

# Strategia informatyzacji nauki

Jan Węglarz  
Andrzej P. Wierzbicki

## 1. Komputery i sieci komputerowe jako czynnik nowej cywilizacji

Od czasu konstrukcji pierwszych komputerów miały one bardzo różnorodne zastosowania. Komputery były traktowane jako maszyny liczące dla wielu zastosowań (zarządzanie wojskowe czy cywilne, analizy ekonomiczne itp.), jako podstawowy czynnik automatyzacji sterowania złożonych procesów (umożliwiający np. rozwój technologii kosmicznej czy lotniczej), ale także jako jedno z podstawowych narzędzi badawczych nauki.

Te różne zastosowania komputerów rozszerzyły się dziś tak znacznie, że trudno nawet o ich pobieżny przegląd w krótkim referacie. Należy jednak podkreślić, że od prawie dwudziestu lat obserwujemy jakościową zmianę roli komputerów w nowoczesnym społeczeństwie. Stopniowo, wraz z potaniem technologii komputerowej, umasowieniem komputerów osobistych, wreszcie z rozwojem komunikacji sieciowej między komputerami, komputery przenikają do wszelkich dziedzin życia gospodarczego, społecznego, naukowego i kulturalnego. Zmiany tym spowodowane mają taki zakres i potencjał, że można mówić o nowej cywilizacji informatycznej, o przełomie cywilizacyjnym porównywalnym czy nawet większym, niż wynalazek i umasowienie druku.

Po pierwsze, tanie a miniaturowe mikroprocesory zmieniają w zasadniczy sposób konstrukcję i technologię produkcji narzędzi, maszyn i urządzeń wykorzystywanych powszechnie przez człowieka - od zegarków, pralek i maszyn do pisania, poprzez samochody czy samoloty (w tych ostatnich, koszt cyfrowych urządzeń sterujących dominuje dziś nad kosztem części mechanicznych), do robotów i rozproszonych, ale sieciowo zintegrowanych systemów automatyzacji, sterowania i wspomaganie decyzji w zakresie projektowania i technologii produkcji. Można powiedzieć, że to tylko przełom technologiczny - ale już sam ten przełom jest tak głęboki, że bez głębokiej wiedzy w zakresie informatyzacji nie jest dziś możliwa intensyfikacja rozwoju gospodarczego.

Po drugie, potanie i połączenia sieciowe komputerów spowodowały również głęboki przełom w zakresie informatyzacji zarządzania. Komputer wraz z odpowiednim oprogramowaniem, zaczynając od edytorów tekstu i arkuszy kalkulacyjnych, poprzez rozmaite warianty baz danych aż do złożonych systemów wspomaganie decyzji, z sieciowym dostępem do większych zasobów

Informatyka - jako nauka o teorii, budowie i oprogramowaniu komputerów - jest czynnikiem współtworzącym ten przełom cywilizacyjny. Jednakże, co naturalne w warunkach szybkiego i żywiołowego rozwoju, często nie może narzążyć za potrzebami przełomu, który sama wywołała. Na przykład, zapotrzebowanie na specjalistów w różnych dziedzinach zastosowań komputerów jest tak duże, że informatyków nie wystarcza. Pojawiają się zatem próby racjonalizacji takiego stanu rzeczy poprzez postulaty, aby informatykę oddzielić od jej zastosowań i ograniczyć do badań podstawowych. Z drugiej strony, dylematy relacji pomiędzy badaniami podstawowymi a ich zastosowaniami są w dużej mierze wspólne dla wszystkich dziedzin nauki i doświadczenia w tym zakresie wskazują raczej na bezpłodność prób ich oddzielenia. Inny przykład: komunikacja sieciowa i rozwój technologii komputerów wieloprocesorowych wskazują dziś na znaczenie algorytmów i metod obliczeń rozproszonych, współbieżnych, równoległych; ale brak jest jak dotąd ogólnej teorii takich algorytmów. Jeszcze inny przykład to kwestia relacji pomiędzy automatyzacją decyzji w oparciu o metody automatycznego wnioskowania, sztucznej inteligencji i logicznej inżynierii wiedzy z jednej strony, a wspomaganie decyzji w oparciu o bogatszy zestaw innych, choć często mniej precyzyjnych modeli i metod ze strony drugiej. Badania teoretyczne informatyki w naturalny sposób ciągną ku zagadnieniom tak rozumianej automatyzacji decyzji; praktyka wspomaganie decyzji i przesłanki teoretyczne z innych dziedzin wskazują raczej na to, że intuicja ludzka jest - jak dotąd - niezastąpiona a nawet nieformalizowalna logicznie, a zatem ważniejsze jest raczej komputerowe wspomaganie decyzji, niż ich automatyzacja. Takie paradoksy i dylematy, typowe dla informatyki światowej, przejawiają się oczywiście też w rozwoju informatyki polskiej, która ma poważne tradycje - zwłaszcza w zakresie badań podstawowych - i liczącą się pozycję światową.

