

PRZEMYSŁOWY INSTYTUT AUTOMATYKI I POMIARÓW

PIAP

Al. Jerozolimskie 202

02-486 Warszawa

Ośrodek Mechatroniki OME

440

Główny wykonawca: mgr inż. Zbigniew Pilat

Wykonawcy: mgr inż. Tomasz Stasiak

Nr zlecenia: S1762

Tytuł pracy: Modelowanie i symulacja różnych struktur robotów w środowisku stacji graficznej O2 firmy Silicon Graphics.

Zlecniodawca: praca statutowa PIAP

Pracę rozpoczęto dnia: 1997.02.01.

zakończono dnia: .1997.09.30.

Kierownik Ośrodka

mgr inż. Zbigniew Pilat

Dyrektor Pionu

dr inż. Jan Jabłkowski

Praca zawiera:

Rozdzielnik - ilość egz.:

stron --
rysunków --
fotografii --
tabel --
tablic --
załączników --

Egz. 1 OME
Egz. 2 OME
Egz. 3 OIN
Egz. 4
Egz. 5
Egz. 6

Nr arch. 7510

Analiza deskryptorowa:

SYSTEMY KOMPUTEROWE, STACJE GRAFICZNE, PRACA W SIECI, MODELOWANIE,
PROJEKTOWANIE, SYMULACJA KOMPUTEROWA

Analiza dokumentacyjna:

Sprawozdanie przedstawia graficzną stację roboczą O2 firmy Silicon Graphics. Opisano możliwości stacji ze szczególnym uwzględnieniem ich potencjalnego wykorzystania w pracach Instytutu - jako serwer Internet oraz do modelowania projektowania i symulacji systemów mechanicznych, w tym robotów.

Tytuły poprzednich sprawozdań:

Niniejsze sprawozdanie jest pierwszym i jedynym dokumentem przedstawiającym przebieg realizacji pracy w zleceniu S1762.

SPIS TREŚCI

1.	Wstęp.....	4
2.	Opis stacji graficznej O2 firmy Silicon Graphics..	6
3.	Oprogramowanie stacji graficznej O2 - dostarczone..	9
4.	Oprogramowanie stacji graficznej O2 - zakupione.....	11
5.	Inne oprogramowania dostępne na stację graficzną O2.	13
6.	Praca stacji O2 jako serwer Internet.	15
7.	Możliwości wykorzystania stacji O2 do modelowania i symulacji robotów. .	18
8.	Podsumowanie.	24

1. Wstęp

Graficzne stacje robocze (Graphical Workstation) są obecnie najbardziej wydajnymi i powszechnie stosowanymi stanowiskami do komputerowo wspomaganego projektowania elementów, urządzeń i systemów mechanicznych. Wykorzystuje się je nie tylko w samym procesie tworzenia dokumentacji konstrukcyjnej lecz także do modelowania i symulacji zaprojektowanych zespołów. Dzięki bardzo dużym możliwościom szybkiego przetwarzania grafiki stacje te umożliwiają efektywną animację ruchomych urządzeń. Istotnym obszarem zastosowań stacji graficznych są także prace naukowo-badawcze. Aby nadać za tymi wyraźnymi trendami światowymi, Instytut PIAP zdecydował się w 1996 roku na zakup dwóch stacji, dwóch wiodących na tym rynku producentów sprzętu: jednej firmy DEC i jednej firmy Silicon Graphics. Wyniki i wnioski z pierwszego okresu eksploatacji tej drugiej przedstawia niniejsze sprawozdanie.

2. Opis stacji graficznej O2 firmy Silicon Graphics

Stacje robocze O2 łączą tradycyjnie wysoką wydajność systemów Silicon Graphics z łatwą obsługą zintegrowanego ze środowiskiem World Wide Web systemu operacyjnego. Tym, co odróżnia O2 od innych stacji roboczych i komputerów dostępnych obecnie na rynku są przede wszystkim jego niespotykane w tej klasie systemów możliwości graficzne. O2 łączy w sobie wszystko z czego znana jest firma Silicon Graphics - szybka, zbudowana w oparciu o Open GL, interaktywna trójwymiarowa grafika, doskonałe możliwości przetwarzania obrazów dwuwymiarowych, a także operacje na obiektach trójwymiarowej, sprzętowa obsługa zaawansowanych funkcji graficznych oraz przyjazne środowisko systemowe.

