

# 1 Nadzieje na przyszłość

Z nadejściem ery informatycznej wiązane są bardzo duże nadzieje. W tym rozdziale spróbuję pobawić się nieco w proroka, chociaż w tej dziedzinie to bardzo ryzykowne zajęcie. Kiedy zaczynałem robić notatki do tej książki spierałem się ze znajomymi informatykami dowodząc, iż z tempa rozwoju wydajności mikroprocesorów widać, że wkrótce komputery centralne a nawet superkomputery nie będą z nimi mogły konkurować. Jeszcze przy końcu lat 80-tych nie wszyscy dostrzegali, że komputery osobiste i stacje robocze to jakościowo nowe narzędzia i model usług informatycznych zmienia się dramatycznie.

Czego możemy się spodziewać już w nadchodzących latach? Nawet takie przepowiednie są ryzykowne, gdyż w ciągu roku pojawić się mogą całe systemy operacyjne lub nowe mikroprocesory bardzo mocno wpływające na rynek. Ken Olsen, jeden z szefów firmy Digital Equipment Corporation (DEC), drugiej co do wielkości firmy komputerowej na świecie, tak powiedział w wywiadzie z 1993 roku:

*... nie przewidzieliśmy, jak to się wszystko potoczy. Zabrakło nam wyobraźni. Ale chyba nie tylko nam. Kto na przykład był w stanie przewidzieć, jak rozwinie się technologia dysków. Gdyby mi ktoś powiedział dwa lata temu, że będą one wyglądały tak, jak wyglądają dziś, uznałbym, że to szalenie. Zresztą tylko szalenie może przewidzieć dziś, co będziemy robić za dwa miesiące.*

Spróbujmy więc zabawić się w szaleńca i puścić wodze fantazji pamiętając o powyższych słowach.

## 1.1 Tuż za rogiem

### *~* **Mikroprocesory**

Obwody scalone podwajają swoją wydajność co 1.5 roku. Liczba nowych, interesujących mikroprocesorów pojawiających się w ciągu roku będzie nadal rosła. Większość nowych procesorów pracuje z częstotściami zegara przekraczającymi 100 MHz i nawet w notebookach pojawiają się takie procesory. PentiumPro, następca Pentium, w ciągu kilku lat ustąpi miejsca 64-bitowemu procesorowi P7. Inne 64-bitowe mikroprocesory, które odegrają znaczną rolę na rynku komputerów przenośnych, stacjonarnych komputerów osobistych, stacji roboczych i wieloprocessorowych systemów komputerowych to: **PowerPC** (IBM, cała rodzina procesorów do wszystkich zadań, w tym wersje 64-bitowe),

**MIPS** (MIPS Computer Systems) stosowane przez Silicon Graphics, **UltraSPARC** (wielu producentów), **PA-RISC** (Hewlett-Packard), procesory **Alpha** (DEC) o częstościach zegara przekraczających 300 MHz.

Wydajność nowych mikroprocesorów będzie na tyle duża, by przekształcić komputer w maszynę do przetwarzania obrazu i umożliwić nie tylko cyfrowe wideo wysokiej jakości lecz również przed końcem tej dekady symulacje wirtualnej rzeczywistości. Oczywistym efektem wzrostu wydajności procesorów będzie dalsza poprawa jakości tworzonego obrazu (wyższe rozdzielczości, wierny kolor). Skorzystają z tego również magnetowidy i same telewizory cyfrowe. Nastąpi szybka integracja techniki telewizyjnej i komputerowej oraz telekomunikacji. Wkrótce do komunikacji częściej będziemy używać komputera niż faks czy telefon. Przed końcem tej dekady, dzięki możliwości szybkiej kompresji i dekompresji obrazów wideo i dźwięku powszechne staną się wideokonferencje.

### *~* **Pamięć**

Ceny pamięci będą szybko maleć. Będzie to wynikiem wprowadzenia 64 Mb (8 MB) kości pamięci RAM do masowej produkcji zapowiadane w 1996 roku a przed końcem dekady kości rozpowszechnienia kości o pojemności 256 Mb (32 MB). Standardowa pamięć w komputerach osobistych w 1997 roku wynosić będzie 16 MB a w parę lat później 64 MB.

Pojemność dyskietek stanie się wkrótce zbyt mała by rozpowszechniać na nich oprogramowanie i zastąpią je dyskietki o pojemności 20 MB i 100 MB lub w nieco dalszej przyszłości dyskietki magnetoptyczne o pojemnościach 650 MB i większych. Standardowym wyposażeniem komputerów stanie się CD-ROM. Dyskietki optyczne dla cyfrowego wideo będą miały pojemność rzędu 10 GB. Nie należy również zapominać o spadających cenach kart pamięci półprzewodnikowych - do przenoszenia niewielkich zbiorów danych są one idealne. Pamięć błyskowa (flash memory), oferowana w połowie lat 90-tych w postaci kart o pojemnościach nie przekraczających kilkanaście MB, dzięki opracowaniu technologii kości pamięci 256 Mb osiągnie pojemności rzędu kilkuset megabajtów w jednej, niewielkiej, szybko działającej, niezawodnej i pobierającej niewiele energii karcie. Wielką rolę w rozpowszechnieniu się takich kości i kart pamięci odgrywać będą standardy opracowywane przez Stowarzyszenie Compact Flash Association. Nie ma wątpliwości, że do końca wieku przynajmniej w droższym sprzęcie komputerowym pamięć półprzewodnikowa zacznie wypierać dyski twarde. W większych instalacjach rozwiną się systemy hierarchicznej pamięci.