## 2. Trendy światowe

Podsumowując rozważania przedstawione w p. 1 można powiedzieć, że jednym z najważniejszych elementów wizji świata 21. wieku jest rynek informacyjny obejmujący wszystkie dziedziny życia. Obsługa tego rynku wymaga przelazowania i przesyłania różnych mediów informacyjnych, takich jak dane, teksty, obrazy, głos itd. Ze względu na rozproszony charakter zastosowań i przemieszczanie się odbiorców informacji, szczególnego znaczenia nabiera przesyłanie informacji wielomedialnej. Wymaga to zastosowania zaawansowanych technik telekomunikacyjnych, a także metod i środków techniki komputerowej. Widać więc, że docelowa infrastruktura informatyczna powinna charakteryzować się pełną integracją techniki komputerowej i

telekomunikacyjnej. Oczekuje się, że infrastruktura ta będzie powszechnie dostępna, łatwa w użyciu i różnorodnie wykorzystywana. Uzasadnia to znaną tezę, że infrastruktura informatyczna, podobnie jak inne infrastruktury (np. komunikacyjna) podnosi konkurencyjność państwa. Zatem każda sensowna inwestycja w tę infrastrukturę ma znaczenie strategiczne.

Obserwując aktualne trendy światowe w zakresie sprzętu komputerowego, sieci komputerowych i technologii przetwarzania można zauważyć, że znajdujemy się u progu rewolucji prowadzącej do pełnej integracji techniki komputerowej i telekomunikacyjnej. Uzasadnimy krótko tę obserwację. Zaczniemy od tego, że w technologii mikroprocesorów osiągnięto swoiste "granice wzrostu". Granice miniaturyzacji i szybkości działania mikroprocesorów w technologii krzemu zostały dziś praktycznie osiągnięte. Technologia arsenku galu daje pewne przyspieszenie, ale nie zapewnia zmian jakościowych. Technologie optoelektroniczne mogą w przyszłości zapewnić zmiany jakościowe w zakresie miniaturyzacji i szybkości działania mikroprocesorów, jednak czas niezbędnych prac badawczych w tym zakresie można szacować raczej na dekady niż lata. W rezultacie, wprowadzana dziś na rynki światowe generacja supermikroprocesorów - od mikroprocesora Alpha do całego szeregu rozwiązań z nim konkurujących - ma wprawdzie parametry odpowiadające superkomputerom sprzed kilku lat (moc obliczeniową szacowaną na 200-500 Mflops) ale trudno się spodziewać, aby w najbliższej dekadzie nastąpiła jakościowa zmiana tych parametrów w stosunku do pojedynczego mikroprocesora. Stąd też w zakresie sprzętu komputerowego widoczna jest tendencja do zwiększenia szybkości obliczeń przez zastosowanie architektur równoległych, umożliwiających wykorzystanie równoległości na poziomie pętli i podprogramów, i na poziomie dostępu do dużych struktur danych. Architektury te mogą być realizowane w formie scentralizowanej lub rozproszonej. Z tego powodu tradycyjne superkomputery wektorowe, obsługujące aktualnie ok. 90% zapotrzebowania na obliczenia dużej mocy, będą stopniowo zastępowane systemami o masowej i skalowalnej równoległości oraz wysoko wydajnymi sieciami lokalnymi łączącymi stacje robocze w "grona" lub "farmy". Równocześnie wzrost mocy procesorów superskalarnych z przetwarzaniem potokowym, zastosowanych w architekturach wieloprocessorowych symetrycznych i niesymetrycznych, umożliwia konstruowanie wysoko wydajnych, specjalizowanych serwerów: obliczeń skalarnych, baz danych, graficznych, plików sieciowych itd. Ich dostępność w sieciach lokalnych pozwala realizować efektywne przetwarzanie rozproszone według modelu klient-serwer. Stacje robocze klientów będą niedługo dysponowały dużymi możliwościami w zakresie mocy (rzędu 1000

MIPS), pamięci (rzędu 1000 MB) i obrazowania (rzędu 1000 Mpixels), stając się pełnowartościowym partnerem serwerów. Również komputery osobiste oferować będą dużą moc przetwarzania, w tym także wielomedialnego. W najbliższej przyszłości rozwiną się i znacznie upowszechnią komputery przenośne, wraz z ich najprostszymi formami w postaci notatników i plakietek elektronicznych, co łącznie z rozwojem bezprzewodowych sieci łączności komputerowej, postawi wyzwanie przed programistami, którzy będą zmuszeni dostosować oprogramowanie do obsługi przemieszczającego się użytkownika.

