



KOMITET ELEKTRONIKI I TELEKOMUNIKACJI
POLSKIEJ AKADEMII NAUK

***Stan obecny i kierunki rozwoju
telekomunikacyjnych
i teleinformatycznych prac badawczych i
wdrożeńowych
w Polsce i na świecie***

Józef Woźniak, Józef Lubacz, Wojciech Burakowski
Opracowanie przygotowane przez Sekcję Telekomunikacji KEiT PAN
- jako materiał do dyskusji

lipiec 2009

***Stan obecny i kierunki rozwoju telekomunikacyjnych
i teleinformatycznych prac badawczych i wdrożeniowych
w Polsce i na świecie***

**Opracowanie przygotowane przez Sekcję Telekomunikacji KEiT PAN
- jako materiał do dyskusji
(lipiec 2009)**

Autorzy:

Józef Woźniak, Józef Lubacz, Wojciech Burakowski

***Autorzy wyrażają serdeczne podziękowanie licznemu gronu osób, które
aktywnie uczestniczyły w współtworzeniu raportu, na różnych etapach jego
powstawania. Wśród tych osób byli między innymi:***

*A. Grzech, A. Pach, Z. Papier, M. Pióro, W. Kabaciński, K. Wesołowski,
M. Stasiak, W. Molisz, A. Bęben, A. Bińczewski, H. Tarasiuk, K. Szczypiorski,
K. Nowicki, J. Koronacki, A. Jajszczyk, K. Juszczyzyn, B. Gajda, T. Czachórski,
A. Chydziniński, J. Granat, R. Krenz, G. Kołaczek, P. Pacyna, A. Dobrogowski,
M. Kurzyński, P. Szczepański, J. Konorski, E. Kuśmierek, P. Krawiec,
R. Katulski, G. Różański, M. Suchański, S. Kukliński, A. Dąbrowski, J.
Modelski, A. Kowalski, M. Suskiewicz,*

Spis treści:

1. Wstęp
2. Polski i światowy rynek telekomunikacyjny – uwarunkowania społeczno-gospodarcze
3. Ogólne trendy w rozwoju telekomunikacji
4. Stan wiedzy w dziedzinie technologii informacyjno - telekomunikacyjnych i identyfikacja kluczowych potrzeb badawczych w kontekście Internetu
5. Propozycje prac badawczych dla Polski
6. Potencjał polskich zespołów badawczo-rozwojowych – udział zespołów polskich w krajowych i europejskich programach badawczo-rozwojowych
7. Polityka sektorowa dla Polski
8. Uwagi końcowe
9. Bibliografia

1. Wstęp

Przełom XX i XXI wieku wiąże się nierozzerwalnie z powstawaniem społeczeństwa informacyjnego i z rozwojem technologii informacyjnych IT (Information Technologies), bądź też informacyjno-telekomunikacyjnych ICT (Information and Communication Technologies [1], [4]), ściśle związanych z elektroniką, telekomunikacją i informatyką. We wszystkich tych dyscyplinach obserwuje się, szczególnie w ostatnim 10-leciu, ogromny postęp w pracach badawczych i wdrożeniowych. W Tabeli 1 zaprezentowano przykładowe atrybuty tego postępu, pozwalające ocenić dynamikę zmian zachodzących w obrębie technik ITC.

Poprawa szeregu występujących w tej tabeli parametrów, w tym wzrost gęstości upakowania, zwiększenie częstotliwości pracy układów (a w szczególności mikroprocesorów) oraz wzrost dostępnej wielkości modułów pamięci jest ogromną zasługą mikroelektroniki. Opracowanie nowych modeli przetwarzania czy zarządzania (efektywnych systemów operacyjnych), bądź technik programowania (nowych języków i kompilatorów) jest wynikiem postępu w informatyce. Z kolei pojawienie się w pełni cyfrowych sieci telekomunikacyjnych, oraz wzrost szybkości transmisji wiadomości (nowe media i efektywne protokoły transportowe) są niekwestionowaną zasługą telekomunikacji. Można oczywiście dyskutować, które z wymienionych, jak też niewymienionych elementów, mają szczególnie istotny wpływ na dynamikę rozwoju technologii informacyjnych. Nad wyraz trudno byłoby ustalić jednoznaczne kryteria ich ważności. Nie to jest też najistotniejsze z punktu widzenia niniejszego opracowania. Najważniejsze jest spostrzeżenie, że motorem rozwoju wszystkich wymienionych wcześniej dyscyplin są dwie podstawowe wartości, a mianowicie konwergencja i synergia.

Konwergencja wiąże się z tendencją do tworzenia systemów o uniwersalnych cechach, a także o podobnej budowie i własnościach funkcjonalnych. W przypadku technologii informacyjnych uwidacznia się ona w oferowaniu przez współczesne systemy informacyjne różnorodnych usług, aplikacji, charakterystycznych dotąd dla odrębnych rozwiązań.

Synergia oznacza z kolei współdziałanie różnych elementów systemu prowadzące do wzmocnienia efektywności i skuteczności funkcjonowania całego systemu, jak również pojawienia się nowych, dotychczas nieznanych własności czy możliwości. Dobrym przykładem synergii, w przypadku IT, jest środowisko przetwarzania WWW, oferujące znacznie większe możliwości - w porównaniu z możliwościami tradycyjnych sieci komputerowych.

Łatwo zauważyć, że nowe technologie, związane z Internetem, protokołami IP, telefonią komórkową, sieciowymi systemami operacyjnymi, zaawansowanymi aplikacjami rozwijają się burzliwie dzięki sukcesom mikroelektroniki, optoelektroniki czy też techniki mikrofalowej. Synergia szerokiego wachlarza dyscyplin IT, wzmacnia również skuteczność i efektywność działań podejmowanych przez projektantów i producentów. W jej wyniku obserwujemy rozwój nowych systemów, usług sieciowych i aplikacji. Jednocześnie znacznemu obniżeniu ulegają koszty budowy systemów teleinformacyjnych i dostarczania nowych usług. Rośnie też dostępność tych usług i powszechność ich akceptacji. Różne instytucje zainteresowane są korzyściami płynącymi z inwestowania w „narzędzia” informatyczne i aplikacje. Przyspiesza to z kolei procesy „odnawiania się” technologii IT. Wielkie, rewolucyjne zmiany w technologiach informacyjno-telekomunikacyjnych, obserwowane w ostatnich latach,

związane są właśnie z konwergencją różnego typu systemów. Motorem tych zmian, w znacznym stopniu są również procesy „biznesowe”[3].

Tabela 1. Dynamika rozwoju technologii informacyjnych w latach 1970 – 2005

Rok	Gęstość upak. tranzyt/ procesor	Częstotliwość zegara	Wielkość pamięci	Elementy Architektury model/program	Kompilatory	Systemy operacyjne	Sieć – aplikacja/ szybkość transmisji
1970	<1000	1MHz	1KB	Sekwencyjny mikroprogramowanie słowo 8b	C, Pascal, analiza przepływu danych	Unix, podział czasu	ARPA LAN – 1Mb/s
1980	<10000	10MHz	<1MB	Współbieżny, potokowy, mikroprogramowanie	GNU wektoryzacja środowiska programowania	RPC – remote procedure call DSF – distributed file systems	Internet TCP/IP Ethernet/Token Ring - 10/16Mb/s
1985	<50000	<50MHz	<32MB	CISC,RISC pamięć notatnikowa procesory personalne stacje robocze słowo 16b	ML, Tel/Tk analiza interproceduralna	Mikrojądra XWindows NFS – serwery nazw i plików danych	DNS Protokoły zarządzania siecią FDDI – 100Mb/s
1990	<1 milion	100MHz	100MB	Równoległy superkomputery słowo 32b	Języki równoległe C++ HPF/ Fortran PVM, MPI	Obiekty rozproszone CORBA	ATM, HTTP Mbone MINE 150/622 Mb/s
1995	<10 milionów	500MHz	1GB	Rozproszony komputer sieciowy metakomputery słowo 64b	Java/JVM kod przenośny niezawodna kompilacja reuse	Kod przenośny, bezpieczeństwo WWW agenty	Web, IPv6 Internet 2 sieci aktywne Gigabit Ethernet
2000	100 milionów	1GHz	100GB	Zespołowy wielowątkowość procesory wieloskalarne	Programowanie WWW, kompilacje just in fine	Windows 2000 serwery skali globalnej	Internet nowej generacji, 1 bilion węzłów (WDM, 10Gb/s)
2005	1 miliard	10GHz	1TB	Układy wielomikroprocesorowe, wielokomputerowe, komputery kwantowe i molekularne	Interpretacje, kompozycje komponentów	Serwery aplikacji, wirtualna rzeczywistość	Konwergencja systemów ruchomych i stacjonarnych

Jak już wspomniano, elektronika dostarcza układów do budowy różnego typu systemów cyfrowych, w tym sieci komputerowych. Z dotychczasowych obserwacji wynika, że mniej więcej co trzy lata pojawiają się nowe technologie informacyjne. Powodują one każdorazowo zwiększenie szybkości pracy układów cyfrowych, podniesienie niezawodności ich działania i zmniejszenie kosztów wytwarzania. I tak na przykład, w porównaniu do roku 1970, niezawodność układów w roku 1999 wzrosła aż 10^4 razy, a koszt wytwarzania zmniejszył się dokładnie w tym samym stopniu. Obecnie w klasycznej elektronice (układów i podzespołów), która przyjęła nazwę mikroelektroniki (z uwagi na rozmiary produkowanych układów), wyróżnia się cztery podstawowe rodzaje wyrobów [2]:

- standardowe układy scalone,
- specjalizowane układy scalone,
- programowalne układy scalone,
- mikromechanizmy i mikrosystemy krzemowe.

Standardowe układy, zwane potocznie katalogowymi, są produkowane w wielkich seriach i przeznaczone do rynkowej sprzedaży w dowolnych ilościach i dowolnym odbiorcom. Należą do nich między innymi mikroprocesory i pamięci. Ich produkcja wymaga znacznych nakładów inwestycyjnych. Dzięki istniejącej konkurencji parametry tych układów są stale ulepszane (patrz tabela 1 dotycząca układów mikroprocesorowych). Zauważa się przy tym ogólne tendencje, wskazujące na to, że co trzy lata:

- powierzchnia najmniejszego możliwego do wykonania układu zwiększa się 1,4 raza,
- maksymalna liczba elementów (tranzystorów) w układzie zwiększa się 6-krotnie,
- maksymalna szybkość działania zwiększa się 3 razy.

Obserwacje te przypisuje się powszechnie Gordonowi Moore'owi, jednemu z założycieli firmy Intel. Z uwagi na to określane są od jego nazwiska Prawami Moore'a. Prawo Moore'a (PM) w oryginalnym sformułowaniu mówi, że „*ekonomicznie optymalna liczba tranzystorów w układzie scalonym podwaja się co 18-24 miesiące*”. Termin ten jest też powszechnie używany do określenia praktycznie dowolnego postępu technologicznego. PM mówiące, że "*moc obliczeniowa komputerów podwaja się co 24 miesiące*" jest nawet popularniejsze od oryginalnego. Podobnie (z innym okresem) mówi się o:

- stosunku mocy obliczeniowej do kosztu,
- ilości tranzystorów w stosunku do powierzchni układu,
- rozmiarach RAM,
- pojemności dysków twardych,
- przepustowości sieci.

Ostatnia (czwarta), z wymienionych powyżej grup wytwarzanych produktów elektronicznych jest dobrym przykładem zasady konwergencji. Mikromechanizmy i mikrosystemy krzemowe łączą cechy zarówno układów elektronicznych, jak i elementów mechanicznych, czy nawet zjawisk chemicznych. Przykładami mogą być czujniki różnych wielkości fizycznych (czujniki drgań, stężenia gazu), czy mechanizmy wykonawcze (takie jak mikrosilniki, mikropompy, czy mikrogrzejniki). Rośnie przy tym szybko liczba zarówno nowych rozwiązań, jak i możliwości ich zastosowań (np. jako czujniki przyspieszenia - wyzwalające poduszki powietrzne w samochodach, urządzenia przenośne w telekomunikacji, w tym telefony komórkowe). Według ocen,

liczba „popularnych komórek”, użytkowanych na całym świecie, przekroczyła w roku 2006 1 miliard!

Rynek obecny powoli nasycy się układami standardowymi i coraz większą w nim rolę odgrywać będą układy specjalizowane i mikrosystemy, czy nanosystemy. Roczny przyrost produkcji urządzeń biurowych wynosi 8-10%, domowych 10-15%, zaś ruchomych 15-20%. W ostatnim dwudziestolecu mikroelektronika stała się jednym z najważniejszych elementów współczesnej cywilizacji technicznej.

Postęp w rozwoju układów elektronicznych, głównie tych standardowych, miał ogromny wpływ na rozwój różnego typu systemów, w tym architektur systemów telekomunikacyjnych i systemów komputerowych (patrz Tabela 1). Oprócz tradycyjnych modeli przetwarzania (przetwarzanie sekwencyjne, współbieżne) pojawiły się nowe modele (przetwarzanie równoległe i rozproszone), których celem jest zwiększenie zarówno wydajności, jak i wiarygodności działania, tj. przyśpieszenia wykonywania operacji, jak i wzrost pewności poprawnego jej wykonania. Modele te są implementowane i wykorzystywane nie tylko w złożonych systemach wieloprocesorowych, czy wielokomputerowych, ale obecnie również w pojedynczym komputerze. Przykładem tego jest choćby procesor Pentium, w którym występuje zarówno wielostrumieniowe przetwarzanie potokowe, jak i przetwarzanie równoległe, gdzie w tym samym czasie przesyłane są różne strumienie danych i wykonywane są na nich różne funkcje (instrukcje). Jest to możliwe dzięki ogromnemu upakowaniu tranzystorów w jednym układzie. Obecnie proponuje się już architektury systemów obejmujące 1 miliard tranzystorów, które staną się bazowymi komputerami w latach 2010.

Inną obserwowaną tendencją jest rozwój przetwarzania rozproszonego. Jest to przykład konwergencji i synergii pomiędzy architekturą komputerów a sieciami komputerowymi. Dzięki coraz to szybszej komunikacji istnieje możliwość rozproszenia obliczeń między różne węzły sieci - mówimy wówczas o wirtualizacji sieci i jej zasobów. Takie podejście może zwiększyć wydajność systemu (poprzez np. zrównoleglenie obliczeń) bądź jego wiarygodność (poprzez replikację obliczeń). Zmienia się również sposób zarządzania wykonywaniem tego typu zadań. Systemy operacyjne pojedynczych węzłów pracujących autonomicznie muszą mieć możliwość koordynowania pracy systemu jako całości. Otwierają się więc nowe możliwości w sferze organizacji procesu zarządzania. Okazuje się, że coraz bardziej upodabniają się one do procedur zarządzania zespołami ludzkimi, zwłaszcza, gdy w funkcjonowanie systemu włączone są, na różnych poziomach, decyzje ludzkie. Mówimy wówczas o tzw. przetwarzaniu zespołowym, czego przykładem może być wykonywanie ściśle określonych zadań związanych z załatwianiem określonej sprawy administracyjnej. Petent pozostaje w domu, a niezbędne informacje może uzyskać poprzez sieć oraz pośredni kontakt z odpowiednimi urzędnikami. W trakcie takiej sesji mogą być na bieżąco podejmowane decyzje (ludzkie) o dalszych krokach postępowania. Ten model przetwarzania dotyczący obliczeń zespołowych, integrujący różnych specjalistów dla załatwienia konkretnej sprawy, będzie w przyszłości szeroko rozwijany, ponieważ stanowi podstawę tworzenia tzw. społeczeństwa informacyjnego, gdzie informacja i decyzje są głównymi elementami jego funkcjonowania.