### *~* **Monitory**

Płaskie kolorowe ekrany ciekłokrystaliczne pozostaną w najbliższych latach nadal drogie, chociaż obserwuje się wyraźną tendencję spadkową ich ceny przy jednoczesnym wzroście zdolności rozdzielczej. Duże, 20-calowe monitory kolorowe, pozwalające wykorzystać zdolności rozdzielcze kart SVGA i lepszych też nie prędko stanowią. Ceny monitorów są głównym czynnikiem hamującym rozwój możliwości graficznych komputerów

osobistych. Już przy rozdzielczości 800 na 600 punktów obraz na ekranie monitora 14 cali staje się zbyt mały.

### ☞ **Komputery**

Na rynku mikrokomputerów (komputerów domowych) niewiele się zmienia, nadal Commodore 64 jest popularny, a komputery klasy Amiga 500 dość drogie. Będziemy obserwować dalszy burzliwy rozwój komputerów przenośnych, notebooków, palmtopów, penbooków. Notebooki z wmontowanymi napędami CD-ROM, klawiaturą rozsuwającą się do pełnych wymiarów przy otwieraniu pokrywy, wbudowanym wskaźnikiem, złączami PCMCIA, dużą pamięcią RAM i pamięcią dyskową, oparte na procesorach Pentium o niskim poborze energii będą miały możliwości komputerów stacjonarnych a ich cena powoli będzie się zbliżać do cen stacjonarnego sprzętu. Pomimo niezbyt życzliwego przyjęcia osobistych cyfrowych asystentów **PDA** (Personal Digital Assistant) sprzęt taki czeka wielka przyszłość, zwłaszcza dzięki możliwościom wymiany danych drogą radiową z dowolnym komputerem przyłączonym do sieci gdziekolwiek na świecie.

Nowe systemy operacyjne, w szczególności Windows NT i Windows 95 oraz jego późniejsze wersje ostatecznie odsunął MS-DOS w zapomnienie (oczywiście dotyczy to tylko komputerów osobistych najbardziej popularnej linii IBM-PC, gdyż system MacOS na Macintoshe i inne komputery osobiste oferowały podobne możliwości wcześniej). Znikną różnice pomiędzy komputerami osobistymi a stacjami roboczymi gdyż komputery osobiste oferować będą zbliżone możliwości pracy w sieci i możliwości jednoczesnej pracy nad wieloma zadaniami. Na drugim końcu skali pojawią się superkomputery oparte masowej współbieżności, tysiącach szybkich procesorów. W ramach Federal High Performance Computing Program rzucono hasło budowy superkomputerów wykonujących bilion operacji w ciągu sekundy, czyli działających z prędkością Teraflopów. Taką szybkość można było uzyskać już w 1995 w niektórych zastosowaniach a do końca dekady będzie ona dostępna w wielu ośrodkach superkomputerowych.

### ☞ **Łączność**

Do końca dekady większość komputerów korzystać będzie z dobrodziejstw multimedialnych baz Internetu. Komerccjalizacja Internetu spowoduje, że większość zamówień, przynajmniej w dużych firmach i ośrodkach akademickich, dokonywać będziemy bezpośrednio przez sieć. Oprócz PDA rozpowszechnią się też urządzenia określane jako „osobiste inteligentne urządzenia łączności” lub w skrócie **PIC** (Personal Intelligent Communicator), połączenie telefonu komórkowego, pagera, faksu i komputera, pozwalające na dostęp do tysięcy baz danych, w tym również takich informacji jak menu w lokalnych restauracjach. Bezprzewodowe połączenia w systemie **GSM** (Global Systems for Mobile, globalne systemy dla poruszających się użytkowników) umożliwią branie udziału w prowadzeniu wideokonferencji z dowolnego miejsca na Ziemi.

Amerykański koncern AT&T pracuje nad takim urządzeniem w oparciu o swój bardzo ciekawy mikroprocesor o nazwie **Hobbit** oraz system operacyjny do penbooków

**PenPoint. Hobbit** jest pierwszym komercyjnym procesorem opartym na nowej architekturze znanej jako CRIPS (C Rational Instruction Set Processor, czyli procesor wykonujący podzbiór instrukcji języka C). Plany AT&T obejmują integrację większości funkcji PIC w jednym obwodzie scalonym. Oprogramowanie pierwszych urządzeń tego typu oferowanych przez AT&T zajmuje aż 8 MB ROM. Mieści się w nim system operacyjny PenPoint z oprogramowaniem OCR, organizator informacji, obsługę poczty elektronicznej i faksu. Ważące nieco ponad kilogram pudełko zawiera poza tym mikrofon i głośniczek, wejścia i wyjścia dla kart PCMCIA, telefonu (również komórkowego), rysika, klawiatury, wejście do transmisji szeregowej i równoległej.

