w tym przedsięwzięciu i podjęła się opracowania projektu koncepcyjnego infrastruktury telekomunikacyjnej oraz projektu technicznego Wrocławskiej Akademickiej Sieci Komputerowej. Rektor Politechniki Wrocławskiej zlecił Instytutowi Telekomunikacji i Akustyki prowadzenie prac projektowych i nadzór nad budową sieci. W roku 1993 Środowisko Wrocławskie wygrało konkurs i otrzymało pierwszą – bardzo skromną – dotację z Komitetu Badań Naukowych na budowę sieci metropolitalnej. Podobne dotacje otrzymały: Gdańsk, Kraków, Poznań i Warszawa. Na początku 1994 roku Wrocławska Akademicka sieć komputerowa była bardzo skromna (rys. 7).

Do sieci włączone były cztery uczelnie: Uniwersytet Wrocławski, Akademia Medyczna, Akademia Rolnicza i Politechnika Wrocławska. Sieć miała połączenie z siecią NASK, co zapewniało jej użytkownikom dostęp do innych sieci akademickich w Polsce i na świecie. Dzięki kolejnym – coraz bogatszym – dotacjom Komitetu Badań Naukowych, Wrocławska Akademicka Sieć Komputerowa rozwijała się bardzo szybko, obejmując swym zasięgiem wszystkie wyższe uczelnie, instytuty PAN i jednostki naukowo-badawcze Wrocławia (rys. 8).

Podobne sieci powstały w wielu innych ośrodkach naukowo-badawczych.

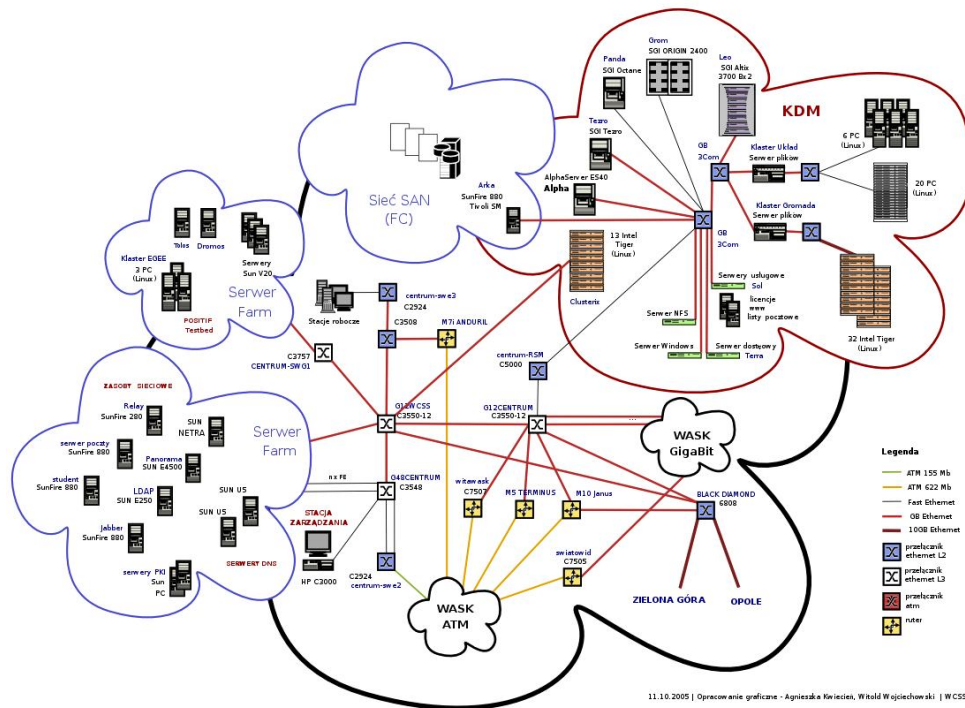
2.3.4. Wrocławskie Centrum Sieciowo-Superkomputerowe

Wrocławskie Centrum Sieciowo-Superkomputerowe (WCSS) powstało w roku 1995 jako jednostka organizacyjna Politechniki Wrocławskiej świadcząca usługi dla całego wrocławskiego środowiska akademickiego i naukowego. Jego głównymi zadaniami są:

- utrzymanie i rozbudowa Wrocławskiej Akademickiej Sieci Komputerowej (WASK),
- eksploatacja i rozbudowa komputerów dużej mocy,
- eksploatacja i rozwój sieciowych usług informacyjnych dla wszystkich uczelni wyższych i instytutów badawczych z obszaru Dolnego Śląska.