Ogromny - komercyjny sukces współczesnej teleinformatyki stał się możliwy dzięki postępom – i synergicznemu oddziaływaniu – mikroelektroniki, telekomunikacji i informatyki. To dzięki nim sieć Internet oraz liczne rozwiązania bezprzewodowe zmieniają, z dnia na dzień, zasady funkcjonowania całych organizacji jak i

pojedynczych ludzi. Elektronika, telekomunikacja i informatyka są nowoczesnymi dyscyplinami nauki, które rozwijając się, w znacznej mierze niezależnie, wpływają na siebie wzajemnie, wprowadzając nowe, dodatkowe wartości (synergia) oraz kreując wspólną wizję świata cyfrowego (konwergencja i globalizacja).

Wykorzystując nowe technologie elektroniczne, zaawansowane systemy telekomunikacyjne oraz wydajne aplikacje informatyczne można budować złożone, zintegrowane systemy użytkowe o strukturach wielowarstwowych. Definiując funkcje poszczególnych warstw, implementując ich mechanizmy, a także interfejsy międzywarstwowe (modularność i standaryzacja) radykalnie upraszcza się procesy: projektowania, wytwarzania i zarządzania tymi systemami. Umożliwia to również wykorzystanie różnego rodzaju narzędzi wspomagających te procesy – co prowadzi zarówno do poprawy elastyczności funkcjonowania systemów teleinformatycznych, jak też automatyzacji ich projektowania.

Zmiany w teleinformatyce i elektronice użytkowej zachodzą bardzo szybko. Często jednak nie nadążają one za potrzebami i oczekiwaniami użytkowników. Szczególnym przykładem takiego stanu rzeczy może być współczesny Internet, zupełnie nieprzystosowany do obsługi interaktywnych przekazów multimedialnych o wysokiej jakości.

Coraz więc częściej padają pytania o kierunki rozwoju telekomunikacji i teleinformatyki. W tym kontekście istotne jest również pytanie o stan badań w Polsce oraz nasz udział w programach europejskich i światowych. Częściowej odpowiedzi na takie pytania udziela *niniejszy raport poświęcony ocenie stanu i kierunków rozwoju telekomunikacyjnych i teleinformatycznych prac badawczych i wdrożeniowych w Polsce i na świecie. Jest to efekt pracy zespołu osób, w większości członków Sekcji Telekomunikacji Komitetu Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki Polskiej Akademii Nauk*. Rolą Sekcji Telekomunikacji jest bowiem między innymi:

- Upowszechnianie i stymulowanie rozwoju szeroko rozumianej telekomunikacji (łącznie z technikami informacyjnymi i zagadnieniami społeczeństwa informacyjnego) oraz
- **Opracowywanie raportów dotyczących:**
 - *analizy stanu badań telekomunikacji i*
 - *prognoz rozwoju telekomunikacji i teleinformatyki.*

2. Polski i światowy rynek telekomunikacyjny – uwarunkowania społeczno-gospodarcze

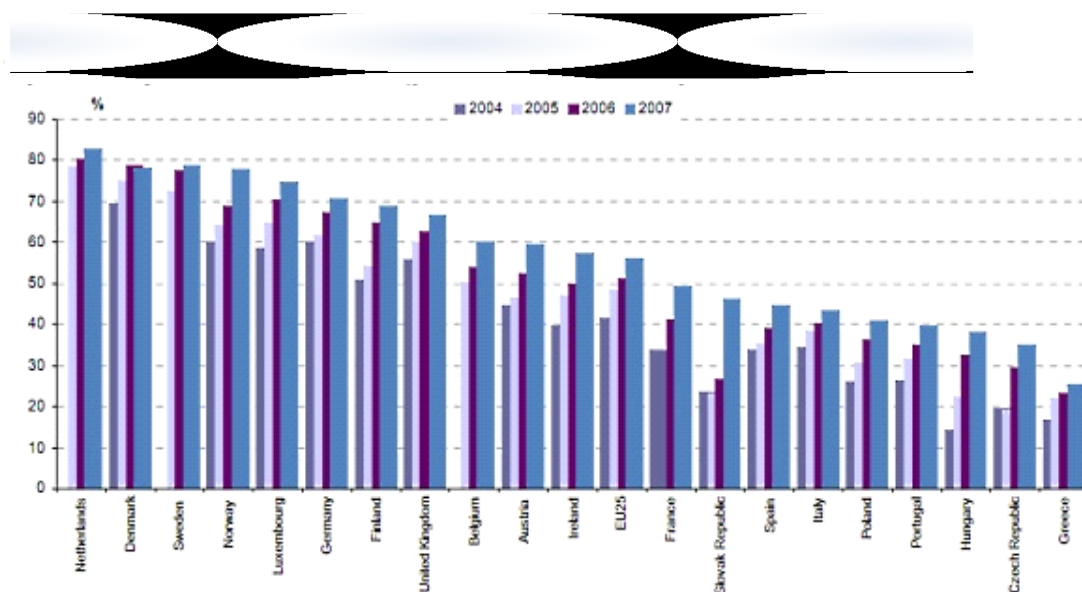
Patrząc na całokształt problematyki telekomunikacyjnej, z perspektywy użytkownika końcowego najistotniejszy jest powszechny dostęp do zróżnicowanych usług telekomunikacyjnych. Wiąże się to nie tylko z pełną dostępnością i niskimi kosztami podstawowej usługi głosowej, ale także, w coraz większym stopniu, z szerokopasmowym dostępem do zasobów sieci Internet. Tematyka Internetu, staje się niewątpliwie zagadnieniem „centralnym”, zarówno dyskusji biznesowych jak też naukowych, z uwagi na rosnące znaczenie tej globalnej sieci z licznymi, udostępnianymi przez nią aplikacjami. Na rynku usług internetowych pojawia się przy tym nowa tendencja, związana z coraz większą dywersyfikacją, także po stronie usługodawców. Wyraża się ona w tym, że zarówno w Polsce, jak i w pozostałych krajach UE, poza tradycyjnymi operatorami stacjonarnymi coraz większy udział w rynku mają lokalni dostawcy Internetu, telewizje kablowe oraz operatorzy telefonii

ruchovej.

Rynek dostępu do Internetu (zwłaszcza szerokopasmowego) w Polsce jest obecnie jednym z najprężniej rozwijających się segmentów telekomunikacji. Według danych Urzędu Komunikacji Elektronicznej – UKE:

- Liczba osób korzystających z usług dostępu do sieci Internet (dostęp stały i dial-up) w Polsce w ciągu 2007 roku wzrosła do 12,7 mln , co stanowiło wzrost o ponad 21%.
- W roku 2007 nadal najpopularniejszą formą dostępu do sieci Internet w gospodarstwach domowych była usługa neostrada tp oparta na technologii DSL (w dalszej kolejności modem kablowy TVK).
- Łączna liczba użytkowników dostępu do Internetu w technologii xDSL zwiększyła się w 2007 roku o ok. 460 tys. co stanowiło wzrost o ponad 24%.
- W ciągu zaledwie 6 miesięcy – od czerwca 2008 roku do stycznia 2009 liczba wszystkich łączy szerokopasmowych zwiększyła się w Polsce o ponad 656 tysięcy.

Tym niemniej na tle innych krajów UE pozostajemy w dalszym ciągu bliżej końca stawki (Rys. 1).



Źródło: OECD

Rys. 1: Gospodarstwa domowe z dostępem do sieci Internet w Unii Europejskiej

Stąd też bardzo ważne są inicjatywy na rzecz rozwoju Internetu, podejmowane w naszym kraju, zarówno przez typowych operatorów telekomunikacyjnych, jak i organizacje samorządowe (KPSI), bądź naukowe (NASK i Pionier). Jest to o tyle istotne, że inicjatywy te dotyczą nie tylko sfery publicznego dostępu do Internetu, ale także, a może przede wszystkim - możliwości budowania specjalnych sieci dedykowanych np. w zakresie e-medycyny, e-bibliotek czy też sieci dla organów państwowych.

Wśród licznych rozwiązań sieciowych najszybszy postęp obserwujemy w grupie sieci bezprzewodowych. Pakietowe sieci bezprzewodowe zyskują coraz szerszą akceptację różnych grup użytkowników, zarówno domowych jak również biurowych i biznesowych. Są one już nie tylko alternatywą dla sieci przewodowych ale stanowią dla nich „konkurencję” – z rozwiązaniami od „osobistych” pikosieci (WPAN) począwszy, poprzez sieci lokalne (Wireless LAN – WLAN) i metropolitalne (WMAN), a na propozycjach sieci rozległych (WWAN) kończąc. Dynamiczny rozwój technologii „pakietowych” datujący się od połowy lat dziewięćdziesiątych XX wieku i będący kontynuacją sukcesów telefonii komórkowej sprawia, że urządzenia bezprzewodowe stają się coraz bardziej funkcjonalne, integrując w sobie wiele możliwych zastosowań. Wśród głównych argumentów, decydujących o atrakcyjności technologii bezprzewodowych w pierwszej kolejności wymienia się: wsparcie dla mobilności użytkowników, elastyczność w konfigurowaniu sieci i skalowalność rozwiązań bezprzewodowych. Istotne są także, zarówno rosnąca szybkość i prostota instalacji, jak i redukcja kosztów (szczególnie eksploatacyjnych i wynikających z np. częstych rekonfiguracji), w stosunku do klasycznych sieci przewodowych.

Pomimo niewątpliwych sukcesów związanych z rosnącą dostępnością różnorodnych systemów i sieci teleinformatycznych, stan prac badawczo-wdrożeniowych w Polsce budzi wiele zastrzeżeń.

Głównym źródłem obaw i niepokoju jest słaba dynamika i mała siła przebiccia polskiej innowacyjności. Jest to w dużej mierze związane z niewielkim zaangażowaniem państwa i instytucji prywatnych na rzecz działalności badawczo - rozwojowej. W 2007 roku nakłady na B+R wyniosły jedynie 0,57% PKB (6,7 mld zł), podczas gdy średnio w UE były one na poziomie 1,8% (zaś istotnym punktem strategii UE jest zwiększenie wydatków krajów członkowskich, zgodnie ze Strategią Lizbońską, w dziedzinie badań do 3% PKB). Polska powinna zatem jak najszybciej zmienić swą strategię w zakresie działalności badawczo - rozwojowej. Stymulowanie działalności badawczo - rozwojowej i innowacyjnej z pewnością może stanowić podstawę do poprawy konkurencyjności Polski na rynku Europejskim i międzynarodowym. Firmy działające na rynku zachodnim ze znacznym wyprzedzeniem reagują na jego potrzeby, kładąc duży nacisk na sferę badawczo - rozwojową. Wiąże się to naturalnie z przeznaczaniem dużych nakładów finansowych na tę sferę, czego niestety nie obserwujemy w Polsce.

Niektóre źródła szacują, że opóźnienie w rozwoju społeczno - gospodarczym Polski w stosunku do państw Europy Zachodniej („stara” Unia) wynosi co najmniej 30 lat. Różnica dzieląca Europę Zachodnią od Polski w dziedzinie Internetu nie jest aż tak znacząca, jednakże nadal w dużym stopniu rzutuje na rozwój społeczno - gospodarczy naszego kraju. Poziom informatyzacji społeczeństwa oraz rozpowszechnienia Internetu jako narzędzia przydatnego w codziennym życiu jest Polsce znacznie niższy niż w krajach wysoko rozwiniętych, a projekty związane z informatyzacją Państwa (poza nielicznymi przykładami) ciągle pozostają na etapie przygotowań, opracowywania podstaw prawnych lub początkowych wdrożeń. Wciąż nie da się przez Internet zapłacić podatku (bądź jest to bardzo trudne), złożyć podania o nowy dowód osobisty, ani zarejestrować firmy. Zastosowanie teleinformatyki w celach społecznych i gospodarczych może przynieść wiele korzyści takich jak: obniżenie kosztów działalności gospodarczej, możliwość świadczenia nowych rodzajów usług, zadowolenia obywateli z lepszego dostępu do tradycyjnych usług czy możliwości zdobywania wiedzy i podnoszenia kwalifikacji. Przykłady administracji w innych

krajach oraz firm, które dokonały „elektronizacji”, wskazują na możliwość osiągnięcia znacznych oszczędności. Sieć staje się miejscem do prowadzenia równoprawnej działalności biznesowej dla coraz szerszej grupy instytucji i osób fizycznych. Firmy chcą być obecne w Internecie nie tylko z powodu mody czy prestiżu, ale po to, aby zwiększać sprzedaż i zyski oraz minimalizować koszty.

Jednym z celów badań winno być zastąpienie przestarzałej technologii nową, bardziej przejrzystą w budowie i obsłudze, ale przede wszystkim tańszą w utrzymaniu i eksploatacji. Usługa wirtualizacji pozwoli bowiem na zredukowanie potrzebnego sprzętu technicznego i sieciowego ograniczając jednocześnie do minimum koszty utrzymania i serwisu niezbędnego dla tych urządzeń. A więc koszt końcowy zarówno dla przedsiębiorstw dystrybuujących jak i dla odbiorców Internetu znacznie zmaleje.

3. Ogólne trendy w rozwoju telekomunikacji

Za motto, przy opisie trendów w rozwoju teleinformatyki, mogą posłużyć słowa wypowiedziane w 1937 r. przez amerykańskiego ekonomistę (austriackiego pochodzenia) Josepha Aloisa Schumpetera (1883–1950):

"Technology is not kind. It does not wait. It does not say please. It slams into existing systems. Often destroying them, while creating new ones."

Pomimo upływu czasu znajdują one potwierdzenie praktycznie we wszystkich obszarach techniki. Zapewne jednak, jak nigdzie indziej mają swe zastosowanie w elektronice, telekomunikacji czy informatyce. Nowe, często zaskakujące innowacyjne propozycje pochodzące z tych obszarów zmieniają oblicze świata. Do takich rewolucyjnych wynalazków należy niewątpliwie zaliczyć wynalezienie radia, telefonu czy telewizji.

Patrząc retrospektywnie na osiągnięcia teleinformatyki w ostatnich dziesięcioleciach można wymienić wiele znaczących odkryć i wynalazków. Według Deni Connora ("The top network inventors of all time", Network World, 3 July 2007) 10 największych innowacyjnych pomysłów ostatnich dziesięcioleci, które zmieniły oblicze teleinformatyki to:

1. **Wynalezienie kabla koncentrycznego** (1929 r.) przez Hermana Andrew Affela i Lloyda Espenschieda.
2. **Sformułowanie zasad komutacji pakietów** (1950 r.) przez Barana i Daviesa.
3. **Opracowanie protokołu CSMA/CD i zbudowanie sieci Ethernet** (1973 r.) (Multipoint Data Communication System with Collision Detection) przez Roberta Metcalfe'a.
4. **Opracowanie protokołu TCP/IP** (1974 r.) przez Vinta Cerfa i Roberta Kahna.
5. **Zbudowanie routera wieloprotokółowego** – oprogramowanie i sprzęt (1980/81 r.) przez Williama Yeagera i Andy Bechtolsheima.
6. **Budowa magistrali danych obsługującej urządzenia peryferyjne** (1984 r.) przez Marka Deanai Dennisa Moellera.
7. **Opracowanie protokołu Simple Mail Transfer Protocol** (1982 r.), protokół File Transfer Protocol (1985 r.) i protokół User Datagram Protocol (1980 r.) przez Jona Postela.
8. **Opracowanie algorytmu Spanning-tree** (1983 r.) przez Radię Perlman.