**GIGAMAC** to sieć komputerowa o szybkości Gbitów/sekundę. Jest to projekt rządu USA w którym udział bierze firma IBM, AT&T Bell Laboratories i wiele innych firm. Jednym z pierwszych zastosowań takiej sieci będzie analiza trójwymiarowych tomogramów onkologicznych - dane trzeba przesłać do superszybkich komputerów by przetworzyć obraz graficzny. Inne zastosowania GIGAMAC to rozproszone obliczanie na wielu superkomputerach jednocześnie, zbieranie danych z dużych eksperymentów fizycznych, np. SSC (Superconducting Super Collider) daje 400 TB (1 TB = 1000 GB) danych rocznie (dla porównania, w bibliotece kongresu USA jest ok. 20 TB informacji).

## 1.2 Już za parę lat ...

Laboratorium Bella doniosło w 1992 roku o znalezieniu sposobu upakowania 45 GB na powierzchni wielkości 2 cali kwadratowych, czyli niewiele ponad 6 cm<sup>2</sup>. W laboratoriach firmy IBM udało się natomiast skonstruować tranzystor o rozmiarach rzędu 100 nanometrów (długość fali światła widzialnego jest zaledwie pięciokrotnie większa). Jedna kostka pamięci stałej zbudowana w oparciu o takie tranzystory mogłaby mieć pojemność kilku gigabajtów!

Opracowanie nowych technologii stało się niezwykle kosztowne i nawet duże firmy komputerowe współpracują ze sobą. IBM, Siemens i Toshiba jako jedna grupa oraz Texas Instruments i Toshiba jako druga grupa opracowują razem kość pamięci o pojemności 256 Mbitów, czyli 32 Mbajtów. Będzie ona oparta o technologię litografii rentgenowskiej, korzystającej z promieniowania synchrotronowego (wielkość struktur obwodu scalonego w ten sposób tworzonych jest rzędu 0.35 mikrona - określa się to jako technologię submikronową), a koszt opracowania tej nowej technologii ocenia się na miliard dolarów. Prototyp takiej pamięci powstał już w 1993 roku ale masowej produkcji spodziewać się można po 1997 roku. Technologia ta pozwoli na upakowanie ponad 10 milionów tranzystorów w jednym obwodzie scalonym. Czy to dużo? W porównaniu z tym, co można było zrobić kilka lat temu bardzo dużo, lecz w porównaniu ze złożonością mózgu człowieka (10 miliardów neuronów) w dalszym ciągu około 1000 razy mniej. Wyzwaniem dla litografii rentgenowskiej i litografii korzystającej z promieniowania

synchrotronów jest opracowanie struktur o szerokości 0.1 mikrona, porównywalnej z grubością nitki DNA. Konsorcjum firm japońskich zapowiedziało już w 1995 roku podjęcie prac badawczych nad kostkami pamięci o pojemności 1 Gbita, wyników nie należy się jednak spodziewać przed 2000 rokiem.

W połowie 1995 roku zadebiutowało urządzenie o nazwie MindDrive kalifornijskiej firmy Other 90% Technologies. Jest to pierwszy krok w kierunku sterowania komputera bezpośrednio przez układ nerwowy, przy pomocy elektrod nakładanych na palec rejestrujących impulsy nerwowe. Na razie MindDrive ma zastępować mysz i powinno pojawić się w pierwszym rzędzie jako dodatek do gier komputerowych. Czy jest to pierwsza jaskółka nowej rewolucji? Zobaczmy wkrótce.

Dokąd zmierza rozwój komputerów? Na to pytanie, na podstawie 3-letnich badań, usiłował odpowiedzieć japoński Komitet 2001 na początku 1993 roku. Ogłoszono następujące przewidywania: komputery osobiste znikną na początku przyszłego tysiąclecia, zastąpione przez urządzenia hybrydowe, łączące w sobie funkcje telewizora, telefonu, faksu i komputera. Zadania wymagające większej mocy obliczeniowej, do których wykorzystuje się obecnie komputery centralne i minikomputery przejmą stacje robocze. Królować będą systemy otwarte, oparte na jądrze Unixa, ale wyposażone w doskonałe systemy dialogu z użytkownikiem. Komputery mają zostać całkowicie zintegrowane z biurkiem, elektronika wbudowana w blat, płaskie ekrany, wykorzystywane również do wideotelefonii, wbudowane będą w ściany, wielu użytkowników korzystać będzie tylko ze sterowania głosem.