W powyższych rozważaniach w wielu miejscach pojawiają się sieci komputerowe, bez nich bowiem rozwój technik komputerowych traci sens. Aby sprostać wymaganiom obliczeń rozproszonych i wielomedialnych, technologia sieci ulega gwałtownym przeobrażeniom. Sieci rozległe (WAN), wykorzystujące technikę światłowodową, koncepcję sieci synchronicznych i komutacji ATM zmierzają w kierunku szerokopasmowych sieci z integracją usług (B-ISDN) i szybkości przesyłania rzędu setek Mb/s i pojedynczych Gb/s.

W najbliższym czasie znacznie rozpowszechnią się sieci miejskie (MAN), aby w końcu lat dziewięćdziesiątych oferować szerokopasmowe usługi oparte na technologii ATM z szybkościami jak w sieciach rozległych. Ulegną również rekonstrukcji lokalne sieci komputerowe (LAN) w kierunku zwiększenia możliwości przesyłania informacji wielomedialnej. Z jednej strony rozwój ten musi uwzględniać istniejącą, dosyć powszechną strukturę tych sieci, co prowadzi do koncepcji sieci z dedykowanymi segmentami. Z drugiej strony natomiast, ograniczenia techniczne w zakresie dużych szybkości przesyłania i nowych technologii sieci najłatwiej są pokonywane w sieciach lokalnych, co prowadzi do szybkiego ich wdrożenia i dostępności.

Ukazany powyżej kierunek rozwoju sieci komputerowych, wraz z jednoczesnym upowszechnieniem i rozwojem sieci bezprzewodowych, pozwala zauważyć, że w niedalekiej przyszłości dokona się zmiana tradycyjnych sposobów przesyłania informacji wielomedialnej - będzie ona przesyłana w sieciach kablowych (LAN, MAN, WAN), podczas gdy dane komputerowe - w sieciach bezprzewodowych.

Ważnym elementem rozwoju sieci komputerowych jest zapewnienie ich powszechności (podobnie jak sieci telefonicznej czy energetycznej) - wymaga to połączenia sieci z różnych poziomów hierarchii w jeden światowy system sieci (tzw. sieć sieci). Połączenie wzajemnie wielu różnych sieci jest możliwe dzięki standaryzacji usług i

Choć inwestycje w rozbudowę szybkich sieci miejskich mają zdecydowany priorytet, Komitet Badań Naukowych postanowił też równolegle wszcząć inwestycje w komputery dużej mocy obliczeniowej, usytuowane w miejskich środowiskach naukowych. Na podstawie wieloetapowej i wielokryterialnej oceny wniosków środowiskowych wytypowano jako pierwsze dla tych inwestycji środowiska naukowe Krakowa, Poznania i Warszawy. Po zbadaniu wstępnych ofert kilku światowych firm komputerowych wytypowano także do negocjacji szczegółowych firmy CONVEX i CRAY. Przewodniczący KBN powołał specjalny zespół negocjacyjny dla przeprowadzenia tych negocjacji. Zespół ten działa w ścisłym porozumieniu z przedstawicielami zainteresowanych środowisk, starając się jednak uzyskać jednolicie korzystne warunki zakupu dla wszystkich środowisk.

Celem zakupów komputerów dużej mocy obliczeniowej dla głównych środowisk naukowych w Polsce jest podniesienie kultury obliczeń naukowych poprzez bezpośredni dostęp do nowoczesnego sprzętu, a przede wszystkim oprogramowania (wektorowego, równoległego itp.). Stąd też sama moc obliczeniowa zakupowanego sprzętu, choć istotna, jest jednak drugorzędna wobec różnorodności oprogramowania, uwzględnienia tendencji rozwojowych architektury komputerów oraz zapewnienia współpracy polskich środowisk naukowych ze światowymi pracami rozwojowymi w tym zakresie. Wszystkie te cele były uwzględniane w negocjacjach KBN ze światowymi firmami komputerowymi; pierwsze umowy są już w stadium realizacji.