9. **Opracowanie protokołu SNMP; Simple Network Management Protocol** (1987 r.) przez Marshalla Rose'a, Jeffa Case'a, Keitha McCloghrie'a i Steve'a Waldbussera.
10. **Opracowanie protokołu RIP; Routing Information Protocol** (1988 r.) przez Charlesa Hedricka.

Wynalazki te stały się podstawą do budowy współczesnego Internetu. Zainicjowały one również całą serię przeobrażeń w klasycznej telekomunikacji, prowadząc do wyodrębnienia się sieci teleinformatycznych z komutacją pakietów. Uczyniły one z telekomunikacji na wskroś nowoczesną dziedzinę mającą ogromny wpływ na rozwój społeczeństwa informacyjnego i gospodarki opartej na wiedzy, a sam Internet jest postrzegany jako medium o trudnych do przecenienia możliwościach i dużej sile oddziaływania, jakiej nie posiadał żaden ze znanych do tej pory systemów.

Masowy i interakcyjny dostęp do Internetu powoduje, że sieć stała się medium informacyjnym oferującym nieznane wcześniej możliwości. Dynamika, dwukierunkowość i łatwość publikowania informacji są atutami, które wygrywają z prasą, radiem i telewizją. Zobrazowaniem niezwykle szybkiego rozwoju Internetu na świecie może być rosnąca wykładniczo liczba komputerów podłączanych do tej sieci na przestrzeni lat. Według danych InternetWorldStats.com ([8]) w 2007 r. z Internetu korzystało około 20 proc. ludności świata, czyli ponad 1,3 mld osób (w stosunku do wcześniejszego roku odnotowano zatem wzrost o ok. 200 mln). Liderem pod względem odsetka osób korzystających z Internetu pozostaje nadal Ameryka Północna, gdzie dostęp do sieci ma 71,1 proc. mieszkańców. Europa z 348 mln internautów zajmuje drugie miejsce pod względem liczby osób korzystających z Internetu. Jednak biorąc pod uwagę odsetek internautów, okazuje się, że stanowią oni jedynie 43,4 proc. mieszkańców naszego kontynentu (dane na koniec 2007r.).

Zasięg Internetu w Polsce jest nadal mniejszy niż na zachodzie Europy, jednak liczba polskich internautów stale i szybko rośnie. Z badań przeprowadzonych przez GFK Polonia, ze stycznia 2009 roku, wynika stały wzrost liczby internautów w Polsce. W porównaniu do poprzedniego miesiąca, czyli grudnia 2008 r., odsetek osób korzystających z Internetu wzrósł o ponad 2%. Wśród powodów sięgania do Internetu najczęściej wymienia się wyszukiwanie informacji potrzebnych do pracy (prawie 70%) oraz komunikowanie się z innymi za pośrednictwem komunikatorów Internetowych, co deklaruje również co siódmy respondent. Polski rynek Internetu to prawie 40 mln ludzi i niemal 50-proc. penetracja Internetu (na 100 mieszkańców 49 ma dostęp do Internetu). Polacy coraz więcej czasu spędzają w sieci – według badania Megapanel PBI/Gemius [9] w grudniu 2007 roku średni czas spędzony w sieci w ciągu miesiąca wynosił 38 godzin i 12 minut, podczas gdy np. dwa lata wcześniej wartość ta wynosiła około 23,5 godziny.

Na świecie dostęp do Internetu ma niemal 1,5 mld osób, co stanowi ponad 20 proc. populacji świata. Ta grupa wytwarza ok. 90 proc. światowego PKB, potwierdzając stosowalność praw Pareto również i do tego sektora ludzkiej działalności. Wymienione dane jednoznacznie pokazują, iż obywatele regionów rozwiniętych z ogólnodostępną siecią Internetową pracują wydajniej i mają dużo większy wpływ na rozwój gospodarki regionalnej i światowej. Dostęp do treści i informacji zawartych w Internecie, jest podstawowym czynnikiem współczesnego wzrostu i sposobem na przezwycięzenie obecnego kryzysu gospodarczego.

W ostatnich dwudziestu latach, równoległe do „klasycznego” Internetu. Z jego architekturą i protokołami, niezmiernie dynamicznie rozwijają się różnorodne systemy radiokomunikacji. Również tym obszarze można wskazać szereg fundamentalnych wynalazków, o znaczeniu podobnym do 10 wymienionych powyżej. Lista pomysłów innowacyjnych jest długa. Wśród nich winny być zapewne:

- **Turbo kody** (Turbo Codes) - klasa kodów splotowych korekcyjnych o wysokiej efektywności, zaproponowana przez Berrou, Glavieux, and Thitimajshima (z ENST Bretagne, France) w 1993 w artykule "Near Shannon Limit Error-correcting Coding and Decoding: Turbo-codes" published in the Proceedings of IEEE International Communications Conference.
- **Kody LDPC** (Low Density Parity Check) - Teoretycznie najefektywniejsze, w sensie Shanona, kody korekcyjne opracowane do 2007 r . Kody LDPC nazywane są kodami Gallagera od nazwiska Roberta G. Gallagera, który sformułował koncepcję LDPC w rozprawie doktorskiej, MIT, 1960.
- **Modulacje wielotonowe typu OFDM** (Orthogonal Frequency Division Multiplexing). 1957: Kineplex, multi-carrier HF modem (R.R. Mosier & R.G. Clabaugh) 1966: Chang, Bell Labs: OFDM paper and US patent 3488445 - Zasadniczą zaletą modulacji OFDM jest oferowana przez nią efektywność wykorzystania pasma.
- **Metoda wielodostępu OFDMA** (Orthogonal Frequency Division Multiple Access), w której bloki podnośnych są rozdzielane między wielu abonentów. Coraz częściej zakłada się, że nadajnik posiada wystarczającą wiedzę o własnościach kanałów przydzielanych do poszczególnych terminali (ich transmitancje i SNR), aby optymalnie rozdzielić zasoby (podnośne w przypadku OFDMA lub kody rozpraszające w przypadku CDMA) pomiędzy różnych odbiorców. Stąd aktualność badań na temat algorytmów rozdziału zasobów, w szczególności dla systemów z wielodostępem OFDMA. OFDM jest podstawą transmisji w systemach DVB-T, DVB-H, IEEE 802.11, 802.16, 802.20 a nawet 802.22 (UWB). Wykorzystywana w systemach dostępu do sieci cyfrowej za pomocą ADSL, VDSL i ich modyfikacji.
- **Metoda SOFDMA** (S-OFDMA) - dodaje element skalowalności do OFDMA. Skaluje rozmiar FFT do szerokości kanału utrzymując odstępy między podnośnymi na stałym poziomie. Mniejszy wymiar FFT wiąże się z węższymi kanałami. Daje to uproszczenie złożoności systemu dla węższych kanałów i poprawę jakości dla szerszych kanałów.
- **Systemy MIMO** (Multiple Input Multiple Output) – techniki wieloantenowe, pozwalające na realizację odbioru zbiorczego.

Pomimo tego, że innowacyjne pomysły telekomunikacyjne i teleinformatyczne często nas zaskakują i zmieniają kierunki rozwoju (nieraz w sensie negatywnym, jak choćby ATM), a przewidywania odnośnie kierunków badań czy wdrożeń w perspektywie kilkunastu lat są trudne i obarczone błędami, tym niemniej można i należy zadawać pytania o kondycję współczesnej telekomunikacji, stan badań i prowadzonych prac wdrożeniowych. Czy i jakie inne nie wymienione osiągnięcia ostatnich lat mogą być porównywane z przytoczonymi powyżej? Zasadne są też pytania o prognozy dla telekomunikacji światowej na kolejne lata. O to, jakie będą:

- główne wyzwania,
- tendencje i kierunki zmian w telekomunikacji,
- kierunki rozwoju – ewolucji globalnego Internetu.

Jaki zatem będzie obraz technologii telekomunikacyjnych w roku 2020 i jakie są podstawowe wyzwania stojące przed projektantami, operatorami i regulatorami telekomunikacyjnymi? Nie wnikając w szczegóły przyszłych rozwiązań można stwierdzić, że dwa podstawowe wyzwania telekomunikacji to niewątpliwie szerokie pasmo dla wszystkich i dostęp wszędzie. Dotyczyć to będzie w decydującym stopniu Internetu, który stał się ogólnosięciowym medium wymiany informacji i dostępu do różnorodnych zasobów.

Według analiz Geira E. Øiena, Nilsa Holte'a, Steinara Andresena, Torbjørna Svendsena i Mikaela Hammera z Department of Electronics and Telecommunications Norweskiego Uniwersytetu Technologicznego NTNU, przeprowadzonych w 2004r, akceptowany (w kontekście roku 2020) wzorzec technologiczny, odnoszący się do protokołów i charakterystyk generowanego ruchu, można opisać w postaci:

- ewolucji w kierunku sieci szkieletowej opartej na modelu TCP/IP - bezprzewodowy Internet z komutacją pakietów w odniesieniu do wszystkich usług (również przekazu głosu),
- ewolucji w kierunku bezprzewodowych sieci ad-hoc - stacje bazowe instalowane tam gdzie potrzeba i samoorganizujące się do pracy (self-configuring),
- zdecentralizowanych i rozproszonych szybkich sieci WLAN - pełniących rolę hot spotów i połączonych nakładkową siecią szkieletową tworzoną przez systemy telefonii komórkowej, bądź infrastrukturę przewodową,
- systemów różnorodnych sensorów bezprzewodowych integrowanych w sieci w celu wzajemnych interakcji/komunikacji pomiędzy użytkownikami i/lub różnymi urządzeniami,
- dominującego typu obciążenia będącego ruchem (paczkowym) TCP/IP o dużej szybkości,
- nowych interfejsów radiowych zapewniających potencjalny wzrost efektywności wykorzystania pasma [bitów/s/Hz] nawet 10 – 100- krotny w porównaniu do 2G (GSM) i 3G (UMTS),
- systemów B3G (Beyond 3G) gwarantujących dużo większe szybkości przekazu, i jednocześnie większe zróżnicowanie usług, niż systemy 2G i 3G.

Z kolei zgodnie z opracowaniem Lawrence'a Vanstona z Telecommunications Technology Forecasting Group (Bell Canada, BellSouth, Qwest, SBC Corporation, Sprint, and Verizon) AUSTIN, Texas opublikowanym w marcu 2002 (Technology Futures, Inc.) przewidywania do roku 2015 dla USA były następujące:

- typowy użytkownik domowy będzie wykorzystywał pasmo od 24 Mb/s do 100 Mb/s;
- średni i duży użytkownik biznesowy będzie wprowadzał bezpośrednio do światłowodu (i otrzymywał z niego) dane z szybkością od 2.4 Gb/s do 40 Gb/s;
- światłowód będzie dominował w sieciach firmowych, obsługując w 100% połączenia wewnętrzne, 97% sieci dostępowej i 95% sieci dystrybucyjnej;
- przełączanie będzie w 100% oparte na przełącznikach ATM i IP;
- prawie 70% amerykańskich gospodarstw standardowych zrezygnuje z przewodowych połączeń telefonicznych, korzystając z rozwiązań bezprzewodowych i telefonii komputerowej (IP);

- sieci wewnątrz biurowe będą w pełni światłowodowe z wykorzystaniem w większości przypadków DWDM.

W oparciu o te i podobne opracowania można sformułować ogólny wniosek, który w dużym uproszczeniu jest następujący: *podstawowe wyzwania techniczne stojące przed telekomunikacją (do roku 2020) to, wspomniane wcześniej, szerokie pasmo „dla wszystkich” i „wszędzie”.*

W tym kontekście wiele krajów przyjęło dalekosiężne strategie osiągnięcia tych celów. Ich realizacja oznacza budowę szerokopasmowych sieci dostępowych i szkieletowych - głównie rozwiązań przewodowych (światłowodowych), w których technologiami oferującymi realizację dostępu szerokopasmowego będą:

- systemy xDSL - jeszcze w najbliższych latach – z uwagi na istniejącą infrastrukturę,
- FTTH - rozwiązania światłowodowe stające się poważną alternatywą w przypadku nowych instalacji,
- instalacje TV kablowej i stałe łącza radiowe.
- rozwiązania mieszane - w roku 2020 będą to zapewne ciągle różne systemy.

W realizacji dostępu szerokopasmowego dla wszystkich i wszędzie istotną rolę odgrywać też będą:

- systemy satelitarne, zarówno geostacjonarne, pożądane przy rozsiewaniu programów TV i pokrywaniu obszarów nieurbanizowanych oraz trudno dostępnych, jak też niskoorbitowe LEO;
- stałe sieci szerokopasmowe, często „rozszerzane” bezprzewodowymi sieciami nomadycznymi, przez co dostęp do zasobów sieciowych będzie postrzegany przez użytkowników jako bezprzewodowy.

Można też oczekiwać, że w dalszym ciągu szczególnie dynamicznie rozwijać się będą różnorodne technologie bezprzewodowe:

- rozwiązania B3G (np. LTE) będą zapewne dostępne niedługo po 2010 roku, realizując konwergencję wielu technologii (w tym i przewodowych) i usług;
- B3G będą stosować komutację pakietów oraz umożliwiać przenoszenie paczkowego ruchu TCP/IP o dużej szybkości (wybrane parametry istniejących i przyszłych rozwiązań ilustruje Tabela 2);
- nowe interfejsy radiowe zapewnią potencjalny wzrost efektywności wykorzystania pasma [bitów/s/Hz] nawet 10 – 100- krotny w porównaniu do 2G (GSM) i 3G (UMTS);
- systemy B3G będą gwarantowały dużo większe szybkości przekazu, i jednocześnie większe zróżnicowanie usług, niż oferują to obecne systemy;
- dostęp wszędzie będzie gwarantowany przez różnorodne systemy bezprzewodowe – komponenty B3G :
 - sieci PAN (Personal Area Networks),
 - bezprzewodowe sieci LANs (WLAN),
 - bezprzewodowe sieci MAN (WMAN),
 - szkieletowe sieci komórkowe,
 - stały dostęp radiowy,
 - łącza satelitarne.

Powstaną dojrzałe platformy IMS, integrujące różnorodne systemy i realizujące dostęp do zróżnicowanych usług sieciowych. Powszechna stanie się idea All IP and ABC – Always Best Connected.

Tabela 2. Ogólny przegląd technologii bezprzewodowych

Standard	Rodzina technologii	Podstawowe zastosowanie	Technologia radiowa	Downlink (Mb/s)	Uplink (Mb/s)	Uwagi
LTE	UMTS/4GSM	Różne usługi 4G	OFDMA/MIMO/SC-FDMA	144	35	LTE-Advanced ma wspierać przepływności do 1 Gb/s
802.16	WiMAX	Mobilny Internet	MIMO-SOFDMA	144	35	WiMAX II IMT-Advanced ma wspierać przepływności do 1 Gb/s
Flash - OFDM	Flash-OFDM	Mobilny Internet (do 350 km/h)	Flash-OFDM	5,3 10,6 15,9	1,8 3,6 5,4	Zasięg mobilny: 30 km Zasięg rozszerzony: 55 km
HIPERMAN	HIPERMAN	Mobilny Internet	OFDM	56,9	56,9	
WiFi	WiFi		OFDM/MIMO/CDMA	108	108	
EDGE Evolution	GSM	Różne usługi 3G	TDMA/FDD	1,9	0,9	
UMTS W-CDMA HSxPA	UMTS/3GSM	Mobilny Internet	CDMA/FDD CDMA/FDD/ MIMO	0,384 14,4 42	0,384 5,76 11,5	
UMTS - TDD	UMTS/3GSM	Mobilny Internet	CDMA/TDD	16	16	

Przykładowe rozwiązania systemów istniejących jak i planowanych do realizacji w najbliższej przyszłości obejmują zatem w szczególności:

- FTTx – Fibre to the home/building,
- IP/MPLS,
- EoMPLS,
- IP/DWDM,
- systemy mobilne i bezprzewodowe,
- systemy konwergentne,
- usługi VoIP i IPTV/DVB-H,
- bezprzewodowe technologie szerokopasmowe,
- bezprzewodowe sieci ad hoc (sieci WMN, sieci sensorowe, ...),
- bezprzewodowe i mobilne aplikacje następnej generacji,
- niskoorbitowe systemy satelitarne.