Firma IBM pokazała i wprowadziła na rynek w 1995 roku urządzenie sterujące o nazwie Arigo, programowalne przy pomocy komputera osobistego. Jest to zestaw czujników wrażliwych na temperaturę, światło, dym, wilgotność, wykrywanie ruchów. Czujniki podłączone są do gniazdek sieci elektrycznej i komunikują się z sobą. Umożliwia to „inteligentne” sterowanie czynnościami urządzeń elektrycznych w biurze czy w domu. System można kontrolować zdalnie przy pomocy modemu. Jeśli Arigo usłyszy, że wchodzimy do domu, może nie tylko przywitać nas włączonym światłem i muzyką lecz również nastawić wodę na herbatę. Jest to zaledwie zwiastun możliwości sterowania urządzeniami domowymi.

Burzliwy rozwój Internetu spowodował powstanie nowych koncepcji rozwoju komputerów: zamiast stosunkowo drogich komputerów osobistych, proste terminale sieciowe. Programy zainstalowane na serwerach obsługiwanych przez producentów oprogramowania pozwolą nam na wynajmowanie oprogramowania, którego rzeczywiście używamy czy potrzebujemy. Jednocześnie terminale służyć będą do łączności, robienia zakupów, rozrywki i dostarczania informacji. Czy jest to realna wizja? Do jej realizacji potrzebna jest przede wszystkim szybka łączność, doprowadzenie kabli światłowodowych do każdego biura i prywatnego mieszkania, a tego nie planowano jeszcze w połowie 1995 roku w żadnym kraju. Nie ma wątpliwości, że globalna łączność będzie odgrywać kluczową rolę w drugiej połowie lat 90-tych, jednakże niskie koszty procesorów, pamięci

RAM i pamięci dyskowych oraz coraz większe wymagania dotyczące szybkości przetwarzania informacji stawiane przez aplikacje multimedialne nie zlikwidują zapewne w najbliższej przyszłości zapotrzebowania na komputery osobiste o dużych możliwościach.

### **1.3      Możliwości rozwoju sprzętu.**

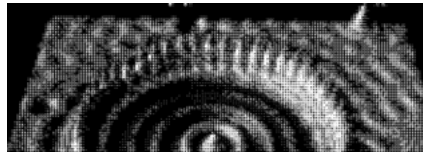
Przedstawiciele IBM, Intela i innych wielkich koncernów wyrażają przekonanie, że tempo rozwoju elementów scalonych, mikroprocesorów i pamięci na pewno się nie zmniejszy. Rynek jest coraz większy i coraz więcej pieniędzy można dzięki temu skierować na rozwój nowych technologii, który staje się coraz bardziej kosztowny. Trzeba przezwyciężyć liczne trudności w rozwoju elementów półprzewodnikowych: defekty materiałowe, pojemności pasożytnicze, dyssypacja ciepła, efekty kwantowe. Naturalna radioaktywność i promieniowanie kosmiczne powodują zaburzenia działania zbyt małych urządzeń i wymuszają udział przynajmniej jednego miliona elektronów na każdy bit przechowywany w RAM.

Do kresu możliwości jest w każdym razie jeszcze dość daleko. Uzyskane obecnie szybkości działania półprzewodnikowych urządzeń są znacznie większe niż stosowane w istniejących komputerach. Już w 1989 roku osiągnięto częstotności działania tranzystorów krzemowych rzędu 100 GHz, a tranzystorów na arsenku galu 200 GHz. Bramki nadprzewodzące działały z częstotściami jeszcze o rząd wielkości większymi.

Superkomputery taktowane zegarem o tak wielkiej prędkości nie mogą mieć zbyt dużych fizycznych rozmiarów, gdyż przy częstotliwości zegara 500 MHz sygnały wędrujące z

Cykl zegara	Czas tyknięcia	Komputer lub układ
10 MHz	100 ns	PC XT
50 MHz	20 ns	PC-486
150 MHz	6.6 ns	Stacje robocze DEC Alpha (1993)
250 MHz	4 ns	superkomputer Cray 2 i DEC Alpha (1994)
275 MHz	3.6 ns	Stacje robocze DEC Alpha (1995)
500 MHz	2 ns	Cray 3 (1992, miał być już w 1989)
100 GHz	10 ps	tranzystor krzemowy (1989)
200 GHz	5 ps	GaAs (1989) izolowane tranzystory
2000 GHz	0.5 ps	bramka nadprzewodzącego złącza zrobiona w Hitachi

prędkością światła przebywają zaledwie 60 cm. Problemem staje się zgranie długości połączeń elementów komputera. Superkomputer Cray 3 ma wygląd podkowy o średnicy jednego metra i zaledwie 15 cm wysokości. Im szybszy komputer tym musi być mniejszy! Dotychczasowy rozwój eksploatuje przede wszystkim technologię półprzewodników opartych na krzemie. Jest jeszcze kilka innych, rewolucyjnych możliwości, które są już obecnie intensywnie rozwijane i mają szansę na zastosowania komercyjne przed końcem tego wieku. Bardzo interesującym pomysłem jest zrezygnowanie z synchronizacji jednym, centralnym zegarem. Prototypy takich procesorów (zbudowane w Kalifornijskim Instytucie Technologii, Caltech) zużywają znacznie mniej energii i są stosunkowo proste w konstrukcji dzięki opracowaniu oprogramowania symulującego działanie procesora przed jego fizycznym zbudowaniem.