Podkreślmy, że zakupy komputerów dużej mocy obliczeniowej w firmach CONVEX i CRAY nie wyczerpują, a nawet nie stanowią głównej części finansowanych przez KBN inwestycji w rozbudowę infrastruktury sieciowo-komputerowej. Większe sumy przeznaczane są na osprzęt sieciowy oraz - w przyszłości - także na wyposażenie sieci miejskich w różnorodne serwery środowiskowe. Komitet Badań Naukowych podjął też dalsze inicjatywy, dotyczące zakupu licencji krajowych na oprogramowanie oraz tworzenia i utrzymania baz danych o zasięgu krajowym.

W latach 1994 i 1995 przewidywana jest kontynuacja, a nawet intensyfikacja tych inicjatyw. Komitet Badań Naukowych przewiduje pełniejsze określenie kompetencji środowiskowych rad użytkowników i jednostek wiodących w zakresie infrastruktury sieciowo-komputerowej celem ustalenia zasad dofinansowania nie tylko inwestycji, lecz także użytkowania i utrzymania (np. w ramach tzw. Specjalnych Urzędzeń Badawczych) sieci miejskich, komputerów dużej mocy obliczeniowej i

serwerów w tych sieciach, baz danych o zasięgu środowiskowym i krajowym, licencji oprogramowania itp.

#### 4. Koncepcja sieci miejskich

Realizacja przedstawionej w poprzednich punktach potrzeby budowy infrastruktury informatycznej nauki w Polsce wymaga dużych nakładów inwestycyjnych. Z tego powodu proces budowy tej infrastruktury jest realizowany etapami, z uwzględnieniem stopnia przygotowania ( od strony naukowej, technicznej i organizacyjnej) poszczególnych środowisk. Realizując ten postulat dolinansowano rozwój sieci miejskich w wybranych ośrodkach i zakupiono sprzęt superkomputerowy dla trzech z nich. Należy tu podkreślić, że dostęp do zaawansowanych zasobów obliczeniowych jest jednym z ważnych celów budowy sieci miejskich. Dostęp ten powinien charakteryzować się parametrami (duża przepustowość, małe opóźnienie) umożliwiającymi tworzenie skutecznych systemów przetwarzania rozproszonego. Przetwarzanie to docelowo powinno obejmować różne media informacyjne (dane, głos, obraz), co wymaga m.in. szerokopasmowych usług komunikacyjnych. Ponadto cechą charakterystyczną wielu jednostek naukowych i badawczych jest ich rozproszenie geograficzne, z czego wynika potrzeba połączenia odpowiednich lokalnych sieci komputerowych. Powinna przy tym obowiązywać zasada, że urządzenia MAN nie filtrują ruchu lokalnego użytkowników posiadających własne zasoby lokalne. Jest to istotne również w świetle wspomnianej już tendencji budowy sieci lokalnych jako zbiorów segmentów dedykowanych dla jednego stanowiska, co ma oczywisty związek z niezawodnością MAN.

Sieci miejskie mogą być budowane z wykorzystaniem techniki FDDI (Fiber Distributed Data Interface), DQDB (Distributed Queue Dual Bus) i SMDS (Switched Multimegabit Data Service) oraz techniki ATM (Asynchronous Transfer Mode).

Sieci FDDI występują jako MAN w USA i są utrzymywane przez prywatnych operatorów (np. firma Metropolitan Fiber Systems Inc.). Połączenia tych sieci z sieciami lokalnymi stanowią mosty i/lub węzły międzysieciowe, do których dołącza się urządzenia lokalne użytkowników. Koszt węzła międzysieciowego waha się w granicach 25-50 tys. \$. Sieć oferuje szybkość 100 Mb/s.

Sieci miejskie DQDB budowane są w Europie przez administracje telekomunikacyjne. Są one zgodne z firmową wersją (firma QPSX, Australia) zalecenia 802.6. Wymaga to instalowania u użytkowników urządzeń dopasowujących (customer gateway) do niestandardowego bloku danych (69 B). Koszt takiego urządzenia jest rzędu 60 tys. \$. Łączą się one z węzłami MAN kanałami E3 (34 Mb/s) lub E1 (2 Mb/s).