Podobne oceny i propozycje można znaleźć w wielu światowych projektach rozwojowych. Również program badań Unii Europejskiej, zawarty w kolejnych edycjach Programów Ramowych, związanych z ICT zakłada podobne cele. Europejska strategia rozwoju technologii ICT, stawia w sposób jednoznaczny na rozwój i upowszechnianie Internetu.

4. Stan wiedzy w dziedzinie technologii informacyjno-telekomunikacyjnych i identyfikacja kluczowych potrzeb badawczych w kontekście Internetu Przyszłości

Różnorodne, nowe, społeczne i ekonomiczne zastosowania powodują, że dochodzimy do granic możliwości architektury Internetu zaprojektowanej przed ponad trzydziestu laty. Nowe obszary zastosowań sieci obnażają jej słabość w zakresie funkcjonalności, jakości oferowanych usług (przepustowość, czas odpowiedzi) i bezpieczeństwa przesyłanych danych. Firmy oraz operatorzy teleinformatyczni i telekomunikacyjni od kilku lat zmagają się ze zmorą nieefektywnego wykorzystania swoich zasobów (w tym łączy). Architektura opracowana dla tej sieci, z roku na rok, staje się coraz bardziej rozbudowana, a co za tym idzie koszty utrzymania i serwisu stają się coraz bardziej uciążliwe, również dla polskich przedsiębiorstw.

Dalszy rozwój Internetu w oparciu o klasyczne protokoły IP (ang. Internet Protocol) nie jest możliwy. Wynika to głównie z natury IP, w którym mamy istotne ograniczenia związane zarówno z metodami bezpołączeniowego przekazu danych, adresacją urządzeń, jak i bezpieczeństwem. Przykładowo, dla zapewnienia pożądanej jakości i różnicowania przekazu pakietów w sieciach IP, co jest wymagane w przypadku aplikacji strumieniowych, opracowano architekturę DiffServ. Ta z kolei wymaga m.in. wprowadzenia systemu sygnalizacji i opcjonalnie rezerwacji zasobów. Niestety, wdrożenie DiffServ powoduje zwiększenie złożoności działania routerów i sieci IP, co jak się okazuje, stanowi „barierę” dla operatorów.

Co zatem dalej z Internetem? – Częściowych odpowiedzi na to i inne pytania udziela European Future Internet Portal [6] (www.future-internet.eu). Zgodnie z powszechnymi oczekiwaniami:

- Internet musi ulegać zmianie by spełnić nowe wymagania i wyjść poza dzisiejsze ograniczenia.
- Nowe projekty, bądź rozwiązania nakładkowe winny przynieść efekty w nowych społecznych i ekonomicznych strukturach.
- Techniczne i socjo-ekonomiczne aspekty zmian nie powinny być analizowane w izolacji.
- Potrzeba badań multidyscyplinarnych przechodzących poprzez warstwy i dyscypliny.
- Potrzeba prowadzenia badań związanych z eksperymentami, w tym dużych prac eksperymentalnych pokazujących związki między aspektami technicznymi, społecznymi i ekonomicznymi, implikowanymi przez zmieniający się Internet.
- Internet jest problemem globalnym: Kooperacja międzynarodowa jest więc koniecznością.

Zalecane na najbliższe lata działania wiązać się zatem będą z:

- przechodzeniem na szybki Internet z docelowym 30% poziomem penetracji dla całej populacji EU, nawet już do roku 2010;
- przyjęciem długoterminowego planu prac mających na celu rozwój nowych sieci i „nowego Internetu”;
- przejściem z IPv4 na IPV6;
- promocją Internetu „przedmiotów-rzeczy”, poprzez akceptację rekomendacji dla RFID;
- położenie nacisku na badanie zagadnień poufności, prywatności i bezpieczeństwa;

Program prac w obszarze ICT na lata 2009-2010 przewiduje między innymi budżet dedykowany tworzeniu Platform Sieciowych i Usługowych, włączając w to Internet Przyszłości.

Co zatem należy zrobić? Nie ulega wątpliwości, że podjętych musi być (również i w Polsce) szereg równoległych działań by:

- uczynić Internet „mobilnym”,
- zagwarantować bezpieczeństwo i wiarygodność Internetu,
- dostarczyć QoS klientom,
- wprowadzić nowe aplikacje (RFID/rozwiązania sensorowe) i otworzyć nowe perspektywy ekonomiczne,
- uczynić Internet w pełni szerokopasmowym (end-to-end),
- wdrożyć Internet trójwymiarowy - 3D,
- uczynić Internet „zarządzalnym”.

Podobne wnioski i opinie formułowane są przez przedstawicieli nauki w Polsce. Środowisko jest przekonane, że rozwiązania powyższych problemów należy upatrywać w Internecie Przyszłości, który to dzięki wirtualizacji (realizacji obliczeń i usług w wirtualnym oderwaniu od infrastruktury sprzętowej celem odciążenia zasobów i ich bardziej optymalnego wykorzystania) umożliwi stworzenie nowego elastycznego środowiska, które w sposób dynamiczny można konfigurować i dostosowywać do potrzeb.

Cechy te wykraczają poza możliwości aktualnie wdrażanych architektur NGN, głównie w operatorskich sieciach „pilotażowych”. Ich pełna i skuteczna implementacja wymaga długoterminowych prac badawczych.

Dla Internetu Przyszłości przewiduje się rozwiązania oferujące duże przepływności, skalowalność i elastyczność infrastruktury ICT. Wiele wskazuje na to, że będzie to:

- "Internet Usług" - z propozycjami obejmującymi wirtualizację, dynamiczny dobór zestawów usług, dostarczanie usług dla modyfikowanych struktur sieciowych oraz zasady zarządzania środowiskowego;
- "Internet Obiektów" - z zarządzaniem obiektami, sieciowym zarządzaniem obiektami i stowarzyszonymi usługami, a także architektury odkrywania danych, z integracją podstawowych środowisk biznesowych.
- „Internet z bezpieczną infrastrukturą i usługami ICT" - z uwzględnieniem bezpieczeństwa, przeżywalności i wiarygodności sieci i architektur usługowych,

jakości usług „składowych” w połączeniach end-to-end, a także jednoznaczności zarządzania, oraz zagadnienia ochrony danych osobowych i firmowych wraz z ich poufnością;

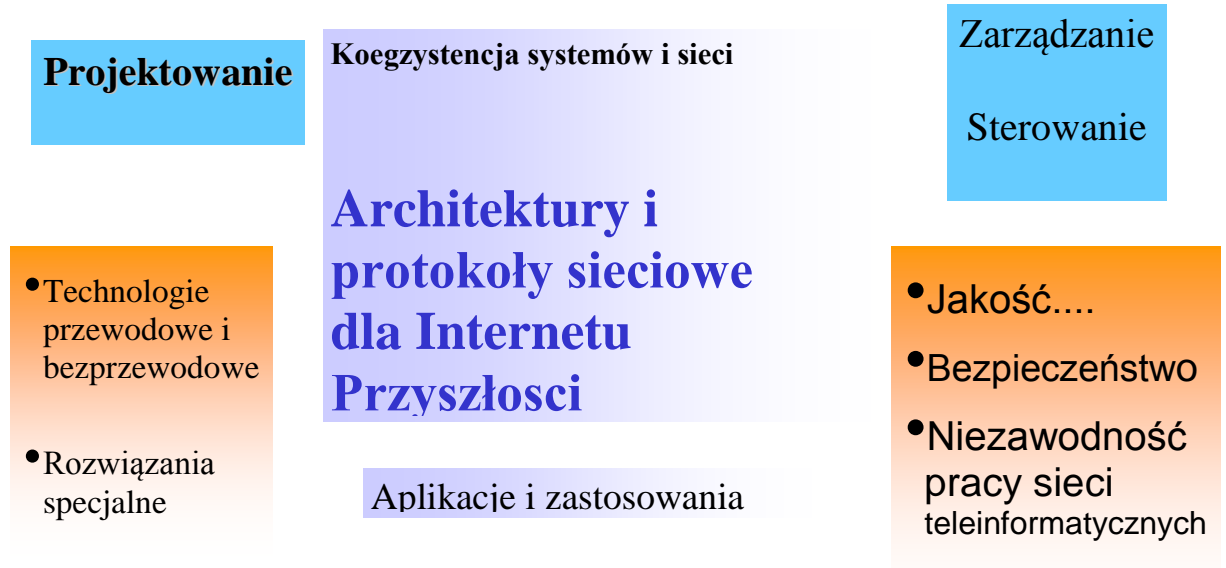
- "Internet 3D" - z koncentracją na wpływie wirtualnych środowisk 3D (sieciowych platform multimedialnych);
- "Rozwiązania Eksperymentalne" - związane z pracami nad instalacjami pilotowymi, obejmującymi szereg warstw, wraz z oferowaniem usług i dostarczaniem aplikacji, i tym samym odpowiadającymi na pytania o postać szerokopasmowego Internetu Przyszłości.

Dokumenty UE, w zakresie ICT, dość jednoznacznie kreślą perspektywy rozwoju telekomunikacji i teleinformatyki. „Niedopasowanie” protokołu IP do obsługi aplikacji multimedialnych (wrażliwych na opóźnienia i wahania opóźnienia) spowodowało, iż rozwiązań dla Internetu Przyszłości poszukuje się w nowych architekturach i protokołach. Mając to na uwadze na dzień dzisiejszy wymienić można około 40 projektów realizowanych w ramach 7 Programu Ramowego UE (a dalszych 40 projektów oczekuje na uruchomienie), których celem jest poszukiwanie nowych rozwiązań dla Internetu. Niestety, liczba zespołów polskich w tych projektach jest raczej skromna. Dlatego też, wzorem takich krajów jak Niemcy, Francja, Finlandia, Włochy itd., również w środowisku polskim istnieje potrzeba stworzenia projektu ukierunkowanego na Internet Przyszłości. Projekt taki wymaga współpracy wielu zespołów działających w różnych ośrodkach. Tylko w ten sposób zespoły polskie będą mogły partnersko współuczestniczyć w opracowywaniu rozwiązań dla Internetu Przyszłości i proponować kompleksowe rozwiązania zarówno dla operatorów sieci jak też firm działających na rynku polskim.

Gdybyśmy pokusili się o próbę zdefiniowania istotnych problemów badawczych (i wdrożeniowych) telekomunikacji i teleinformatyki – o swoistą próbę „dekompozycji” telekomunikacji – teleinformatyki, wówczas wśród istotnych obszarów znalazłyby się zapewne takie jak (por. Rys.2):

- Metody oceny zasobów i projektowania sieci teleinformatycznych (systemy komutacyjne, niezawodność systemów i sieci) i projektowania sieci teleinformatycznych (zaawansowane metody projektowania sieci, bezpieczeństwo kooperacyjne, projektowanie międzywarstwowe - typu cross-layer);
- Wirtualizacja zasobów sieciowych;
- Architektura sieci teleinformatycznych następnej generacji (w tym Internetu Przyszłości);
- Zarządzanie/sterowanie siecią (sieci elementów autonomicznych, sieci samoorganizujące się, wspieranie mobilności);
- Bezpieczeństwo informacji w systemach teleinformatycznych (bezpieczeństwo i poufność w szerokim zakresie, bezpieczeństwo kooperacyjne, anonimowość a bezpieczeństwo,...);
- Teoria i techniki teletransmisji (modulacje, kodowania, metody wielodostępu, techniki antenowe);
- Techniki radiowe (rozwiązania sieci PAN, LAN, MAN, WAN, sieci ad-hoc, sensorowe, telefonia komórkowa, 4G, rozwiązania hybrydowe, inteligentne radio programowalne – cognitive radio);
- Telekomunikacja optyczna;

- Usługi i aplikacje (sieci peer-to-peer , content delivery, multimedia);
- Społeczne i ekonomiczne aspekty Internetu;
- Systemy specjalne – akustyka, hydroakustyka, radiolokacja, geonawigacja..



Rys.2. Ilustracja kierunków prac badawczych w Polsce i na świecie

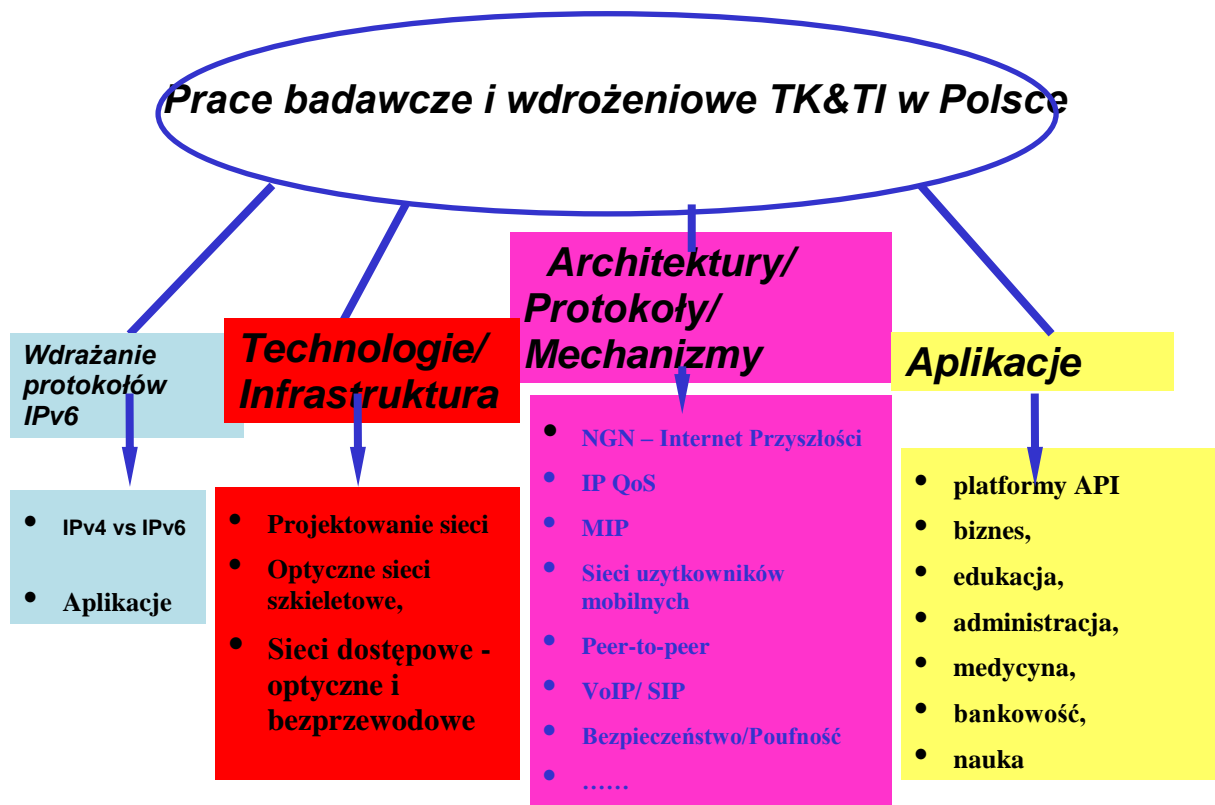
5. Propozycje prac badawczych dla Polski

Kierunki badań nad Internetem Przyszłości są w znacznej mierze zdefiniowane. Obecnie są one przedmiotem zaawansowanych prac badawczych i wdrożeniowych – w postaci sieci pilotażowych, których budowa jest jednym z priorytetów UE. Tym niemniej, istotne zagadnienia badawcze wymagają dalszych intensywnych prac. Nie ulega wątpliwości, że wiodącymi tematami badawczymi w naszym kraju powinny być: wirtualizacja zasobów, zasady współpracy IPv6/IPv4, nowa architektura IP Przyszłości - z mechanizmami sterowania ruchem, wspierania mobilności i gwarancjami bezpieczeństwa oraz nowe aplikacje i usługi, rozszerzające funkcjonalność sieci IPv6. Różne grupy zagadnień ilustruje Rys.3.