*IBM potrafi już manipulować położeniem pojedynczych atomów.*

**Tranzystory kwantowe:** obecnie stosowana technologia to VLSI, czyli bardzo wysoki stopień integracji elementów półprzewodnikowych. Pomimo ogromnej miniaturyzacji w dalszym ciągu przechowanie jednego bitu wymaga zaangażowania milionów elektronów. Nowa technologia wykorzystuje efekty tunelowe w supersieciach, nie tylko studnie kwantowe (ograniczenie ruchu elektronów w jednym wymiarze) ale i

kwantowe druty i kropki (ograniczenie ruchu elektronów w trzech wymiarach), mające być podstawą nanoobwodów. Teoretyczna szybkość działania tranzystorów kwantowych wynosi 700 GHz! Rozwój tej technologii może mieć wpływ na rynek komputerów już przy końcu tej dekady, np. Fujitsu ogłosiła plany budowy kości pamięci o pojemności 10 gigabitów. Najbardziej zaawansowane eksperymenty związane są z poziomem pojedynczych atomów i przemieszczaniem się pojedynczych elektronów. Pamięci kwantowe mają szansę na zmieszczenie nawet terabita danych w jednym elemencie scalonym.

**Komputery optyczne i neurokomputery optyczne:** całe numery jednego z najlepszych pism dotyczących optyki, **Applied Optics**, poświęca się temu zagadnieniu. Praktycznie wykorzystywane komputery optyczne powstać powinny około 2000 roku, a pierwsze zastosowania komercyjne przewiduje się już w 1996 roku. Duży postęp w tej dziedzinie nastąpił w 1990 roku, gdy grupa naukowców z AT&T Bell Laboratories postawiła sobie za cel zbudowanie układu wejścia/wyjścia obsługującego 1000 kanałów o szybkości 1 Gbita/sekundę w jednym urządzeniu. W laboratorium Bella wykonano już prototyp takiego optoelektronicznego procesora. Potencjalna szybkość działania urządzeń optycznych określona jest przez częstotliwość sygnałów optycznych pozwalającej na przepływ 500 terabajtów danych na sekundę.

Na początku 1993 roku na Uniwersytecie w Colorado ukończono budowę pierwszego komputera optycznego. Rejestry procesora tego komputera to pętle światłowodowe o

długości około 4 metrów, w których krążą impulsy laserowe. Komputer ten operuje na liczbach 16-bitowych pracując z częstotliwością 50 MHz i ma tylko jeden procesor - chociaż największe nadzieje budzą właśnie wieloprocessorowe komputery optyczne znacznie łatwiej było zbudować komputer na światłowodach. Wielką zaletą procesorów optycznych jest łatwość upakowania elementów w 3 wymiarach - przewody nie mogą się krzyżować a światło to zupełnie nie przeszkadza. Są już plany budowy płaskiego procesora optycznego używając fotolitografii na kwarcu i holograficznej dyfrakcji światła. Duży program budowy procesorów optycznych realizowany jest w Japonii. Technologia komputerów optycznych powinna pojawić się masowo po roku 2000. Niektórzy specjaliści przewidują, że już w 2005 roku komputery zbudowane będą w równych proporcjach z podzespołów elektronicznych i fotonicznych.

**Komputery molekularne** czyli **nanokomputery** to sprawa jeszcze dalszej przyszłości. Oparte mają być na elementach **MED** (**M**olecular **E**lectronic **D**evice). John Hopkins University Applied Physics Laboratory pracuje nad atomem połączeniem atomów miedzi z organicznymi cząsteczkami chemicznymi TCNQ. Powinno to działać jako przełącznik (bramka obwodu scalonego): światło laserowe zmienia przewodność cienkich warstw takich materiałów. Center for Molecular Electronic, Syracuse University, zamierza zastosować bakteriorodopsynę jako pamięć RAM, i stworzyć bramki przełączające typu NAND (podstawowy element logicznych obwodów scalonych) o cyklu 3 ps. Trójwymiarowe struktury białkowe mogłyby zapisywać dane znacznie gęściej niż pamięci półprzewodnikowe, konstruowane zwykle z płaskich, dwuwymiarowych płytek. Do praktycznego rozwiązania problemów związanych z niezawodnością takich urządzeń (białka są dużo bardziej wrażliwe na temperaturę i inne czynniki niż urządzenia półprzewodnikowe) jest jeszcze daleko - wpływu technologii opartych na związkach organicznych spodziewać się można w najlepszym razie po roku 2020, chociaż pierwsze elementy wykorzystujące białka powstać mogą już po roku 2000. Jeśli tempo rozwoju tranzystorów kwantowych i optoelektroniki będzie nadal się utrzymywać komputery molekularne mogą stracić szansę na swój komercyjny debiut a tylko przemysł zapewnić może dostatecznie duże fundusze na rozwój nowych technologii.