Infrastruktura WASK-u obejmuje obecnie 23 węzły i ponad 120 km tras światłowodowych (rys. 8). Węzły są umiejscowione głównie w budynkach wrocławskich uczelni. WASK ma połączenia z sieciami w Zielonej Górze i Opolu. W roku 2006 powstała sieć akademicka w Legnicy, będąca częścią WASK-u. W 2007 roku zainstalowano węzeł WASK-u w Polkowicach, a w 2008 roku w Lubinie. Do WASK-u jest podłączonych ponad 500 sieci lokalnych zawierających ponad 15 000 komputerów.

Komputery dużej mocy obsługują ponad stu uczonych, którzy prowadzą badania z zakresu chemii, fizyki, mechaniki, informatyki, akustyki i wielu innych dziedzin nauki. Mają oni do dyspozycji wyspecjalizowane pakiety oprogramowania. Korzystanie z komputerów dużej mocy jest bezpłatne, trzeba jedynie rozliczyć się publikacjami.



Rys. 9. Zasoby Wrocławskiego Centrum Sietciowo-Superkomputerowego

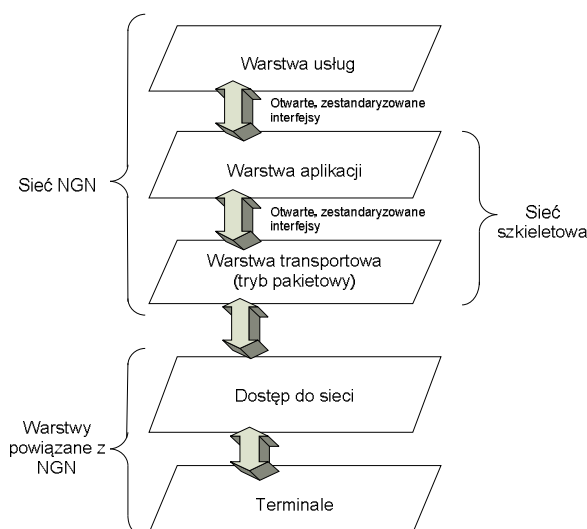
Główne zasoby obliczeniowe WCSS (rys. 9) to klaster NOVA (ponad 400 procesorów czterordzeniowych połączonych siecią InfiniBand o łącznej wydajności teoretycznej 16 TFLOPS), komputer SGI Altix 3700 Bx2 (128 procesorów Itanium2 z 256 GB pamięci peracyjnej). Użytkownicy WCSS mają także do dyspozycji sieć pamięci masowej (SAN) z macierzami dyskowymi o pojemności około 40 terabajtów (TB) i bibliotekę taśmową Adic Scalar 10K o pojemności 120 TB, którą można rozbudować do 1 petabajta, to znaczy tysiąca TB. Dzięki wirtualizacji dostęp do danych system jest widoczny jako jeden spójny zasób.