Wirtualizacja zasobów IPv6

Celem badań powinna być wirtualizacja zasobów IPv6, rozumiana jako dostarczenie środowiska pozwalającego na wykorzystanie rozproszonych zasobów sieciowych za pośrednictwem statycznej infrastruktury sieciowo-obliczeniowej.

Wirtualizacja dotyczy nie tylko pojedynczych systemów, których zadaniem jest realizowanie obliczeń i usług w wirtualnym oderwaniu od infrastruktury sprzętowej w celu odciążenia zasobów i ich optymalnego wykorzystania (jak to ma miejsce w rozwiązaniach dostępnych na rynku), ale całego środowiska, włączając w to urządzenia sieciowe, systemy obliczeniowe i sieci je łączące. Wirtualizacja całych sieci i systemów umożliwi stworzenie nowego elastycznego środowiska, które w sposób dynamiczny podlega konfiguracji i dostosowywaniu do aktualnych potrzeb.



Rys. 3 Postulowane prace badawcze i wdrożeniowe TK&TI w Polsce

Celem wirtualizacji zasobów IPv6 powinno też być dostarczenie środowiska do realizacji testów i zaawansowanych prac badawczych. Środowisko takie musi uwzględniać różnorodne i dynamicznie zmieniające się potrzeby.

Planowane w Polsce badania winny rozszerzać istniejące rozwiązania w dziedzinie wirtualizacji, będące np. efektem prac w projekcie europejskim FEDERICA - umożliwiającym tworzenie wirtualnych środowisk testowych na potrzeby badań, analizy i testów znaczącej liczby zagadnień badawczo-naukowych. Narzędzia wykorzystywane i rozwijane w ramach projektu FEDERICA optymalizowane są jednakże wyłącznie pod kątem protokołu IPv4, nie pozwalając na obsługę protokołu IPv6. Dlatego też pożądane jest przeprowadzenie analizy wymaganych warunków i na jej podstawie przygotowanie specyfikacji i realizacji prototypu sieci wirtualnej. Wskazane jest też uruchomienie środowiska testowego wraz z jego mechanizmami pozwalającymi na wsparcie protokołu IPv6 - obejmujące dynamiczne zarządzanie zasobami fizycznymi i wirtualnymi. Dostarczone w ten sposób środowisko wirtualizacyjne, rozbudowane o obsługę protokołu IPv6, mogłoby być zaimplementowane i zastosowane do przeprowadzania specjalizowanych badań.

Wymagane jest przy tym opracowanie niezawodnej, stabilnej i uniwersalnej metody implementacji podstawowych usług sieciowych IPv6, obejmujących DHCPv6, DNS i mechanizmy zarządzania mobilnością oraz wsparcia dla usług/aplikacji

sieciowych realizowanych w oparciu o IPv6 w systemach Windows i Linux. Wskazane jest również opracowanie koncepcji i implementacja zunifikowanej platformy komunikacyjnej w środowisku IPv6, integrującej m.in. głos, wideo, konferencje sieciowe, wymianę danych, na poziomie aplikacji (m.in. e-mail, komunikatory, PIM, wideokonferencja, aplikacje współdzielenia plików). Platforma powinna działać w środowisku sieci stacjonarnych i mobilnych (LAN, WiFi/Bluetooth/Ethernet oraz sieci komórkowych 3G i 4G) zapewniając konwergencję aplikacji w tych sieciach.

Architektura, mechanizmy i algorytmy dla Internetu Przyszłości

Prace nad opracowaniem architektury Internetu Przyszłości wraz z koniecznymi mechanizmami i algorytmami dla sterowania przekazem informacji zostały rozpoczęte parę lat temu, gdy zorientowano się, iż dalszy rozwój Internetu bazującego na protokole IP jest niemożliwy i każde wprowadzenie nowej funkcjonalności komplikuje system. Można stwierdzić, iż poszukiwania nowych rozwiązań dla Internetu Przyszłości są ukierunkowane na rozwiązania „ewolucyjne” i „rewolucyjne”. Rozwiązania ewolucyjne zakładają rozszerzenie funkcjonalności protokołu IP, natomiast rozwiązania rewolucyjne zakładają zastąpienie stosu protokołów TCP/IP przez nowe protokoły. Powyższe podejścia mają swoje odzwierciedlenie w aktywności rozpoczętych projektów w ramach 7 Programu Ramowego UE oraz w niedawno rozpoczętych projektach narodowych.

Wirtualizacja

Realizacja celu, jakim jest Internet Przyszłości, wymaga specyfikacji nowej architektury, budowanej w oparciu o sieci wirtualne i wirtualizację ich zasobów. Prace badawcze dotyczące wirtualizacji są w fazie początkowej.

Wizja Internetu Przyszłości zakłada wprowadzenie nowej warstwy, tzw. warstwy wirtualizacji zasobów, na której to warstwie będzie można zbudować wiele sieci wirtualnych, różniących się między sobą przeznaczeniem i stosem protokołów. Jedną z takich sieci może być sieć IPv6, inną sieć świadoma przesyłanej treści. W ramach badań nad architekturą Internetu Przyszłości winno się wziąć pod uwagę realizację szeregu istotnych zadań. Jednym z nich jest stworzenie środowiska dla współistnienia różnych sieci wirtualnych działających na jednej infrastrukturze sprzętowej. Poszczególne sieci wirtualne mogą być projektowane w różnych technikach komutacyjnych (klasyczna komutacja pakietów, np. IPv6, komutacja kanałów, komutacja optyczna, nowe propozycje) i w konsekwencji korzystać z różnych stosów protokołów realizujących różne funkcje. Przykładowo, możemy sobie wyobrazić, iż mamy np. dwie sieci: sieć IPv6, i sieć świadomą przesyłanej treści, opartą na innej technice sieciowej niż IP, i że te sieci współdzielą zasoby infrastruktury (węzły i łącza). Dla uzyskania takiej funkcjonalności, wprowadza się wielopoziomą architekturę, w której poziom infrastruktury wirtualnej jest usytuowany powyżej infrastruktury fizycznej.

Systemy nakładkowe

Liczne ograniczenia dzisiejszego Internetu są wyzwaniem dla dynamicznie rozwijającej się infrastruktury e-Nauki. Jednym ze sposobów przezwyciężenia napotykaných ograniczeń jest budowa sieci wirtualnych VN (virtual networks) lub nakładkowych ON (overlay networks). Sieci nakładkowe są obecnie przedmiotem

intensywnych badań na świecie. Pokazano, że stanowią one dobre środowisko do testowania nowych protokołów lub aplikacji. Ostatnie wdrożenia takich sieci pokazały, że przy ich pomocy można przewyciężyć różne słabości dzisiejszego Internetu, jak np. niedobór rutowalnych adresów IPv4 czy obecność urządzeń ograniczających zdolności do realizowania połączeń (np. firewalles czy translatory adresów sieciowych – NAT). W celu realizacji rozproszonych aplikacji realizowanych na wielu węzłach rozszanych po Internecie zaproponowano różne architektury: biblioteki sieciowe świadome NAT (NAT-aware Network Library), interfejsy API (Application Programming Interface), sieci wirtualne VN czy systemy P2P.

Mimo wielu korzyści, jakie mogą odnieść infrastruktury dla e-Nauki z możliwości, które oferują sieci nakładkowe, w niektórych przypadkach wirtualizacja warstwy sieciowej powoduje wprowadzenie zbyt dużego narzutu, trudnego do zaakceptowania. Większość badań na świecie koncentruje się na cechach architektury sieci ON, które stwarzają problemy w sieci bazowej. Badania te mają na celu zbudowanie odpowiedniej sieci nakładkowej lub stworzenie środowisk dla sieci wirtualnych.

Zagadnienia badawczo-rozwojowe dotyczące Internetu przyszłości mogą być rozpatrywane w wielu warstwach opisu systemów otwartych OSI, chociaż, jak wiadomo, opis ten, opracowany już wiele lat temu, jest coraz mniej przydatny do badań współczesnych, a tym bardziej przyszłych systemów i sieci telekomunikacyjnych i teleinformatycznych. Pomimo rozpatrywania w opisie OSI protokołów kolejnych warstw systemu, należy jednoznacznie uświadomić sobie, że ich realizacja jest możliwa tylko dzięki istnieniu warstwy fizycznej, w której odbywa się rzeczywista transmisja sygnałów. To układy należące do tej warstwy umożliwiają realizację procedur wyższych warstw. Bezpośrednim wnioskiem z tej oczywistej obserwacji jest konieczność zapewnienia odpowiedniej jakości transmisji mierzonej akceptowalnie niską stopą błędów a także zapewnienia odpowiednio wysokiej przepustowości systemów transmisyjnych. To ostatnie zagadnienie jest kluczowe dla umożliwienia przesyłania strumieni danych multimedialnych o bardzo wysokiej szybkości, z którymi będziemy z pewnością mieli do czynienia w przyszłej sieci Internet.

Architektura węzła

Efektywne świadczenie różnorodnych usług w Internecie Przyszłości jest uzależnione od sprawnego funkcjonowania fizycznej infrastruktury sieciowej obejmującej systemy transmisyjne, komutacyjne oraz szeroko pojęte zasoby sieciowe. W związku z burzliwym rozwojem usług internetowych przewiduje się, że w Internecie Przyszłości routery szkieletowe będą obsługiwały łącza o przepływności STM-256 (40 Gb/s), a węzły komutacyjne będą miały przepustowość na poziomie 1Pb/s. Przyjęcie takich założeń odnośnie infrastruktury fizycznej rodzi nowe wyzwania. Istnieje potrzeba zaproponowania nowych rozwiązań w zakresie architektury węzłów sieciowych oraz algorytmów sterowania zarówno węzłami, jak i sieciami. Do kluczowych potrzeb badawczych należy zaliczyć: zaproponowanie nowych architektur węzłów sieci pakietowych, ze szczególnym uwzględnieniem pakietowych pól komutacyjnych o dużej pojemności, opracowanie algorytmów sterowania przyprływem pakietów, zaproponowanie mechanizmów sterujących współdzieleniem zasobów w urządzeniach sieciowych, nowe algorytmy routingu uwzględniające zapotrzebowania usługowe oraz parametry jakościowe, metody zarządzania zasobami w sieci w szczególności przy ich wirtualizacji, zapewnienie przeżywalności sieci w przypadku uszkodzeń, sterowanie

przy dynamicznym podziale zasobów itp.

Wsparcie mobilności

Ważnym aspektem funkcjonalnym nowego Internetu jest wsparcie mobilności. Wymagane jest opracowanie mechanizmów i algorytmów, które umożliwią obsługę elementów ruchomych sieci w architekturze Internetu Przyszłości, w którym dąży się do wirtualizacji położenia elementów, lub całych fragmentów sieci w większej strukturze sieciowej, poprzez umożliwienie swobodnej aktualizacji ich punktu przyłączenia do sieci w sposób niezauważalny dla użytkowników. Istotne są propozycje i specyfikacje mechanizmów dla obsługi elementów sieci „ruchomych” oraz rekomendacje właściwych metod wsparcia mobilności i oszacowania ich wpływu na funkcjonowanie sieci, jak również opracowanie wybranych demonstratorów dla wizualizacji osiągniętych rezultatów wprowadzenia rozszerzeń do architektury.

Prace badawcze winny dotyczyć analizy możliwości powiązań procedur MIPv6 i PMIPv6 z komponentami funkcjonalnymi opracowywanego standardu IEEE 802.21 jak również wsparcia mobilności we współpracy z wyższymi warstwami, m. in. dla inicjacji sesji (SIP z IEEE 802.21). Ważnym aspektem badawczym są także zagadnienia geograficznej lokalizacji w sieci Internet dla aplikacji (usług) wymagających informacji o położeniu geograficznym zasobów lub określenia obecności użytkownika w danej lokalizacji.

Bezpieczeństwo Internetu Przyszłości

Zagadnienie bezpieczeństwa zasobów sieciowych i aplikacji jest jednym z głównych obszarów badawczych związanych z Internetem Przyszłości, ściśle związanym z ogólniejszym zagadnieniem wyboru właściwej architektury sieciowo-aplikacyjnej. Kwestia ta jest przedmiotem intensywnych badań w skali międzynarodowej, w szczególności w ramach projektów europejskich FP7. Niezależnie od rezultatów tych badań – od ostatecznie wypracowanej i uzgodnionej koncepcji – zagadnienie bezpieczeństwa zasobów sieciowych i usług będzie wymagało nowego podejścia do rozwiązywania problemów związanych z uwierzytelnianiem, autoryzacją, integralnością, poufnością, prywatnością i niezaprzeczalnością. To nowe podejście musi uwzględniać fakt, iż w rozwijanych koncepcjach Internetu Przyszłości kładzie się silny nacisk na wirtualizację i autonomię zasobów sieciowych, informacyjnych i usługowych, co w efekcie prowadzi do porzucenia obecnego paradygmatu opartego na strukturach hierarchicznych w dziedzinie zapewniania bezpieczeństwa, a w szczególności budowania zaufania. Konsekwencją tego jest, między innymi, odejście od koncepcji związanych z Infrastrukturą Klucza Publicznego, będącej obecnie jednym z podstawowych środków budowania zaufania, co będzie wymagało opracowania nowych, funkcjonalnie równowżnych środków.

Nowa architektura i związane z nią środki zapewniania bezpieczeństwa będą niewątpliwie wprowadzane stopniowo i ewolucyjnie, wobec czego będą koegzystowały ze środkami zapewniania bezpieczeństwa wypracowanymi w kontekście środowiska sieciowego IPv4/IPv6. Pojawiają się więc nowe, złożone problemy interoperacyjności starych i nowych rozwiązań.

Wraz wprowadzeniem nowych metod zapewniania bezpieczeństwa pojawią się nowe, mało dotychczas rozpoznane problemy związane z niestandardowymi,

nieuprawnionymi i wrogimi zachowaniami użytkowników sieci oraz z różnego typu anomaliami funkcjonalnymi.

Bezpieczeństwo podsieci autonomicznych

Podsieci autonomiczne Internetu Przyszłości będą obszarami, w których nie będzie obowiązywał paradygmat hierarchicznego zarządzania zasobami sieci, co implikuje konieczność zrewidowania dotychczasowych sposobów rozwiązywania problemów związanych z uwierzytelnianiem, autoryzacją, integralnością, poufnością, prywatnością, niezaprzeczalnością i zaufaniem.