Sieci miejskie SMDS, budowane w USA a ostatnio również w Europie, zapewniają interfejs z użytkownikiem zgodny z zaleceniem IEEE 802.6. Węzeł międzysieciowy użytkownika wyposażony w sterownik SMDS łączy się (interfejs SNI-Subscriber Network Interface) za pośrednictwem urządzenia transmisji cyfrowej (np. Data Service Unit) i kanału E3 (34 Mb/s) lub E1 (2 Mb/s) z węzłem komutującym sieci SMDS. Koszt takiego węzła jest wyższy od 100 tys. \$.

Jeśli chodzi o sieci miejskie ATM, to planuje się ich uruchomienie w niektórych miastach europejskich (np. Sztokholm, Paryż) w 1994 roku. Będą one miały charakter sieci pilotowych. Niewielkie aktualnie rozpowszechnienie tych sieci jest wynikiem braku standardów dla ATM, głównie w zakresie sygnalizacji i zarządzania ruchem dla połączeń międzywęzłowych, a także styku z sieciami rozległymi. Podjęte przez organizację ATM Forum prace doprowadziły do określenia standardów w zakresie interfejsu UNI (User-to-Network Interface) użytkownika z węzłem komutującym ATM. Z tego powodu pojawiły się urządzenia ATM (węzły komutujące i koncentratory przełączające) umożliwiające budowanie lokalnych sieci kręgosłupowych ATM. Pomijając ograniczenia we współpracy urządzeń ATM z różnych firm, technika ATM ma dwie wady:

- brak efektywnego oprogramowania urządzeń ATM i konieczność zmian oprogramowania komunikacyjnego w węzłach ze sterownikami ATM, w celu dopasowania go do wymagań ATM;
- wysokie koszty (koszt przyłącza prawie 5 tys. \$, koszt węzła komutującego od 70 tys. do 100 tys. \$).

Szybkości dostępu użytkownika do węzła komutującego ATM w USA wynoszą 45 Mb/s dla UNI z kanałem DS-3, 100 Mb/s dla UNI z kanałem FDDI, 150 Mb/s dla UNI z kanałem Fiber Channel, 155 Mb/s dla UNI z kanałem OC-3 i planowane 622 Mb/s dla UNI z kanałem OC-12.

Biorąc pod uwagę charakterystyki efektywnościowe omawianych sieci, szczególnie w zakresie przenoszenia ruchu o charakterze izochronicznym, należy zauważyć, że najlepiej ruch ten jest przenoszony przez ATM, a także sieci DQDB, chociaż aktualnie te ostatnie stosowane są głównie do łączenia sieci lokalnych. Sieć FDDI nie nadaje się do przenoszenia ruchu izochronicznego, chociaż w bardzo ograniczonym zakresie można go przekazywać korzystając z synchronicznego trybu transmisji.

Ważnym wymaganiami dla MAN jest możliwość budowania ich etapowo z urządzeniami od różnych dostawców. Aktualny poziom realizacji techniki ATM takiej możliwości nie zapewnia. Sieci DQDB/SMDS są dobrze realizowalne w rozwiniętej strukturze telekomunikacyjnej i zapewniają w ogólności współpracę urządzeń

różnych firm. Osprzęt sieci FDDI jest produkowany przez ponad 40 firm i zapewnia pełne możliwości wzajemnej współpracy.

Z punktu widzenia kosztów najtańsze, zarówno w zakresie inwestycji jak i eksploatacji, są sieci FDDI. Z tego powodu, przy ograniczonych wymaganiach w zakresie usług szerokopasmowych, realizuje się sieci miejskie w tej technice, traktując je jako etap przejściowy do sieci w technice ATM. W związku z tym należy przyjąć odpowiednio elastyczną strukturę topologiczną sieci i sposób jej rozwoju. Ten ostatni winien polegać na ograniczeniu warstwy transmisyjno-komunikacyjnej do sieci połączeń światłowodowych i następnie stopniowym jej rozbudowywaniu o węzły komutacyjne sieci ATM.

Sieci miejskie powinny oferować usługi dostępu do sieci krajowej i sieci zagranicznych, a także zapewniać połączenia wzajemne o odpowiedniej skuteczności, szczególnie ośrodków superkomputerowych. W tym celu w Polsce sieci te mogą korzystać z połączeń z węzłami NASK oraz kanałów transmisyjnych dzierżawionych od różnych operatorów krajowych sieci telekomunikacyjnych, np. TPSA, TELBANK.