WCSS bierze udział kilku międzynarodowych projektach badawczych, a także prowadzi wewnętrzne projekty związane z bezpieczeństwem sieci i systemów operacyjnych oraz wykorzystaniem sprzętowych akceleratorów do przyspieszania

3. Multimedialna transmisja z wykorzystaniem protokołu IP (All IP)

3.1. Sieci następnej generacji (NGN - Next Generation Networks)

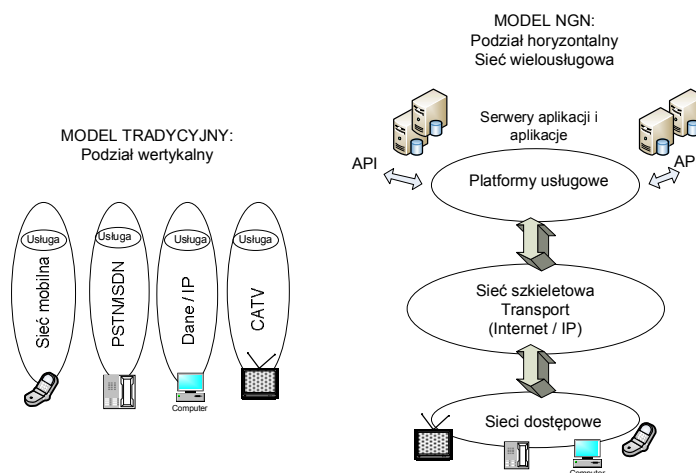
Sieci NGN, nazywane sieciami przyszłości, to struktury oparte całkowicie na protokole IP, których funkcjonalna architektura jest określana w postaci trzech oddzielnych warstw (rys. 10): warstwy transportowej (*Transport Layer*), warstwy sterowania (*Control Layer*) i warstwy usług (*Service Layer*).



Rys. 10. Ogólna charakterystyka funkcjonalna sieci NGN

Jedną z podstawowych funkcji sieci NGN jest zapewnienie konwergencji usług multimedialnych dzięki użyciu jednej, wspólnej sieci szkieletowej (*Core Network*) oraz pakietowej transmisji danych dla wszystkich typów dostępu i usług. Sieci NGN to pakietowe infrastruktury w pełni zestandardyzowane, zdolne do obsługi wielkiej liczby usług i aplikacji. To sieci, które są gotowe do sprostania przyszłym wymaganiom ruchu IP poprzez zapewnienie skalowalności i elastyczności [6, 13].

Sieci telekomunikacyjne, stosujące technikę TDM (multipleksacja w dziedzinie czasu) i oparte na tradycyjnym przełączaniu kanałów, nie oferują tak bogatej gamy usług, jak wielousługowe sieci pakietowe oparte na protokole IP. Choć tradycyjne sieci cieszą się wciąż dużą popularnością, to stopniowo są one wypierane przez konwergentne sieci pakietowe IP, cechujące się nieporównywalnie większą funkcjonalnością. Ulega także zmianie model postrzegania sieci telekomunikacyjnej (rys. 11) - z koncepcji wertykalnej: odseparowane sieci PSTN/ISDN, sieci mobilne, sieci kablowe, transmisja danych; przechodzi się na koncepcję horyzontalną: współpracujące ze sobą sieci dostępowe, sieci szkieletowe IP, platformy usługowe API.