Istotnym zagadnieniem w sieciach autonomicznych jest zapewnienie kooperatywności węzłów sieci i ochrona zasobów sieciowych przed konsekwencjami strategii egoistycznych; niezbędne jest tu nowe podejście do tworzenia mechanizmów wykrywania anomalii i zapewniania zgodności motywacyjnej. Zachowania (ataki) niekooperacyjne mogą w wielu sytuacjach przynosić stacjom wyraźne korzyści polegające one przechwyceniu kontroli nad nieuzasadnioną częścią zasobów sieci. W odróżnieniu od ataków złośliwych, stanowiących ugruntowaną tematykę badawczą w zakresie bezpieczeństwa systemów sieciowych, ataki niekooperacyjne wymagają nowej, interdyscyplinarnej metodologii badań.

Jednym z głównych problemów zapewnienia bezpieczeństwa Internetu Przyszłości jest zarządzanie danymi chronionymi w warunkach wirtualizacji zasobów sieciowych i informacyjnych. Elementami tego problemu są między innymi zagadnienia zarządzania informacjami niejawnymi, repozytoriami atrybutów i uprawnień oraz prywatnością/anonimowością. Znalezienie skutecznych rozwiązań dla tych problemów wymaga analizy i modelowania zachowań użytkowników usług, w szczególności zachowań zagrażających bezpieczeństwu sieci.

Sieci dostępne i systemy transmisyjne

Istnieją dwa podejścia do zapewnienia łączności terminali użytkowników z siecią Internet. Pierwszy z nich to realizacja systemów przewodowych. Jest to rozwiązanie obecnie najbardziej popularne, realizowane w różny sposób zależnie od konkretnego środowiska i zastosowań. W przedsiębiorstwach i instytucjach dominują obecnie systemy dostępu do Internetu oparte na systemach transmisji kablowej (sieć Ethernet), do wejścia których, strumień danych jest dostarczany na ogół za pośrednictwem systemów światłowodowych. W przypadku dostępu indywidualnego, dominującą techniką stał się dostęp ADSL z wykorzystaniem istniejącej sieci pętli abonenckich. Pomimo intensywnych badań w tej dziedzinie i ciągłego podnoszenia przepływności (systemy ADSL2, VDSL, VDSL2) wydaje się, że z powodu fizycznych własności pętli abonenckich wkrótce zostanie osiągnięte maksimum przepływności takich systemów. Podwyższanie szybkości transmisji wiąże się zresztą dodatkowo ze skracaniem dopuszczalnej długości pętli abonenckiej pozwalającej na zapewnienie satysfakcjonującej jakości transmisji, przyczyniając się do ograniczenia jej zasięgu. Radykalnym rozwiązaniem tego problemu jest doprowadzenie do domów indywidualnych abonentów linii światłowodowych (FTTH). Z kolei, w celu uniknięcia koniecznego okablowania przy szybko rosnącej liczbie odbiorników i nadajników sygnałów transmitowanych przez Internet, korzystne staje się zastosowanie lokalnej transmisji bezprzewodowej. Tego rodzaju podejście umożliwia uzyskanie dużej gęstości

ruchu na jednostkę powierzchni, czego nie jest w stanie zapewnić transmisja danych z wykorzystaniem sieci komórkowej trzeciej i wyższych generacji. Jest to również najlepsze rozwiązanie w miejscach publicznych, w których oczekuje się dużej gęstości ruchu (tzw. *hot spots*). Przyczyną tego faktu jest ograniczony dostęp do zasobów radiowych, którym jest niezwykle cenne widmo elektromagnetyczne.

Biorąc pod uwagę znaczący wzrost wymaganej przepływności (rzędu 1 Gbit/s w bezprzewodowej transmisji lokalnej) i mając na względzie ograniczenia wynikające z obecnych technologii, proponuje się skoncentrowanie badań na dwóch segmentach systemów dostępu do sieci Internet:

- **w zakresie systemów bezprzewodowych** – na niezawodnej dystrybucji strumienia danych od styku z systemem światłowodowym za pomocą nowoczesnych systemów bezprzewodowych o znacznie podniesionej przepływności (przepływność łączna rzędu 1 Gbit/s) w stosunku do systemów istniejących obecnie i charakteryzujących się lokalnym zasięgiem,
- **w zakresie systemów przewodowych** – na dostępowych systemach światłowodowych nowego typu zapewniających bardzo wysoką przepływność przy ograniczonych kosztach systemu światłowodowego i ulepszonych własnościach samego medium transmisyjnego,

Przedmiotem badań powinno być:

- *w zakresie systemów bezprzewodowych* – opracowanie nowych, ulepszonych zasad transmisji bezprzewodowej, prowadzących do znaczącego podniesienia szybkości transmisji w systemie dostępu radiowego i zapewnienia niezawodnego pokrycia obszaru, na którym funkcjonują terminale bezprzewodowe a także zapewnienia efektywnego wykorzystania zasobów radiowych, w szczególności dostępnego pasma;
- dodatkowym celem powinno być zapewnienie pełnego pokrycia radiowego całego obsługiwanego obszaru niezależnie od rozkładu przestrzennego terminali abonenckich. Z tym zagadnieniem wiąże się problematyka transmisji wieloskokowej z zastosowaniem funkcji przekaźnika.
- *w zakresie systemów przewodowych* – opracowanie oryginalnych narzędzi modelowania i projektowania nowych mediów transmisyjnych oraz elementów funkcjonalnych dedykowanych optycznym sieciom dostępowym o podwyższonej szybkości transmisji, oraz określenie w pomiarach testowych funkcjonalności wytypowanych i wykonanych demonstratorów.

Proponuje się badania nad systemami bezprzewodowego dostępu do Internetu na krótkie i średnie odległości realizowane w technice sieci lokalnych, z użyciem powszechnie już stosowanych, a także opracowywanych obecnie standardów należących do rodziny IEEE 802.11. Przedmiotem proponowanych badań powinny być w szczególności algorytmy/protokoły stosowane w warstwie fizycznej, warstwie łącza oraz warstwie sieciowej systemów bezprzewodowych.

Postuluje się badania nad rozszerzeniem przepustowości i zasięgu sieci dostępu radiowego do Internetu przez zastosowanie transmisji wieloskokowej i kooperacyjnej zgodnie z przyszłymi wymaganiami opracowywanego aktualnie standardu IEEE 802.11s, w szczególności przez:

- opracowanie metody szacowania pojemności sieci wieloskokowej, która może

być zastosowana przez terminale w czasie rzeczywistym i przyczyniać się do optymalnego wykorzystania zasobów sieciowych,

- opracowanie zasad wyboru węzłów pośrednich w połączeniach wieloskokowych,
- sprawdzenie praktycznej przydatności kodowania sieciowego w transmisji wieloskokowej i kooperacyjnej w połączeniach rozgłoszeniowych i punkt-punkt,
- sprawdzenie przydatności algorytmów transmisji kooperacyjnej bazującej na zasadzie matryc wirtualnych anten.

Inne „gorące” tematy badawcze z tego obszaru to:

- samokonfigurowalne szerokopasmowe sieci z transmisją wieloetapową;
- indywidualna optymalizacja sterowania mocą transmisji i przydziału kanałów - protokoły transmisji w wielokanałowych heterogenicznych sieciach bezprzewodowych z terminalami typu inteligentnego oraz
- kooperacyjne i niekooperacyjne oraz scentralizowane i rozproszone metody efektywnego wykorzystania zasobów w sieciach bezprzewodowych.

Wzrost złożoności oraz wymagania radykalnego zwiększenia pojemności informacyjnej systemów dostępowych, między innymi na potrzeby Internetu Przyszłości, nieuchronnie powoduje konieczność wprowadzania na coraz szerszą skalę nowych systemów światłowodowych (na przykład systemów FTTH), wykorzystujących tanie i łatwe w instalacji media, o możliwie jak najszerszym paśmie transmisyjnym. Ponadto, w celu zapewnienia odpowiedniego poziomu sygnału użytecznego w stosunku do szumu coraz częściej pojawia się również wymóg stosowania w złożonych, optycznych sieciach dostępowych elementów aktywnych, tj. wzmacniaczy optycznych. Tak więc, zapewnienie odpowiednich parametrów transmisyjnych dla warstwy fizycznej tego typu sieci otwiera nowe obszary badań nad mediami transmisyjnymi oraz elementami aktywnymi.

Pierwsza grupa prac badawczych winna dotyczyć wykorzystania włókien dostępnych na światowym rynku, tj. światłowodów kwarcowych jednomodowych i wielomodowych oraz wielomodowych światłowodów polimerowych dla zastosowań w szerokopasmowych systemach FTTH. Pozwoli to na opracowanie modeli opisujących zachowanie się parametrów transmisyjnych wyżej wspomnianych włókien. Powstałe narzędzia symulacyjne powinny między innymi umożliwić definiowanie okien transmisji oraz pasma transmisji, minimalizację strat na tłumienie oraz przede wszystkim strat na zginanie, jak również sformułować wymagania dla źródeł oraz detektorów.

Druga grupa badań powinna dotyczyć niedostępnych na rynku nowych mediów transmisyjnych wykorzystujących mikrostrukturalne światłowody kwarcowe i polimerowe. W pierwszym etapie zostaną opracowane narzędzia do modelowania propagacji fali e.m. pozwalające na określenie struktury włókien dających pożądane parametry transmisyjne tj. możliwie niskie tłumienności, podwyższenia odporności na zginanie (minimalizacja strat), szerokie pasmo oraz niska dyspersja modowa.

Zastosowania Internetu Przyszłości

Sieci domowe i samochodowe

Liczba urządzeń, które posiadają właściwości związane z ich identyfikacją oraz możliwości komunikacji, jakie pojawiają się w otoczeniu człowieka rośnie wraz ze

wzrostem roli, jaką nowoczesne technologie spełniają w życiu codziennym. Fakt ten stawia określone wymagania w obszarze badań nad nowoczesnymi technologiami komunikacyjnymi i informacyjnymi. Techniki łączenia takich urządzeń migrują od prostych połączeń punkt-punkt do bardziej złożonych topologii sieciowych z zachowaniem parametrów jakości w układzie end to end. Z drugiej strony, informacje dostępne z urządzeń będących w otoczeniu człowieka mają wieloaspektowe znaczenie: począwszy od stanu określonych parametrów związanych z otoczeniem człowieka (np. temperatura, lokalizacja, parametry funkcji życiowych, stan techniczny pojazdu itp.) po własne dane użytkownika, przechowywane w takich urządzeniach jak telefon komórkowy, komputer osobisty, kamera, sensory itp. Wzrost liczby takich urządzeń jest problemem i w tym obszarze prowadzone są już prace nad uniwersalną infrastrukturą komunikacyjną. Osobnym wyzwaniem jest kwestia interoperacyjności tych urządzeń i sieci otoczenia człowieka, które pozwolą na zbieranie danych i komunikację w celu dostarczenia transparentnych usług w środowisku heterogenicznych urządzeń. Nowoczesne usługi w otoczeniu człowieka wymagają jednak podjęcia określonych wyzwań w warstwie komunikacyjnej takich, jak: dostępność szerokiego pasma od krańca do krańca, dostęp do sieci zawsze i wszędzie, dostęp do wszystkich urządzeń, QoS (end to end), bezpieczeństwo i prywatność, niezawodność i ekologiczne technologie komunikacyjne

Najważniejsze wyzwania, jakie stoją przed nowoczesną infrastrukturą sieci domowej i samochodowej to: inteligentna informacja i inteligentne usługi, personalizacja i prywatność, wielu dostawców treści i usług, obsługa za pomocą prostych i intuicyjnych interfejsów, interakcja z obiektami: głosem, gestem i dotykiem, otwartość na nowe urządzenia, nowe „bogate” media (np. 3D, 8K, hologramy) oraz szerokie zastosowanie wirtualnej rzeczywistości i sztucznej inteligencji.

Sieci e-zdrowie

Spośród różnorodnych usług realizowanych przez systemy telemedyczne, szczególnie istotną rolę odgrywa zdalne monitorowanie stanu pacjenta w zakresie śledzenia wybranych parametrów i sygnałów fizjologicznych (najczęściej EKG, funkcje oddechowe, saturacja, tętno, itp.). Szczegółowa analiza najnowszych prac w zakresie systemów zdalnego monitorowania, pozwala określić trendy rozwojowe oraz opisać przykładowe rozwiązania praktyczne zarówno w sferze wykorzystanych koncepcji, jak i realizowanego zakresu usług medycznych.

Analizując aktualny stan szpitalnej opieki na pacjentem oraz rozwój systemów telemedycznych w zakresie monitorowania istotnym zadaniem jest opracowanie modelu i projektu sieci WBAN (Wireless Body Area Network) do akwizycji wybranych parametrów/sygnałów (wybór zminiaturyzowanych bezprzewodowych urządzeń pomiarowych).

Pojęcie medycznych bibliotek cyfrowych jest najczęściej utożsamiane z repozytoriami zawierającymi publikacje z zakresu medycyny. W chwili obecnej brak jest kompleksowego ujęcia problematyki biblioteki cyfrowej pacjenta biorącej pod uwagę integrację danych medycznych produkowanych w otoczeniu pacjenta z informacjami przechowywanymi w medycznych systemach informatycznych zarządzanych przez jednostki ochrony zdrowia (lub dalej idąc – w elektronicznym rekordzie pacjenta).

Przy projektowaniu systemów doradczych dla lekarzy obiecującym jest podejście, zbliżone do codziennej praktyki lekarskiej, zgodnie z którym budowane są

systemy komputerowe naśladowujące postępowanie lekarzy. W systemach projektowanych zgodnie z tą koncepcją, która będzie wykorzystana w projekcie - dokonuje się analizy pozyskanej wiedzy o obiekcie oraz wbudowanej wiedzy terapeutycznej.

Wykorzystywanie systemów informatycznych i telekomunikacyjnych w opiece zdrowotnej związane jest interdyscyplinarną dziedziną, jaką jest telemedycyna. Najnowsze trendy w systemach telemedycznych związane są z technologiami bezprzewodowymi. Przedmiotem prac będą zadania: projektowania systemów telemedycznych na potrzeby zdalnego diagnozowania pacjentów, analizy możliwości wykorzystania technologii bezprzewodowych w wybranych zadaniach telediagnostyki medycznej, opracowania komputerowych systemów wspomagania decyzji diagnostycznych wykorzystujących różne struktury informacji, testowania jakości działania zaproponowanych metod wspomagania decyzji diagnostycznych oraz weryfikacja jakości działania algorytmów diagnostycznych.

Internet 3D, kino cyfrowe, UHD

Pojawianie się kolejnych technologii związanych z rejestracją i przetwarzaniem obrazów wideo 2D (HD, UHD) będzie wymagało w najbliższym okresie modernizacji sieci komunikacyjnych, w szczególności pod kątem zwiększenia ich przepustowości oraz skalowalności.

W związku ze wzrostem dostępności do urządzeń do akwizycji i prezentacji 3D rośnie zapotrzebowanie na rozwiązania pozwalające efektywnie składować i przesyłać informacje o przestrzeniach i obiektach 3D. Obecne formaty były projektowane przede wszystkim do zapisu pojedynczych obiektów o regularnych kształtach lub ich niewielkich grup i były wdrażane przez producentów oprogramowania do przetwarzania 3D. Nie są one przystosowane do efektywnego zapisu informacji o obiektach pochodzących np. ze skanowania 3D, nie są przystosowane do progresywnej prezentacji informacji, a przenaszalność informacji pomiędzy poszczególnymi formatami jest ograniczona. Potrzebne jest więc przeprowadzenie prac, których wynikiem będzie między innymi opracowanie nowych lub modernizację istniejących formatów danych 3D i protokołów sieciowych do ich przekazu. Ponieważ rozwiązania te powinny uwzględniać progresywny przesył i prezentację informacji, w tym także poddanej kompresji stratnej, bardzo ważną częścią prac powinny być badania nad jakością postrzeganą przez użytkownika (ang. Quality of Experience). Badania te pozwolą określić wytyczne odnośnie przygotowania treści 3D, sposobu ich kodowania, transmisji i prezentacji.