2.1. Parametry systemu O2

System Silicon Graphics O2 w zakupionej konfiguracji zawiera następujące podzespoły:

- 64-bitowy procesor MIPS R10000,
- system operacyjny IRIX 6.3,
- 32-bitową grafikę RGBA (24-bit RGB),
- sprzętową obsługę tekstur,
- sprzętową obsługę Z-bufora,
- układ przetwarzania obrazu,
- układ kompresji video,
- 128MB pamięci RAM,
- 4GB systemowy dysk twardy,
- port sieci Ethernet 10BaseT/100BaseTX,
- dwa kanały Ultra Fast/Wide SCSI,
- stereofoniczny układ dźwiękowy,
- 64-bitowy slot rozszerzający PCI,
- wewnętrzny napęd CD-ROM,
- kolorowy monitor 20" Trinitron,
- układ Video I/O z cyfrową kamerą O2cam.

Konfigurację systemu O2 można rozszerzyć m.in. o dodatkową pamięć (maksymalnie 1GB szybkiej pamięci SDRAM), wewnętrzne i zewnętrzne dyski twarde, napędy taśmowe, stację dyskietek, opcje cyfrowego video CCIR 601, dodatkowe sterowniki Ultra SCSI, karty szybkich sieci ATM, FDDI, Fast Ethernet oraz popularne napędy dysków przenośnych (np. SyQuest, ZIP, JAZ, dyski optyczne).

2.2. Architektura

Najważniejszą cechą konstrukcyjną stacji roboczej O2, decydującą o jej wysokiej mocy obliczeniowej i szybkości wykonywania operacji graficznych, jest zastosowanie bardzo wydajnej architektury dostępu do pamięci UMA (Unified Memory Architecture) pracującej z prędkością 2.1 GB/s. Ponadto należy wskazać na wykorzystanie zintegrowanej, wspomaganiej sprzętowo dwu- i trójwymiarowej grafiki, układów kompresji obrazu oraz 64-bitowych procesorów MIPS RISC. Dzięki temu na stacji O2, w chwili jej wprowadzania na rynek, uzyskano najlepsze w tej klasie systemów wyniki wydajności operacji graficznych. Każdy z podzespołów systemu (procesor, grafika, układ video, układ kompresji, podsystem przetwarzania obrazu, urządzenia wejścia/wyjścia) ma równoprawny dostęp do pasma 2.1GB/s podsystemu pamięci zasadniczej, który pracuje jako bardzo szybki dystrybutor dostępu do pamięci.

Architektura UMA łączy następujące podzespoły systemu O2:

- Procesor R10000 - 64-bitowa jednostka centralna stacji roboczej O2,
- Memory and Rendering Engine (MRE) - układ ten zajmuje się zarządzaniem pamięcią, grafiką trójwymiarową oraz obsługą tekstur,
- Imaging and Compression Engine (ICE) - zajmuje się obsługą kompresji i przetwarzaniem obrazów dwuwymiarowych,
- Display Engine (DE) - produkuje obraz o wysokiej rozdzielczości w postaci cyfrowej oraz analogowej; w czasie rzeczywistym wykonuje funkcje zgrywania zawartości ekranu na dysk,
- I/O Engine (IOE) - obsługuje podzespoły wejścia/wyjścia systemu O2, dwa kanały Ultra Fast/Wide SCSI, szynę PCI, kontroler sieci Ethernet/FastEthernet, podsystem dźwiękowy oraz dwa porty szeregowy i jeden równoległy.