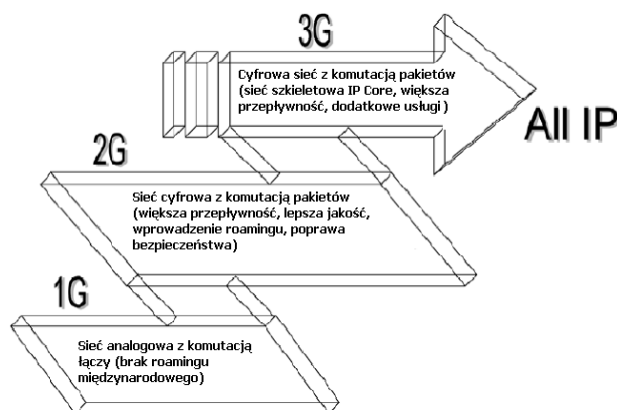


Rys. 11. Ewolucja modelu sieci

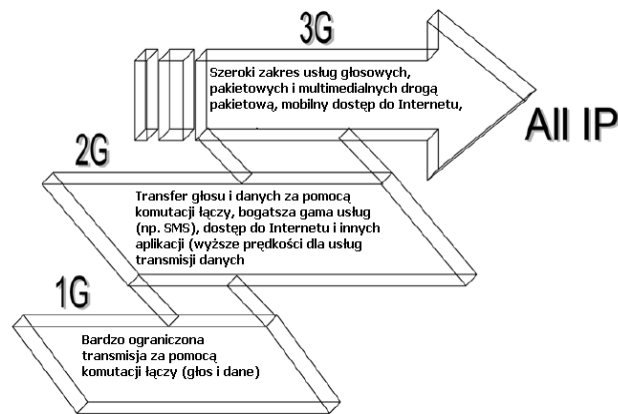
3.2. Ewolucja sieci mobilnych w kierunku All IP

W rozwoju sieci mobilnych nowe generacje są wprowadzane przeciętnie co dekadę. Tak było w przypadku systemu GSM i UMTS, których wdrażanie rozpoczęło się po latach prac badawczych i naukowych. Przed powstaniem systemu GSM funkcjonowały sieci mobilne pierwszej generacji (1G), w których stosowano wielodostęp z podziałem częstotliwości (FDMA - *Frequency Division Multiple Access*). Sieci analogowe charakteryzowały się małą pojemnością i brakiem zabezpieczeń, co powodowało łatwość podsłuchu. Przełom w mobilnych systemach komórkowych przyniosło wprowadzenie systemów drugiej i trzeciej

generacji (2G i 3G), opartych na technice wielodostępu z podziałem czasu (TDMA - *Time Division Multiple Access*) i technice wielodostępu kodowego (CDMA - *Code Division Multiple Access*). Największą rzeszę klientów zdobył system GSM, który po dzień dzisiejszy dominuje na rynku systemów drugiej generacji. Rozwój standardu GSM charakteryzowała niezwykła dynamika, świadcząca o akceptacji zarówno funkcjonalności tego systemu, jak i cen usług w nim świadczonych. Wzrastające zainteresowanie usługami *nietelefonicznymi*, w tym wymagającymi większych przepływności, spowodowało chęć rozszerzania możliwości systemów poza ograniczenia istniejące w momencie uruchamiania standardu GSM. Wprowadzano rozwiązania techniczne umożliwiające transmisję z większymi przepływnościami i transmisję pakietową. Duże zainteresowanie nowymi usługami wśród klientów tego systemu zaowocowała stopniową migracją użytkowników sieci stacjonarnych PSTN/ISDN w stronę systemów komórkowych i usług oferowanych przez te systemy. Według GUS w końcu roku 2008 liczba użytkowników systemów komórkowych w Polsce wynosiła ponad 44 miliony (więcej niż liczba mieszkańców), podczas gdy liczba telefonów stacjonarnych nie przekraczała 13 milionów. Rysunek 12 przedstawia ewolucję technik sieciowych od pierwszej (1G) do trzeciej (3G) generacji i - w perspektywie – do All IP. Rysunek 13 przedstawia ewolucję technik sieciowych od pierwszej (1G) do trzeciej (3G) generacji i - w perspektywie – do All IP [11, 12].



Rys. 12. Ewolucja technik sieciowych od pierwszej generacji (1G) do trzeciej generacji (3G) i – w perspektywie – do All IP



Rys. 13. Ewolucja usług w sieciach od pierwszej generacji (1G) do trzeciej generacji (3G)