Sieci edukacyjne i społecznościowe

Celem prac powinno stać się opracowanie zaawansowanych metod modelowania i predykcji zachowań użytkowników systemów sieciowych, wykorzystujące teorie sieci społecznych oraz inżynierię wiedzy (w przypadku semantycznego opisu zasobów, usług i użytkowników). Zagadnienia te są bezpośrednio związane z problemem personalizacji dostępu do usług oraz zapewnieniem ich jakości z uwzględnieniem indywidualnych charakterystyk użytkownika.

Przeprowadzona powinna zostać analiza dostępnych systemów zdalnej edukacji (pod kątem ich rozszerzeń architekturem oraz aplikacyjnym) wraz z zaawansowanymi mechanizmami komunikacyjnymi opartymi na architekturach internetowych

Otwarte systemy sieciowe są złożonymi obiektami, w których aktywność użytkowników, wyrażona wzorcami określającymi sposób korzystania z usług systemu, determinuje w wielu przypadkach jakość oraz dostępność świadczonych usług. Wzorce takie określane są często jako tzw. zjawiska emergentne – charakterystyczne dla działającego systemu i niedające się wywieść z jego założeń projektowych i architektonicznych. Przyczyną ich pojawiania się jest istnienie złożonych struktur (społecznych, ekonomicznych, funkcjonalnych) wpływających na funkcjonowanie systemu sieciowego i determinujących zachowanie jego użytkowników. Do najbardziej istotnych należą sieci społeczne.

6. Potencjał polskich zespołów badawczo-rozwojowych – udział zespołów polskich w krajowych i europejskich programach badawczo-rozwojowych

Opierając się na danych GUS „Nauka i Technika w 2007r.” w Polsce działa 280 jednostek naukowych i badawczo rozwojowych, w których zatrudnionych jest ponad 120 tys. pracowników, z czego ponad 70 tys. w szkołach wyższych. Nakłady finansowe, na działalność badawczo – rozwojową w dziedzinach technicznych w roku 2007, wyniosły ok. 50% całości nakładów (3,3 mld zł). Najwięcej też, w stosunku do całości nakładów, dostały Szkoły Wyższe (2,2 mld zł, w tym 819 mln zł Politechniki). Tak więc dziedziny techniczne i zarazem jednostki B+R Szkół Wyższych są względnie najlepiej finansowane spośród jednostek naukowych i badawczo-rozwojowych.

W obszarze telekomunikacji – teleinformatyki można wskazać kilkanaście krajowych zespołów badawczych mogących realizować zaawansowane prace rozwojowe. Zespoły te dysponują doświadczoną kadrą i infrastrukturą sieciową pozwalającą na prowadzenie badań na wysokim poziomie.

Postulowane powyżej kierunki prac badawczych w Polsce mają silne powiązania zarówno z krajowymi programami badawczo-rozwojowymi jak też z licznymi projektami europejskimi, w szczególności są one komplementarne z dużymi krajowymi zamawianymi projektami badawczymi:

- projekt POIG.01.03.01-00-008/08, pt. „Nowe technologie informacyjne dla elektronicznej gospodarki społeczeństwa informacyjnego oparte na paradygmacie SOA”
- projekt PBZ G018/T02/2007, pt. „Usługi i sieci teleinformatyczne następnej generacji - aspekty techniczne, aplikacyjne i rynkowe” (*Zespoły realizujące: IŁ, PW, PP, PWr, PG, AGH, NASK, WIŁ*).

Doświadczenie zespołów polskich wypływa też z uczestnictwa w licznych innych programach.

Internet IPv6

Doświadczenia związane z wirtualizacją zasobów IPv6 wynikają między innymi z uczestnictwa w projekcie europejskim FEDERICA (ang. Federated E-infrastructure Dedicated to European Researchers Innovating in Computing network Architectures). FEDERICA jest projektem finansowanym ze środków UE. Jego celem jest implementacja eksperymentalnej infrastruktury sieciowej dla potrzeb testowania nowych technologii sieciowych.

Prowadzone prace, dotyczące obsługi ruchu IPv4 w sieciach IPv6, skupione są

głównie wokół grupy roboczej BEHAVE (oraz w mniejszym stopniu grupy v6ops) w IETF.

Architektura, mechanizmy i algorytmy dla Internetu Przyszłości

W Europie, prace nad różnymi aspektami Internetu Przyszłości są w chwili obecnej realizowane głównie w ramach 7 Programu Ramowego UE, jak też w licznych programach narodowych. Spośród ważnych projektów można wymienić takie projekty jak: 4WARD, Trilogy, FEDERICA, E3, SARDANA, EIFFEL, EFIPSANS, SLA@SOI, itd. Również, w tym obszarze realizowanych jest wiele projektów w USA. Należy oczekiwać, iż w 2009 roku zostanie uruchomionych dalszych 30 podobnych projektów UE. Problemy Internetu Przyszłości są obecnie tematem wiodącym licznych konferencji międzynarodowych.

Tematyka szerokopasmowego dostępu do sieci stałej, w tym Internetu była i jest przedmiotem wielu projektów finansowanych przez UE oraz realizowanych w ramach grup badawczych IEEE.

W zakresie systemów światłowodowych zaliczyć do nich można:

- (2004-2008) NEMO „Network of Excellence in MicroOptics” – wstępne prace poświęcone modelowaniu i badaniom własności nieliniowych światłowodów fotonicznych, w tym aktywnych (udział IŁ, PW);
- (2006-2010) COST 299 „Optical Fibres for New Challenges Facing the Information Society” (IŁ);
- (2003-2008) „Elementy i moduły optoelektroniczne do zastosowań w medycynie, przemyśle” (udział PW);
- (2008-2011) „Usługi i sieci teleinformatyczne następnej generacji. Aspekty techniczne, aplikacyjne i rynkowe” – projekt badawczy zamawiany Nr PBZ MNiSW 02/II/2007, koordynowany przez Instytut Łączności (udział: **IŁ, PW, PP, PWr, PG, AGH, NASK, WIŁ**).

W zakresie systemów bezprzewodowych należy do nich zaliczyć:

- 5PR WIND-FLEX (*Wireless Indoor Flexible Modem Architecture*) zajmujący się konstrukcją modemów bezprzewodowych działających w środowiskach wewnątrz budynków w pasmie ISM z zakresu 17 GHz o wysokiej przepływności (udział PP).
- 6PR IP WINNER I, WINNER II (*World Wireless Initiative New Radio*) duży, zintegrowany projekt badawczy zajmujący się propozycją szerokopasmowego uniwersalnego dostępu radiowego do sieci stałej zarówno w środowisku makrokomórkowym jak i mikrokomórkowym (*hot spots*); część związana ze środowiskiem mikrokomórkowym jest ściśle związana z propozycją niniejszego zadania (udział PP).
- CELTIC/EUREKA WINNER+ - kontynuacja projektów WINNER I i II w ramach Inicjatywy EUREKA/CELTIC z udziałem zespołu Katedry Radiokomunikacji PP.
- 6PR STREP URANUS (*Universal Radio-Link Platform for Efficient User-Centric Access*) projekt dotyczący uniwersalnej platformy łącza radiowego dla efektywnego dostępu zorientowanego na użytkownika potrafiącej realizować połączenie zgodnie z wieloma możliwymi standardami dostępu radiowego (udział PP).
- 6PR NoE NEWCOM (*Network of Excellence in Wireless Communications*) oraz 7PR NEWCOM++ – sieci doskonałości skupiające najlepsze ośrodki akademickie z Europy realizujące badania z dziedziny systemów bezprzewodowych (udział PP).

Zakres działań dotyczący zagadnień bezpieczeństwa jest bezpośrednio związany z pracami szeregu projektów europejskich, między innymi zakończonych w ramach FP6:

- OPEN_TC - Open Trusted Computing,
- PRIME - Privacy and Identity Management for Europe,
- SERENITY - System engineering for security and dependability,
- HIDENETS - Highly dependable IP-based Networks and services

oraz realizowanych w ramach FP7:

- MASTER - Managing assurance, security and trust for services,
- AVANTSSAR - Automated validation of trust and security of service-oriented architectures,
- EFIPSANS - Exposing the Features in IP version Six protocols that can be exploited/extended for the purposes of designing/building Autonomic Networks and Services (w tym projekcie bierze udział PW).

Zakres postulowanych działań w dotyczących implementacji IPv6 i Internetu Przyszłości (kwestie wirtualizacji zasobów) będzie oparty na rezultatach prac szeregu projektów europejskich, między innymi IST FP6 PHOSPHORUS, IST FP6 GÉANT2, LION, NOBEL 1, NOBEL 2, e-Photon/One, e-Photon/One+, BONE czy SmoothIT. Wiedza wyniesiona z wyżej wymienionych projektów oraz zestaw prototypów (większość dostępna na podstawie licencji typu open source) pozwolą na stworzenie wspólnej platformy implementacyjnej.

Zastosowania Internetu Przyszłości

Sieci domowe i samochodowe

Proponowane prace badawcze nawiązują do wyników badań obejmujących projekty:

- Projekt badawczy rozwojowy N R02 0027 04 „NetRadio - system nadawania w szerokopasmowym Internecie indywidualnie profilowanych kanałów radiowych z wieloma metodami dostępu”
- Projekt celowy 6 T11 067 2001 C-5677 „System udostępniania sygnału audiowizualnego w Polskim Internecie Optycznym w sposób zapewniający realizację telewizji interaktywnej” (2002-2007)
- Projekt badawczy 3 T11C 023 30 „Mechanizmy usług atomowych dla rozproszonych bibliotek cyfrowych”
- Projekt badawczy europejski Qualipso - Quality Platform for Open Source Software

Ponadto zakres proponowanych badań wiąże się w różnym stopniu z projektami europejskimi 6. i 7. Programu Ramowego:

- The smart-vehicle (SMART-VEI) – wyniki tego projektu zostaną wykorzystane w procesie analizy sposobów integracji sieci samochodowych;
- Open pervasive environments for migratory interactive services (OPEN) - doświadczenia projektu będą wykorzystane do opracowania mechanizmów kompozycji nowych usług z wykorzystaniem usług podstawowych oraz opracowaniu nowych modeli interakcji użytkownika z otoczeniem;
- Self-optimisation and self-configuration in wireless networks (SOCRATES) - projekt wiąże się z automatycznym odkrywaniem i komunikacją między

- urządzeniami powszechnego użytku w otoczeniu człowieka;
- Integrating the physical with the digital world of the network of the future (SENSEI) - projekt wiąże się opracowaniem mechanizmów udostępniania usług aplikacjom i użytkownikom zewnętrznym;
 - Resources and services virtualisation without barriers (RESERVOIR) - doświadczenia z projektu mogą być wykorzystane w zadaniach dostarczania usług w modelu E2E;
 - Home Gigabit access (OMEGA) - celem projektu jest stworzenie pilotowej sieci domowej nowej generacji;
 - HYDRA – opracowani warstwy middleware pozwalającej na komunikację z urządzeniami otoczenia poprzez spójny interfejs kontroli i odczytu danych.

Sieci e-zdrowie

Proponowane prace badawcze nawiązują do wyników badań prowadzonych między innymi w ramach projektów:

- Projekt POIG-1.1-3 pt. „WROVASC – Zintegrowane Centrum Medycyny Sercowo-Naczyniowej we Wrocławiu”, 2007-2013 (Wojewódzki Szpital Specjalistyczny we Wrocławiu);
- Projekt badawczy MNiSzW nr N518 019 32/1421 pt. „Sterowanie zręcznie bioprotezą dłoni poprzez rozpoznawanie intencji pacjenta na podstawie analizy sygnału EMG z wykorzystaniem złożonych metod klasyfikacji”, 2008-2011;
- Projekt badawczo-rozwojowy MNiSzW R13 007 03 pt. „Telemetryczny system wczesnego ostrzegania dla oddziałów szpitalnych”, 2007-2010;
- Projekt badawczy MNiSzW „Komputerowe metody fuzji informacji dla zadań rozpoznawania obiektów i eksploracji danych” (2006-2009);
- Projekt badawczy MniSzW „System usług telemedycznych na potrzeby praktyk lekarzy rodzinnych” 2000-2002;
- Projekt pn. „Wielkopolskie Centrum Telemedycyny” (realizacja koncepcji Medycznej Biblioteki Cyfrowej dla regionalnego systemu telekonsultacji medycznych);
- Projekt badawczy MniSzW „Opracowanie modelu bronchoskopowego systemu nawigacyjnego opartego na analizie obrazów endoskopowych i wirtualnych” (lata 2004-2006);
- Projekt badawczy „BRONCHOVID – Zintegrowany system wspomagający diagnostykę badań bronchoskopowych przez cyfrową archiwizację, semantyczne porządkowanie zapisów wizyjnych, wykrywanie i wyszukiwanie treści istotnych diagnostycznie oraz interaktywną wizualizację z użyciem danych tomografii komputerowej” (lata 2007 – 2010);
- Projekt Komisji Europejskiej „VECTOR: Versatile Endoscopic Capsule for gastrointestinal TumOr Recognition and therapy” (lata 2006-2010);
- Projekt badawczy MNiSzW „Zastosowanie zaawansowanych metod obrazowych w inwazyjnej diagnostyce pulmonologicznej” (lata 2003-2006);
- Projekt EPSRC, UK „Engineering and Computational Science for Oncology Network (ECSO)” (lata 2007 – 2008);
- Projekt badawczy MNiSW, pt. „Zaawansowane usługi telemedyczne oraz telediagnostyczne”, (lata 2001 – 2002);
- Projekt Komisji Europejskiej 5PR IST-2001-38626, pt. „PRO-ACCESS,

Poprawa dostępności krajów stowarzyszonych z UE do zaawansowanych aspektów telematyki medycznej”, (lata 2001 – 2004);

- Projekt PHARE SCI-TECH PL9611/03.01, pt. „Krakowskie Centrum Telemedycyny i Medycyny Zapobiegawczej (Telemedicine and Preventive Medicine)”, (lata 2001 – 2004).

Internet 3D, kino cyfrowe, UHD

Postulowane prace badawcze byłyby kontynuacją i uzupełnieniem badań obejmujących „ICT na rzecz treści, kreatywności i indywidualnego rozwoju: nowe modele mediów i nowe rodzaje treści, uczenie wspomagane technologią” - 7 Program Ramowy.