2.3. Procesor

Podstawowe cechy 64-bitowego procesora R10000, w który wyposażona jest zakupiona stacja robocza Silicon Graphics O2:

- zegar 175 Mhz,
- 64-bitowa architektura superskalarna (4-way),
- równoległe wykonywanie instrukcji,
- 5 oddzielnych jednostek wykonujących,
- dedykowana 128-bitowa szyna dostępu do pamięci cache,
- zestaw instrukcji MIPS 4,
- 32 kB podstawowej pamięci cache dla instrukcji,
- 32 kB podstawowej pamięci cache dla danych,
- szybka pamięć cache drugiego stopnia o pojemności 1MB.

2.4. Grafika

Podobnie jak zaawansowane układy graficzne InfinityReality komputerów Silicon Graphics Onyx i Onyx2 oraz grafika IMPACT stacji roboczej Indigo2, podsystem graficzny O2 oparty jest o bibliotekę OpenGL. System O2 sprzętowo implementuje wszystkie kluczowe funkcje biblioteki OpenGL, zarówno dwuwymiarowe jak i trójwymiarowe.

W stacji zrealizowano następujące zaawansowane funkcje graficzne:

- sprzętowa akceleracja graficznych funkcji OpenGL i X,
- sprzętowa akceleracja obsługi tekstur,
- 24-bitowy sprzętowy Z-bufor,
- sprzętowa akceleracja wygładzania linii, konwersji przestrzeni kolorów, efektów pogody.

Uzyskano w ten sposób następujące parametry wyświetlanego obrazu:

- rozdzielczość 1280x1024 (system obsługuje także standardy grafiki VGA, SVGA, XGA, Stereo),
- 32-bitowa grafika RGBA (24-bitowy kolor RGB plus 8-bitowy kanał Alpha),
- 8-bitowe nakładki,
- częstotliwość odświeżania ekranu 75Hz.

2.5. Podsystem dźwiękowy, video oraz kompresji obrazu

Wszystkie systemy O2 przygotowane są do przetwarzania dźwięku. Możliwości obsługi video dostępne są w systemach O2 wyposażonych w podsystem Video I/O. Moduł Video I/O jest dostępny jako standardowe wyposażenie wybranych konfiguracji O2, bądź też jako opcja dla pozostałych systemów.

Zakupiona stacja jest wyposażona w następujące standardowe funkcje audio:

- dźwięk analogowy 8kHz-48kHz,
- odstęp sygnału od szumu (dynamika) 78 dB,
- synchronizacja zegarów podzespołów audio i wideo.

Standardowym wyposażeniem stacji roboczej O2 z Video I/O jest także cyfrowa kamera O2cam. Pozwala ona na robienie zdjęć, tworzenie tekstur, nagrywanie plików dźwiękowych oraz filmów. Generalnie system Video I/O w zakupionej stacji realizuje następujące funkcje:

- nagrywanie w czasie rzeczywistym przy użyciu dwóch niezależnych kanałów SCSI,

- wybór źródła tzw. genlocka: wejście video, zegar wewnętrzny, wyspecyfikowane źródło zewnętrzne,
- synchronizacja dźwięku i video,
- kompresja/dekompresja wielokanałowego formatu JPEG w czasie rzeczywistym,
- wbudowane programowe narzędzia do obsługi obrazu video,
- realizowane w czasie rzeczywistym efekty specjalne z użyciem funkcji GL, video oraz generacji mip-map,
- dwustronna konwersja, z formatu pikseli niekwadratowych (non-square) do formatu kwadratowych pikseli (wejście/wyjście video),
- realizowana w czasie rzeczywistym konwersja przestrzeni kolorów,
- podwójny wejściowy strumień video (DMA),
- nagrywanie w czasie rzeczywistym zawartości ekranu na dysk lub magnetowid.