Na ewolucję organizmów w przyrodzie spojrzeć można również z punktu widzenia procesów obliczeniowych niezbędnych do optymalizacji ich szans na przeżycie w zmieniającym się środowisku. Kod genetyczny zawarty w DNA pozwala na przechowywanie informacji przy pomocy alfabetu składającego się z czterech symboli, powszechnie oznaczanych literami A, T, C, G. Kawałki DNA łączą się z sobą a ponieważ w próbówce są ich biliony pewne zagadnienia matematyczne można rozwiązywać w sposób eksperymentalny, poszukując wśród końcowych produktów reakcji molekuł DNA o określonych właściwościach. Kilkadziesiąt gramów roztworu DNA wykonuje astronomiczną liczbę operacji, setki tysięcy razy większą niż mógłby wykonać superkomputer symulujący ich zachowanie. Pierwsze eksperymenty z rozwiązywaniem problemów optymalizacyjnych przeprowadzono na początku 1995 roku (na Uniwersytecie Princeton i Uniwersytecie Południowej Kalifornii) i wykazały one przydatność DNA do rozwiązywania niektórych zagadnień optymalizacyjnych. Być może



wyspecjalizowane urządzenia do obliczeń tego rodzaju powstaną przed końcem tej dekady, nie należy się jednak spodziewać wpływu takich technologii na komputery codziennego użytku.

Jak będzie wyglądał komputer za 10 lat? IBM PC powstał w 1981 roku i przez 10 lat przeszedł ogromną ewolucję. Jak dramatycznie zmieniły się świat komputerów zilustrować może również przykład firmy DEC. W 1977 roku wprowadziła ona słynne minikomputery VAX, zaczynając od jednego modelu, VAX 11/780, opartego na jednym systemie operacyjnym VAX VMS, z jednym kompilatorem języka (Fortranu) i pracujące z jedną siecią komputerową DECnet. 15 lat później DEC wprowadził architekturę Alpha AXP: 7 modeli komputerów, od najmniejszych do największych, 3 systemy operacyjne, wiele języków i wiele protokołów sieciowych. Świat komputerów osobistych jest znacznie ciekawszy niż dużych komputerów ze względu na dostępne w nim oprogramowanie i możliwości graficzne. Komputer osobisty wysokiej klasy przy końcu tego wieku będzie miał szybkości rzędu dziesięciu razy większych niż najlepsze komputery w połowie lat 90-tych, pamięci RAM rzędu gigabajtów, zamiast dysków magnetycznych pamięci półprzewodnikowe, płaskie ekrany o zdolnościach rozdzielczych zbliżających się do fotorealizmu, będzie reagował na polecenia wydawane głosem, pisane ręcznie i wprowadzane z klawiatury, będzie podłączony bezprzewodowo do centrali telefonicznej a przez nią do wszelkiego rodzaju banków danych i komputerów centralnych instytucji, w której pracujemy. Na początku XXI wieku natomiast powinniśmy się spodziewać pojawienia się komputerów obdarzonych zdrowym rozsądkiem, wyposażonych w jakąś wersję bazy wiedzy CYC.

## **1.4    Rozwój oprogramowania**

Największych zmian można się jednak spodziewać w oprogramowaniu. Rozpowszechnią się środowiska graficzne, współpracujące z video i TV, rozwinię się dalej technika multimedia, integrująca wszystkie środki wyrazu: tekst, grafikę, animację, wideo, dźwięk.

Wiele firm komputerowych (między innymi IBM) pracuje nad rozproszonym środowiskiem komputerowym, w którym ten sam program mógłby wykonywać się jednocześnie na komputerach różnego typu, połączonych w sieć, wykorzystując moc obliczeniową ich procesorów. W USA prowadzono już eksperymenty na wielką skalę, w czasie których sieć połączonych przez modemy komputerów Macintosh pracowała wspólnie w ciągu nocy nad problemem naukowym (było to zagadnienie z teorii liczb naturalnych) przesyłając rano wyniki swoich „nocnych rozmyślań” do komputera zarządzającego tym projektem. Można się spodziewać znacznego rozpowszechnienia idei rozproszonego przetwarzania.

Inną technologią mogącą wkrótce się pojawić jest rozproszone środowisko zarządzania (distributed management environment), związane z przetwarzaniem i programowaniem obiektowym. Wiele jest nowych technologii związanych z przesyłaniem informacji.