## 5. Sieci lokalne

Ważnym składnikiem ogólnej infrastruktury informatycznej są lokalne sieci komputerowe (LAN). Dobrze znane i rozpowszechnione są trzy rodzaje tych sieci: Ethernet (10 Mb/s), Token Ring (4 i 16 Mb/s) i FDDI (100 Mb/s). Sieci te występują zarówno jako kręgosłupowe sieci uczelniane, jak i sieci łączące stanowiska robocze i usługowe. Zaawansowany osprzęt tych sieci umożliwia stosowanie do ich konstrukcji różnych mediów transmisyjnych oraz łączenie różnych segmentów sieci. Skuteczne wykorzystanie LAN umożliwia różnorodne i efektywne oprogramowanie komunikacyjne i zarządzające.

Obserwowany ostatnio logarytmiczny wzrost możliwości obliczeniowych stanowisk roboczych pozwala założyć, że w roku 2000 stanowiska te będą dysponowały mocą rzędu 1000 MIPS-ów. W tej sytuacji należy spodziewać się zmian także w technologii łączących je lokalnych sieci komputerowych. Musi mianowicie wzrosnąć szybkość przesyłania, jak również zdolność ruchu izochronicznego związanego z przesyłaniem wielomedialnym (głównie głosu i obrazu TV). Powstaną więc i upowszechnią się nowe rodzaje sieci spełniających te wymagania. Wśród nich można wymienić: FDDI II (obejmuje transmisję połączeniową z szybkością 100 Mb/s), FFOL (FDDI Follow on LAN - z szybkościami do 2.4 Gb/s), Fibre Channel (z szybkościami 133 Mb/s, 266 Mb/s, 530 Mb/s, 1 Gb/s), High-Speed Token Ring (z szybkościami 64 Mb/s, 100 Mb/s), Isochronous Ethernet (z szybkością



16 Mb/s), Fast Ethernet (100 Mb/s), ATM (25 Mb/s, 55 Mb/s, 155 Mb/s, 622 Mb/s). Pomimo znacznego wzrostu szybkości przyszłych LAN, skuteczna przepustowość sieci na jedną stację jest tylko częścią dostępnej przepustowości ze względu na współdzielenie medium przez wiele stacji. Z tego powodu będą rozwijały się sieci z przelączanymi segmentami dedykowanymi dla jednej stacji. W sieciach tych nawet przy dotychczasowej technologii można uzyskać znaczący wzrost przepustowości na stację.

Wprowadzenie nowych technologii LAN i rozwój sieci o dedykowanych segmentach musi stanowić element stałego procesu rozwoju sieci lokalnych z zachowaniem istniejącej już infrastruktury. W szczególności wymaganie to dotyczy okablowania. Winno ono być realizowane strukturalnie z zastosowaniem skrętki klasy 5 (nieekranowanej lub ekranowanej), co umożliwi przesyłanie w sieci FDDI (do 100 Mb/s) i ATM (do 155 Mb/s), oraz okablowania światłowodowego do połączeń szybszych i międzywęzłowych.

Budowa uczelnianych sieci kręgosłupowych współpracujących z siecią miejską może być finansowana przez MEN, natomiast sieci lokalne współpracujące z sieciami uczelnianymi mogą być finansowane z grantów statutowych i badawczych.

## 6. Wnioski końcowe

Zdajemy sobie sprawę, że wszelkie przewidywanie przyszłości w złożonym a nawet chaotycznym (interpretując ten termin w ścisłym sensie teorii chaosu) świecie współczesnym może mieć jedynie charakter jakościowy. Tym niemniej, inicjatywy w zakresie rozbudowy infrastruktury sieciowo-komputerowej uważamy za jeden z ważniejszych czynników poprawy szans przyszłego rozwoju nauki polskiej - i to nie tylko i nie w pierwszym rządzie informatyki, choć powinna ona też odegrać w tym rozwoju odpowiednią rolę.

Zasadniczym elementem poprawy tych szans jest pełniejsze uczestnictwo całej nauki polskiej - także np. nauk humanistycznych - w informatycznym przełomie cywilizacyjnym, podniesienie komputerowej kultury prac naukowych. Elementy bardziej szczegółowe to uczestnictwo informatyki polskiej w rozwoju oprogramowania sieciowego oraz oprogramowania dla obliczeń rozproszonych czy równoległych; ale takich elementów szczegółowych może być znacznie więcej, zależnie od pełniejszego wykorzystania ogólnych szans.

Pełniejsze włączenie nauki polskiej w informatyczny przełom cywilizacyjny spowoduje także zwiększenie szans edukacyjnych dla całego społeczeństwa, a w następstwie - mamy nadzieję - pozycji Polski w świecie.