3. Oprogramowanie stacji graficznej O2 firmy Silicon Graphics - dostarczone

3.1. Oprogramowanie systemowe

Stacja Silicon Grapgics O2 pracuje pod kontrolą systemu operacyjnego IRIX 6.3. Został on zbudowany na bazie UNIX SVR4 z rozszerzeniem Berkeley Extensions 4.3. IRIX 6.3 jest binarnie zgodny z wcześniejszymi systemami Silicon Graphics IRIX 5.x oraz 6.2. Oczywiście zapewnia pracę aplikacji zrealizowanych w środowisku wcześniejszych systemów operacyjnych. Ponadto system ten jest zgodny z wszystkimi głównymi standardami systemu UNIX a także zapewnia wymianę danych z wieloma standardami innych firm, niezależnymi od platformy systemowej:

- Motif 1.2.4,
- X11R6,
- POSIX 1003.1/1003.2,
- Display PostScript ,
- Tooltalk,
- Triteal CDE,
- Apple Talk,
- XFS,
- NFS,
- QuickTime,
- Cinepack,
- JPEG,
- MPEG,
- format plików AVI.

) Standardowo komputer O2 wyposażony jest w bogaty zestaw oprogramowania pozwalającego na integrację z siecią Internet/Intranet oraz innymi systemami sieciowymi wykorzystującymi protokoły TCP/IP (Unix, Windows 95, Windows NT). Dostarczone są również narzędzia do oprogramowania współpracy stacji O2 z komputerami PC (pod kontrolą Novell NetWare) oraz z komputerami Apple Macintosh (Apple Talk). Dzięki oprogramowaniu Insignia SoftWindows możliwe jest uruchamianie na stacji roboczej O2 aplikacji ze środowiska Windows. Po rozszerzeniu pakietu Insignia do wersji SoftWindows95 możliwe jest również uruchamianie aplikacji Windows95, w tym popularnych aplikacji biurowych Office95, Word czy Excel. Wszystkie systemy Silicon Graphics O2 zawierają narzędzia do tworzenia dokumentów World Wide Web oraz ich publikowania w sieciach Internet oraz Intranet. Wraz z komputerem otrzymaliśmy również całą gamę oprogramowania demonstracyjnego, prezentującego możliwości stacji. W szczególności uwagę zwraca multimedialna dokumentacja komputera – użytkownik jest wprowadzany w trybie interakcyjnym w kolejnie tajniki systemu.

Generalnie dostarczone wraz ze stacją programowanie można podzielić na cztery grupy:

1. Oprogramowanie narzędziowe:

- IRIX User Environment 6.3,
- Insignia SoftWindows 2.0.

2. Narzędzia World Wide Web:

- Netscape Navigator 3.0 (www, mail, news),
- Cosmo Player 1.0,
- Netscape FastTrack Server 2.0S,
- Shockwave 1.0,
- WebMagic Pro 2.0.2,
- Adobe Acrobat Reader 2.1,
- IRIS Impresario 2.1.1,
- InfoSearch 1.0,
- Insight 3.0.2.

3. Współpraca:

- OutBox 2.0,
- InPerson 2.2,
- Showcase 3.4.1.

4. Narzędzia do przetwarzania dokumentów multimedialnych:

- Edycja:
 - SoundEditor,
 - MediaMaker,
 - ImageWorks,
 - SoundTrack.
- Sterowanie urządzeniami:
 - Audio panel,
 - Video panel,
 - Synth panel.
- Nagrywanie oraz odtwarzanie:
 - MediaRecorder,
 - MediaPlayer.
- Konwersja:
 - MediaConvert.