W oprogramowaniu jest **ogromnie dużo do zrobienia**. Powszechna jest opinia, że nawet w komercyjnym oprogramowaniu rozwój sprzętu znacznie wyprzedził rozwój oprogramowania. Z okazji 15-lecia pisma BYTE specjaliści pytani: jaka jest największa przeszkoda dla rozwoju zastosowań komputerów, zgodnie odpowiadali: oprogramowanie. Tworzenie oprogramowania jest bardzo kosztowne, zwłaszcza oprogramowanie dla komputerów wieloprocesorowych. Podejmowano próby wprowadzenia pewnej standaryzacji, np. przez powstałe w 1992 roku konsorcjum ACE (Advance Computing Environment, czyli Zaawansowane Środowisko Obliczeniowe). Była to propozycja około 60 firm produkujących oprogramowanie i sprzęt komputerowy (Microsoft, Compaq, DEC, MIPS, SCO ...) zmierzająca do stworzenia standardowego środowiska operacyjnego w oparciu o OS/2 i Unix, na procesorach MIPS 4000. Wszystkie produkty tych firm miały być zgodne ze specyfikacją ACE. Była to pierwsza próba wprowadzenia „przyjacielskiej rywalizacji” zamiast niszczącego współzawodnictwa. W połowie 1992 roku do grupy ACE należało 200 firm. Niestety, grupa się rozpadła a na rynku oprogramowania systemowego jest większe zamieszanie niż kiedykolwiek przedtem.

Za przeszkodę na drodze rozwoju oprogramowania niektórzy analitycy rynku uznają dominację firmy Microsoft w większości kategorii oprogramowania. Microsoft niemalże zmonopolizował sprzedaż systemów operacyjnych i przez wiele lat jakoś jego systemów operacyjnych w porównaniu z systemami oferowanymi na komputery Apple, Amiga czy Atari przez znacznie biedniejsze firmy była wyraźnie niższa. Microsoft nie zadawała się rynkiem komputerów osobistych i wchodzi na rynek dużych serwerów oferując Windows NT jako poważny system operacyjny. Niezwykle szybko rozwijające się oprogramowanie dla Internetu stanowi zagrożenie dla dominacji Microsoftu. Jak powiedział przedstawiciel firmy Sun „Internet rozprzestrzenia się jak pożar, a Microsoft jest właścicielem ... lasu”. Prezydent Microsoftu Bill Gates zapowiedział przy końcu 1995 roku wykupienie licencji języka Java i rozdawanie za darmo przeglądarek WWW. Ma to na celu zmniejszenie przewagi konkurentów i jest wyrazem zrozumienia, że przyszłość oprogramowania leży w aplikacjach korzystających z Internetu.

## **1.5 Wielkie wyzwania nauki**

Czy oprócz ułatwiania nam życia komputery przyczynią się też do rozwiązania poważnych problemów stojących przed współczesną cywilizacją? Według Kennetha Wilsona (laureata Nagrody Nobla z 1982 za teorię zjawisk krytycznych a od 1976 fizyka komputerowego) przed nauką stoją WIELKIE WYZWANIA (Grand Challenges), zagadnienia tak złożone, że tylko nowa generacja superkomputerów będzie mogła im

sprostać. Tylko te społeczeństwa, które będą zdolne do podjęcia tych wielkich wyzwań mają szansę na wygranie w globalnym współzawodnictwie ekonomicznym na świecie. Do wielkich wyzwań zalicza się:

- ◆ Symulacje Pogody
- ◆ Obliczanie własności molekuł i materiałów (farmaceutyki, polimery, półprzewodniki)
- ◆ Symulacje inżynierskie (aerodynamika hipersoniczna, wytrzymałości konstrukcji)
- ◆ Modelowanie złóż ropy naftowej i innych minerałów
- ◆ Modelowanie ekonometryczne
- ◆ Zagadnienia biologii molekularnej: zwijanie się białek, enzymy, inżynieria genetyczna
- ◆ Modelowanie zanieczyszczeń atmosferycznych i dziury ozonowej
- ◆ Kataliza (szybkie procesy chemiczne) i synteza chemiczna
- ◆ Komputerowe testowanie i rozwój nowych broni
- ◆ Zagadnienia naukowe: cząstki elementarne, ewolucja gwiazd, astrofizyka

Amerykański program rozwoju teraflopowych komputerów i sieci komputerowych o gigabitowych prędkościach w jawny sposób nawiązuje do tych wielkich wyzwań. W każdym z wymienionych problemów superszybkie komputery już spowodowały wielki postęp, ale to dopiero początek.

## **1.6 Jak komputery zmieniają nasze życie**

Komputery już zmieniły codzienne życie wielu z nas, nie ma jednak wątpliwości, że zmiany te będą znacznie głębsze i szersze. Możliwości są ogromne, poczynając od przekształcenia całej gospodarki do zmiany stylu życia politycznego przez bezpośredni udział w codziennym referendum. Zorganizowanie referendum tradycyjnymi metodami jest bardzo kosztowne i wymaga długich przygotowań. Wyobraźmy sobie możliwość głosowania nad każdą ważniejszą decyzją władz lokalnych, przedstawianą w lokalnej telewizji lub odwoływanie się do woli narodu przez polityków w sprawach wagi państwowej - środki techniczne do tego celu już istnieją, pozostanie jednak pytanie, czy byłaby to większa demokracja czy większa manipulacja?