We wczesnym stadium rozwoju sieci, transmisja pakietowa była oparta na protokole ATM (*Asynchronous Transfer Mode*). Wkrótce jednak został on zastąpiony przez protokół IP, który stał się protokołem transportowym systemu UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System* – standard systemu komórkowego trzeciej generacji). Decyzja o zamianie w warstwie sieciowej systemu UMTS protokołu ATM na IP nie była podyktowana lepszymi parametrami protokołu IP, lecz była skutkiem dostosowania systemu do wspólnej pracy z innymi sieciami pakietowymi, w większości bazującymi na protokole IP [11, 12]. Protokół ten to najbardziej rozpowszechniony protokół transmisji pakietowej w systemach multimedialnych i sieciach zewnętrznych odznaczający się łatwą implementacją i wydajną współpracą z innymi, zewnętrznymi sieciami pakietowymi. Początkowo stosowany był w systemie UMTS jako protokół aplikacyjny, do którego przenoszenia służyły protokoły transmisyjne położone w warstwach niższych. Takie rozwiązanie niosło ze sobą mniejszą wydajność transmisji i większe obciążenie systemu, ponieważ powodowało transmisję wielu dodatkowych informacji z nagłówek protokołów warstw niższych. Takie wykorzystanie protokołu IP niosło za sobą także większe koszty realizacji usług, z powodu nadmiarowości danych strujących w stosunku do danych przesyłanych. Od dawna wiadomo, że zmniejszenie kosztów transmisji, a co za tym idzie zmniejszenie kosztów świadczenia usługi przez operatora, powoduje większe

zainteresowanie usługą przez potencjalnych klientów i wzrost dochodów dla świadczących te usługi.

Organizacja 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*), zajmująca się opracowywaniem standardów i wyznaczaniem nowych kierunków rozwoju systemu UMTS, pracuje nad budową sieci All IP UMTS, czyli sieci szkieletowej (CN - *Core Network*) bazującej całkowicie na protokole IP. Efekty prac standaryzacyjnych prowadzonych przez 3GPP – organizacji, w której skład wchodzi: ANSI (*American National Standard Institute*), ITU (*International Telecommunication Union*), ETSI (*European Telecommunication Standard Institute*) oraz organizacje tworzone przez samych operatorów i dostawców nowych rozwiązań telekomunikacyjnych, czyli OHG (*Operator Harmonization Group*) i ARIB (*Alliance of Radio Industries and Business*) – są widoczne w postaci szeregu standardów opisujących architekturę systemów trzeciej generacji i nowszych. Organizacja 3GPP zakończyła już prace nad kilkoma specyfikacjami dostępnymi w kolejnych wydaniach zaleceń: Release 98, Release 99, Release 4, Release 5, Release 6 i skupiła całą swoją uwagę badawczą nad powstającymi obecnie Release 7 i 8. Według tych specyfikacji, wprowadzenie architektury ALL IP UMTS niesie za sobą wiele wymagań:

- możliwość współpracy pomiędzy siecią szkieletową i sieciami dostępowymi, bazującymi na różnych metodach dostępu do widma (różnorodność rozwiązań w warstwie fizycznej);
- uwzględnienie faktu powolnej migracji wszystkich już istniejących sieci szkieletowych w stronę All IP, bazującego na pełnym wykorzystaniu zasobów redukującego koszty;
- standaryzacja całej architektury All IP, umożliwiająca połączenie i współpracę wszystkich elementów pochodzących od innych dostawców.

6. Podsumowanie

Ludzkość zawsze odczuwała potrzebę przekazywania wiadomości na odległość. Przez wiele stuleci metody przekazywania wiadomości na odległość były bardzo prymitywne. Dopiero pod koniec XVIII wieku pojawił się telegraf

optyczny Chappe'a. Telegraf elektromagnetyczny Morse'a pojawił się w latach 30. dziewiętnastego wieku i od razu zrobił dużą karierę. Za pierwszy przełom w rozwoju telekomunikacji uważa się jednak wynalezienie przez Grahama Bella telefonu elektromagnetycznego (1876 r.). Dostrzegano już wówczas olbrzymią rolę cywilizacyjną jaką miała odegrać telefonia i jaką odgrywa w dalszym ciągu. Drugi przełom w rozwoju telekomunikacji wiąże się z wynalezieniem przez Guglielmo Marconiego i Aleksandra Popowa radia. Powstała możliwość łączności między obiektami bez łączenia ich przewodami, w tym z obiektami będącymi w ruchu. Telekomunikacja zaczęła istotnie oddziaływać na wszystkie aspekty życia społeczeństw. Trzeci przełom w rozwoju telekomunikacji autor tego referatu wiąże z systemami komórkowymi i Internetem. Filozofia działania tych systemów jest zupełnie odmienna od klasycznych systemów telekomunikacyjnych, dlatego można je uznać za symbole trzeciego przełomu w rozwoju telekomunikacji. Przełom ten ma szczególne znaczenie dla życia społeczeństw. Dzięki połączeniu technik telekomunikacyjnych i technik informatycznych powstała teleinformatyka, która warunkuje funkcjonowanie współczesnych społeczeństw.