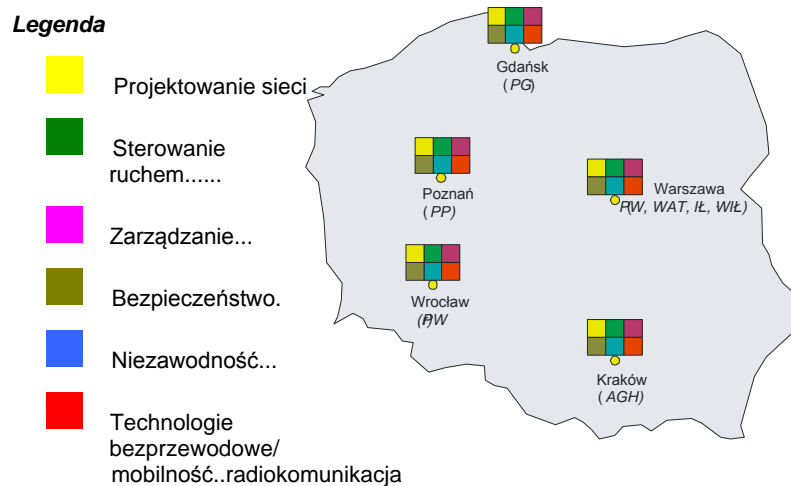
Sieci edukacyjne i społecznościowe

Proponowane prace badawcze wiążą się z przytoczonymi poniżej przykładowymi projektami:

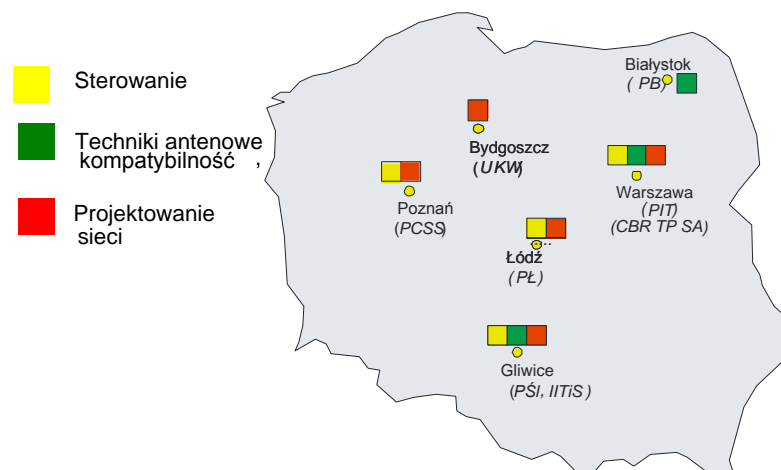
- Projekt „Nowe technologie informacyjne dla elektronicznej gospodarki społeczeństwa informacyjnego oparte na paradygmacie SOA” (POIG.01,03.01-00-008/08) finansowany ze środków Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka na lata 2007-2013;
- Projekt “Nature inspired Smart Information Systems”, 2005-2008, Future and Emerging Technologies, IST Programme (6th Framework Programme - “Information Society Technologies”);
- Projekt badawczy MniSzW „Metoda wyznaczania pozycji węzła w sieci użytkowników Internetu”, 2008-2009;
- Projekt badawczy MniSzW „Usługi i sieci teleinformatyczne następnej generacji – aspekty techniczne, aplikacyjne i rynkowe” (2007- 2010);
- Projekt badawczo-rozwojowy „Rozwój platformy komunikacji multimedialnej integrującej infrastrukturę IP (VoIP) z sieciami abonentów mobilnych (GSM, WiFi) i stacjonarnych (PSTN, ISDN) na potrzeby niezawodnych i wydajnych aplikacji rozproszonych”, 2007-2009.

Poza opisanym wyżej projektem FEDERICA, problemy badawcze związane z sieciami edukacyjnymi i społecznymi pokrywają się z celami i założeniami europejskiego projektu: CHALLENGERS - Support Action on CHALLENGES in gRidS (Sixth Framework Programme Priority IST 2005 2.5.4 Advanced Grid Technologies, Systems and Services, <http://challengers-org.eu/>). Projekt CHALLENGERS jest ukierunkowany na poszukiwanie rozwiązań pozwalających na upowszechnienie praktycznych zastosowań nowoczesnych architektur sieciowych (GRID) ze szczególnym uwzględnieniem aspektów biznesowych i wdrożeniowych.

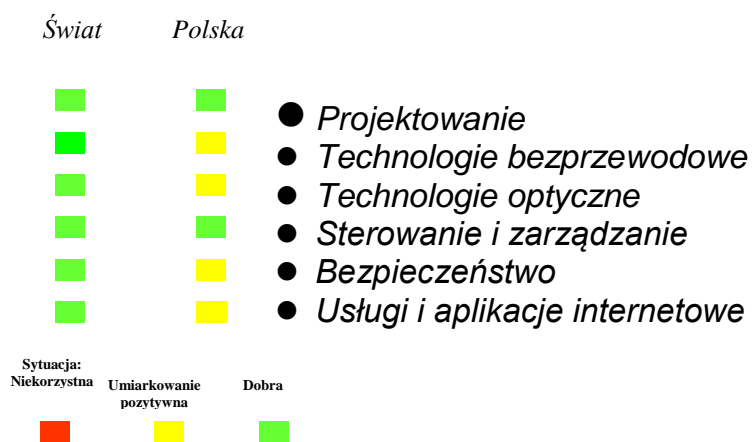
Sformułowane powyżej zadania są i będą wielkim wyzwaniem dla krajowych grup badawczych. Zaprezentowane prace, realizowane przez wiodące zespoły krajowe wydają się być dobrą rekomendacją do podjęcia przez nie zaawansowanych prac badawczo - rozwojowych i implementacji uzyskanych wyników. Przykładowe miejsca lokalizacji oraz kompetencje takich grup ilustrują graficznie Rysunki 4-7.



Rys. 4 Wiodące krajowe ośrodki badawcze w zakresie telekomunikacji



Rys. 5 Inne znaczące krajowe ośrodki badawcze związane z telekomunikacją



Rys. 6 Polska a świat, w wybranych obszarach badawczych związanych z teleinformatyką



Rys. 7 Wybrane obszary badań i wdrożeń – prognozy dla świata (kraje wysoko rozwinięte) i Polski

7. Polityka sektorowa dla Polski

Od kilku już lat w rozwoju gospodarki polskiej obowiązują teoretycznie zasady związane ze Strategią Lizbońską. Odzwierciedlone one zostały w postaci celów w kilku dokumentach wytyczających kierunki rozwoju Polski nawet do roku 2020. Działania objęte niniejszym dokumentem są odwzorowaniem celów i dróg rozwojowych sprecyzowanych w:

1. Narodowym Planie Rozwoju,
 2. Założeniach Polityki Naukowo Badawczej do 2020 roku
- oraz
3. Krajowym Programie Badań Naukowych i Prac Rozwojowych.

Z uwagi na znaczenie sygnalizowanych w opracowaniu prac badawczo-rozwojowych dla całego kraju odniesień do Regionalnych Strategii Innowacji nie uwzględniono. Dokumenty te, w swojej treści, odwzorowują bowiem uznane dla regionów cele i drogi rozwojowe określone w wymienionych wyżej dokumentach krajowych.

Celami głównymi, wymienionymi w Narodowej Strategii Rozwoju (a także Narodowych Strategicznych Ramach Odniesienia) są:

1. wzmocnienie konkurencyjności regionów i przedsiębiorstw oraz wzrost zatrudnienia.
2. podniesienie poziomu spójności społecznej, gospodarczej i przestrzennej.

Cele te przekładają się na cel strategiczny sformułowany następująco:
przedsiębiorczość i innowacyjność rozumiane jako tworzenie nowych obszarów aktywności gospodarczej, zwiększanie efektywności i produktywności istniejących form gospodarowania, kreowanie postaw innowacyjnych w społeczeństwie oraz włączanie nauki w rozwój gospodarczy.

Rozwój Polski odbywa się w warunkach rosnących współzależności międzynarodowych. Gospodarkę światową cechują przemiany o dużej intensywności i fundamentalnym znaczeniu dla przyszłej sytuacji gospodarczej naszego kraju. I tu dochodzimy do istoty realizacji strategii narodowej przez wdrażanie działań związanych z gospodarką opartą na wiedzy (GOW). Ten typ gospodarki cechuje się szybkim rozwojem takich dziedzin gospodarki, które związane są z przetwarzaniem informacji i rozwojem nauki. Szczególnie dotykając gałęzi przemysłu zaliczanych do tzw. wysokiej techniki, a także technik i usług społeczeństwa informacyjnego. Gospodarkę opartą na wiedzy utożsamia się również z najwyższym poziomem rozwoju i upowszechniania technik informacyjnych i komunikacyjnych, a nawet - z cywilizacją informacyjną w najszerszym tego słowa znaczeniu. Wiedza i informacja są głównymi nośnikami GOW oraz stanowią źródło przewagi konkurencyjnej większości przedsiębiorstw. Szansą na poprawę pozycji konkurencyjnej Polski w Europie i w świecie jest rozwój nauki, jako podstawowego instrumentu zwiększania zasobów wiedzy, właściwe wykorzystanie jej efektów oraz budowanie społeczeństwa kreatywnego i przedsiębiorczego, a w dalszej perspektywie - społeczeństwa informacyjnego. Realizacja postulowanych prac badawczych i wdrożeniowych przyczyni się niewątpliwie do :

1. zapewnienie rozwoju systemów informatycznych używanych do przetwarzania i wyszukiwania informacji poprzez:
 - konwergencję usług telekomunikacyjnych i informatycznych;
 - osiągnięcie faktycznej powszechności dostępu do Internetu;
2. zgodności ze światowymi trendami, w tym z priorytetami badawczymi UE – Future Internet (7PR),
3. częściowej komercjalizacji wyników i efektywnego wykorzystania szans na rynkowe upowszechnienie (transfer technologii do gospodarki) wiedzy.

Jako jeden z trzech priorytetów naukowych prezentowanych w założeniach polityki naukowo badawczej jest grupa INFO uwzględniająca następujące kierunki rozwoju:

- inżynieria oprogramowania, wiedzy i wspomagania decyzji,
- sieci inteligentne, telekomunikacyjne i teleinformatyczne nowej generacji,
- optoelektronika,

z których właśnie drugi jest elementem postulowanych prac badawczo - rozwojowych.

Poprzez integrację wielu środowisk naukowych w Polsce oraz nietypowej organizacji (cele i zadania – mogłyby być realizowane przez grupy robocze składające się z różnych jednostek naukowo badawczych) zostaną zdobyte doświadczenia mogące znaleźć pełne wykorzystanie przy „budowie Europejskiej Przestrzeni Badawczej (ERA)”.

Postulowane prace badawcze wpisują się w cele Krajowego Programu Badań Naukowych i Prac Rozwojowych w zakresie:

- rozwoju wykorzystania technologii informatycznych w humanistyce i naukach społecznych;
- rozwoju wykorzystania technologii informatycznych w naukach inżynierskich

technicznych oraz naukach o życiu.

- budowy zintegrowanego systemu wiedzy umożliwiającego akwizycje wiedzy z rozproszonych i heterogenicznych danych; rozwój systemów baz wiedzy dla przechowywania i przetwarzania wiedzy; rozwój aplikacji i usług wykorzystujących dostępne bazy wiedzy.

Mogą być one osiągnięte przez realizację działań w obszarach badawczych:

1. „społeczeństwo w warunkach bezpiecznego, przyspieszonego i zrównoważonego rozwoju społeczno-gospodarczego” w zakresie
 - zaawansowanych technologii informatycznych w humanistyce. opracowanie i wdrożenie nowych rozwiązań obejmujące opracowanie i wdrożenie metody trwałego przechowywania licznych plików o dużych rozmiarach - skorelowanych z kierunkiem technologicznej
 - trajektorii przyspieszonego i zrównoważonego rozwoju (a szczególnie poprzez wspieranie roli i dostępności wiedzy we współczesnym społeczeństwie)
 - ekonomicznych, społecznych i technologicznych aspektów bezpieczeństwa Polski (w tym szczególnie przez zapewnianie dostępu do nowych technologii)
2. „nowoczesne technologie dla gospodarki”, a w szczególności „technologie informacyjne” z zakresu:
 - zaawansowanych technologii telekomunikacyjnych i systemów informatycznych dla budowy zintegrowanych platform obsługi nowoczesnego państwa i społeczeństwa;
 - rozwoju metod i narzędzi komunikacji człowiek – komputer;
 - konstrukcji niezawodnych i bezpiecznych systemów informatycznych;
 - wdrażania nowych metod i narzędzi elektronicznej komunikacji społecznej, w tym nowej generacji interaktywnych mediów cyfrowych,
 - rozwoju metod i narzędzi dla powszechnej cyfryzacji zasobów informacji,
 - wprowadzania technologii inteligentnych systemów przetwarzania danych i wspomagania decyzji.

Cele i zadania proponowane do realizacji są całkowicie zbieżne z celami rozwoju wytyczonymi zarówno dla nauki jak i gospodarki polskiej w zakresie do 2020 roku.

Są one także w dużej mierze zgodne z założeniami programu *Foresight „Polska 2020”*. Związana z tym programem publikacja wyników badania eksperckiego Delphi NPF Polska 2020 dostępna jest na stronie:

http://www.foresight.polska2020.pl/mis/pl/wyniki_delphi.html

8. Uwagi końcowe

Powyższy fragmentaryczny przegląd prac badawczych oraz kierunków i tendencji w rozwoju teleinformatyki może sugerować znaczny potencjał badawczy Polski, szczególnie w zakresie możliwości (jeszcze niewykorzystanej!) aktywnego udziału w międzynarodowych programach badawczych, a w szczególności w ramach europejskich Programach Ramowych. Należy jednak pamiętać, że programy ramowe UE nie mają charakteru badań podstawowych (ich wspieranie, to zasadniczo obowiązek poszczególnych państw) – są to programy wspierające rozwój gospodarczy.

Należy stwierdzić, że dotychczasowy udział zespołów badawczych w programach międzynarodowych, projektach PBZ, grantach, itd. nie przekłada się w dostatecznym stopniu na rozwój gospodarczy Polski.

Ciągle brakuje właściwej polityki państwa, która stymulowałaby powiązania sfery badawczej z gospodarczą, a w szczególności:

- zachęt dla dużych przedsiębiorstw (np. podatkowych),
- dostatecznego wsparcie dla małych i średnich przedsiębiorstw oraz oddolnych inicjatyw innowacyjnych.

Przedłożony ostatnio pakiet ustaw dotyczących nauki również niewiele w tej kwestii zmienia. W każdym razie środowiska badawcze nie zauważają przełomu. Trudno więc liczyć na to, że Polska przestanie się znajdować na odległym miejscu wśród krajów UE i OECD pod względem innowacyjności gospodarki.

Postulowane w opracowaniu badania wydają się być celowe i dobrze osadzone w realiach badań światowych i europejskich. Ich realizacja, przez duże zespoły, o znacznym doświadczeniu może dostarczyć ciekawych wyników praktycznych, sprzyjając jednocześnie zmianie niezbyt korzystnego wizerunku naszego udziału w badaniach światowych.

9. Bibliografia

1. Krawczyk H., Woźniak J.: Synergia i konwergencja podstawą rozwoju nowoczesnych technologii informacyjnych. Zesz. Naukowe Wydz. ETI P. Gdań. 2004 nr 3, Technologie Informacyjne nr 3 s. 19-36, 6 rys. bibliogr.12 poz.
2. Kućmierz W.: Tendencje techniczne i ekonomiczne rozwoju technologii mikroelektronicznych i ich zastosowań. Opracowanie dla Departamentu Strategii Gospodarczej Ministra Gospodarki R.P. Warszawa, 1997.
3. Ruszczyk Z.: Internet w biznesie. Gdańsk, 1997.
4. Węglarz J. I inni: Cele i kierunki rozwoju społeczeństwa informacyjnego w Polsce. Opracowanie dla KBN i Ministra Łączności, Warszawa, 1999.
5. Węgrzyn S.: Nanosystemy informatyki. IiIS – PAN. Gliwice, 1999. Fundacja Postępu Telekomunikacji, Kraków, wyd. II 2000.
6. www.future-internet.eu
7. http://www.foresight.polska2020.pl/mis/pl/wyniki_delphi.html
8. InternetWorldStats.com
9. Megapanel PBI/Gemius