Powoli zmierzamy w kierunku społeczeństwa, które przestanie posługiwać się papierem jako nośnikiem informacji. Bez wątpienia pozostaną książki, drogie i ładnie wydane, przeznaczone dla bibliofili. Większość czytelników zadowolony się jedną, wieczną książką, do której będzie wczytywać poprzez linie telefoniczne interesujące ich dzieła, samemu wybierając sobie kształt i wielkość czcionek na ekranie. prototyp takiej książki już istnieje - od 1991 roku Sony sprzedaje urządzenie o nazwie „Datamen”, przenośny czytnik płyt

CD-ROM. Wadą tego urządzenia jest stosunkowo niewielki ekran. Popularna „wieczna książka” musi mieć rozmiary zbliżone do typowej książki i duży, kontrastowy ekran. Nie ma przeszkód technicznych by taka książka nie pojawiła się i rozwój komputerów bez klawiatur, tylko z samym piórem, zmierza w tym kierunku. Pozostaną jednak problemy prawne: jeśli kopiowanie książek będzie równie łatwe jak kopiowanie kaset magnetofonowych czy programów komputerowych wypożyczanie książek z biblioteki przestanie być możliwe.

Dzięki sieciom komputerowym coraz więcej osób będzie mogło wykonywać swoją pracę w domu, zdaleka od wielkich miast. Dostrzegł to już na początku lat 80-tych Alvin Toffler w swojej słynnej książce „Trzecia fala”. Amerykanie nazwali to zjawisko „telecommuting”, coś takiego, jak telefoniczne dojeżdżanie do pracy. W 1990 roku w USA w taki sposób pracowało 3 miliony osób, w 1995 roku już 10 milionów a do 2000 roku powinno ich być 25 milionów. Wirtualna obecność w pracy zacznie rozwijać się szczególnie szybko gdy rozpowszechnią się techniki wideokonferencji. Chociaż do pewnego stopnia były one możliwe już w połowie lat 90-tych dzięki kompresji obrazu dopiero masowe wprowadzenie szybkich połączeń ISDN do użytku domowego powinno radykalnie zmienić sytuację. Komputery wyposażone standardowo w kamery wideo i karty umożliwiające wideokonferencje to kwestia najbliższej przyszłości.

Niektórzy analitycy rynku komputerowego, np. Larry Ellison, prezes firmy Oracle, twierdzą, że przyszłość należy do stosunkowo prostych terminali graficznych podłączonych do sieci komputerowych o dużej przyszłości. Nie ma powodu, by każdy miał własną elektrownię, nie zastanawiamy się, skąd bierze się prąd w gniazdku, dlatego praca ze zdalnymi aplikacjami przy pomocy terminali podłączonych do sieci stanie się czymś naturalnym - argumentował Ellison na konferencji poświęconej przyszłości informatycznych technologii w 1995 roku. Jego firma zapowiedziała produkcję tanich (do 500 \$ USA) terminali bezdyskowych, używających własnego systemu operacyjnego, przeznaczonych do połączenia z Internetem i korzystania z aplikacji sieciowych. Pomysł ten podchwyciło kilka firm produkujących układy scalone i na rok 1996 zapowiedziano „Internet na skalaku”, a więc stworzenie tanich terminali wydaje się być całkiem realne. Microsoft poparł idee takich urządzeń ogłaszając strategię „prostych, interakcyjnie działających PC” (SIPC, Simply Interactive PC) do realizacji zadań multimedialnych w jak najprostszym i najtańszym sposób. Czy jest to początek kolejnej rewolucji: powrotu do supersilnych ośrodków obliczeniowych udzielających mocy komputerowych swoich serwerów milionom terminali? Pożyjemy, zobaczymy.

Na dłuższą metę, rzędu 20 lat, bardzo trudno jest powiedzieć, co będzie dla komputerów i sterowanych przez nie robotów jeszcze niemożliwe. Bezpośrednie przyłączenie sygnałów z komputera do mózgu człowieka, pełna symulacja rzeczywistości przez drażnienie odpowiednich nerwów - wszystko to, co daje się dzisiaj pomyśleć, w ciągu 20 lat może stać się rzeczywistością. Czy człowiek potrzebny jest do produkcji lub uprawiania roli? Już teraz wiemy, że nie. Czy myślenie to nasza specjalność? Obserwując zachowanie się ludzi przy końcu XX wieku mamy co do tego wątpliwości. Czy XXI wiek

stanie się początkiem nowej inteligencji na ziemi? Kiedy popatrzymy 50 lat wstecz i uświadomimy sobie, jak zmienił się świat, a szybkość zmian jeszcze znacznie wzrosła, trudno nie odczuć, że stoimy przed wielką niewiadomą.