Internet jest najpowszechniej występującym w świadomości społecznej medium komunikacji elektronicznej, dynamicznie rozwijającym się i rodzącym wiele emocji, problemów oraz pytań dotyczących nie tylko sfery techniki, ale – przede wszystkim – socjologii, etyki, obyczajowości. Internet budzi zainteresowanie nie tylko wśród techników, ale także u osób nie mających na co dzień nic wspólnego z techniką. Internet, podobnie jak systemy komórkowe (liczba użytkowników terminali komórkowych przekroczyła liczbę użytkowników terminali stacjonarnych), jest bowiem wszechobecny w życiu społeczeństw, a jego rola i rozpowszechnienie w naszej codzienności dawno przekroczyły najśmielsze oczekiwania futurologów.

Bibliografia

1. Bem D. J., Radiokomunikacja u progu XXI wieku, Prace Naukowe i Prognostyczne, nr 1(58), Wrocław 1988.

2. Bem D. J., Sieci komputerowe w Polsce, w: X Krajowe Sympozjum Telekomunikacji, Bydgoszcz, 7-9 września 1994.
3. Bem D. J., Wrocławska Akademska Sieć Komputerowa - infrastruktura telekomunikacyjna, w: Miejskie sieci komputerowe w nauce, gospodarce i administracji. POLMAN '98, Poznań, 21-24 kwietnia 1998.
4. Bem D. J., Rozwój radiokomunikacji, Przegląd Telekomunikacji i Wiadomości Telekomunikacyjne, nr 1/2003 s. 25-30.
5. Bem D. J., Rola telekomunikacji w życiu społeczeństw – nowe spojrzenie, Prace Wrocławskiego Towarzystwa Naukowego, Seria B, nr 214, s. 351-368, Wrocław 2008.
6. Cytryński M., Proces przejścia od tradycyjnych sieci telekomunikacyjnych w kierunku sieci następnej generacji, praca dyplomowa wykonana pod kierunkiem D. J. Bema, Politechnika Wrocławska, Wrocław 2009.
7. Jajszczyk A., Rozwój telekomunikacji, Przegląd Telekomunikacji i Wiadomości Telekomunikacyjne, nr 1/2003 s. 16-19.
8. Kabaciński W., Pleban J., Od telegrafii do sieci transportu informacji, Przegląd Telekomunikacji i Wiadomości Telekomunikacyjne, nr 1/2003 s. 20-25.
9. Karwowska-Lamparska A., Rozwój radiofonii i telewizji, Przegląd Telekomunikacji i Wiadomości Telekomunikacyjne, nr 1/2003 s. 31-37.
10. Smoleński L., Zientalski M., Rozwój mediów i systemów transmisyjnych, Przegląd Telekomunikacji i Wiadomości Telekomunikacyjne, nr 1/2003 s. 12-16.
11. Poikselka M., Mayer G., Khartabil H., Niemi A., The IMS IP Multimedia Concepts and Services, John Wiley and Sons Ltd, 2006.
12. Salina J. L., Salina P., Next Generation Networks, John Wiley and Sons Ltd, 2007.
13. Szydło P., All IP. Wszystko w protokole IP, praca dyplomowa wykonana pod kierunkiem D. J. Bema, Politechnika Wrocławska, Wrocław 2008.