4. Oprogramowanie stacji graficznej O2 firmy Silicon Graphics - zakupione

Ponieważ stacja O2 jest w perspektywie przeznaczona do prac z dziedziny projektowania mechaniki, w pierwszej kolejności zdecydowano się zakupić program typu CAD. Po rozeznaniu oferty tego typu oprogramowania wybrano pakiet AutoCAD firmy AUTODESK, który obecnie w Polsce jest najbardziej rozpowszechnionym pakietem, stosowanym zarówno przez projektantów nowych instalacji, jak też przez użytkowników przemysłowych. Nie bez znaczenia przy tym wyborze była kwestia cen – wiele bardzo rozbudowanych, zaawansowanych programów kosztuje kilkakrotnie więcej niż cała stacja O2. Ważnym też był fakt, że w wielu pracach PIAP jest już wykorzystywany AutoCAD na komputerach PC, w wersji DOS lub Windows. Generalnie produkty oferowane przez firmę AUTODESK można podzielić na pięć grup:

1. Podstawowe oprogramowanie typu CAD:

- AutoCAD;
- AutoCADLT;
- AutoSketch;
- AEC;

2. Oprogramowanie wspomagające tworzenie elementów mechanicznych:

- Autodesk Mechanical Desktop;
- AutoCAD Designer;
- AutoSurf;
- AutoCAD IGES Translator;

3. Oprogramowanie przetwarzania i obróbki danych:

- WorkCenter;
- Autodesk View;

4. oprogramowanie do tworzenia map:

- AutoCAD Map;
- AutoCAD Data Extension;

5. oprogramowanie multimedialne przeznaczone do wizualizacji:

- 3D Studio MAX;
- Character Studio;
- 3D Studio;
- AutoVision;
- Autodesk Animator Studio;
- Animator Pro;
- Texture Universe;
- 3D Props.

Do stacji O2 zakupiono AutoCAD Release 13 for Unix w wersji angielskojęzycznej – wersja polska nie była dostępna. Ma on bardzo wygodny w użyciu interfejs użytkownika oparty na systemie X Windows. Użytkownik może korzystać z rozwijalnego menu, belki narzędziowej, okien dialogowych oraz okna narzędziowego. Możliwe jest również wykorzystanie komend systemowych wprowadzanych z linii poleceń. Program zapewnia pełną kompatybilność z wcześniejszymi wersjami AutoCAD-a oraz pełną wymienną rysunków pomiędzy różnymi aplikacjami firmy AUTODESK.

5. Inne oprogramowania dostępne na stację graficzną O2 firmy Silicon Graphics

W ramach przygotowań do wprowadzenia na rynek stacji O2, firma Silicon Graphics ściśle współpracowała z ponad 20 producentami oprogramowania. Celem tej współpracy było dostarczenie użytkownikom pełnych, działających i zoptymalizowanych pakietów software'owych dla stacji graficznej O2 i to już w momencie jej rynkowej premiery. Wśród tych producentów oprogramowania znaleźli się: Adobe, Architrion, Alias/Wavefront, Autometric, Communication Integral, Deneb Robotics, Fractal Design Corporation, IBM, Lightscape, Linotype-Hell, Marta Datavision, MultiGen Inc., Parametric Technology Corporation, Tecnomatix, Tripos, Structural Dynamics Research Corporation (SDRC), USAnimation i Vital Images.

Spośród bogatego oprogramowania oferowanego na stację Silicon Graphics O2 dokonano przeglądu systemów związanych z zagadnieniami symulacji, animacji i programowania off-line robotów. Korzystając z dostępnych materiałów reklamowych oraz informacji udostępnianych w sieci Internet sporządzono krótką charakterystykę trzech grup produktów:

- ROBCAD firmy Tecnomatix,
- pakietu programów firmy Deneb,
- pakietu programów CATIA – wspólny produkt firmy IBM i Dassault Systemes.

Tecnomatix - ROBCAD

Jest to graficzne, trójwymiarowe oprogramowanie inżynierskie przeznaczone do projektowania i symulacyjnego testowania systemów produkcyjnych. Umożliwia ono analizę różnych koncepcji systemu, optymalne rozmieszczenie urządzeń w wybranym systemie oraz symulacyjne sprawdzenie poprawności działania pojedynczych urządzeń, gniazd, linii i całego systemu. ROBCAD jest nakierowany głównie na zastosowania do systemów zrobotyzowanych. Biblioteka ROBCAD-a zawiera ponad 100 modeli robotów przemysłowych. ROBCAD ma zaimplementowane m.in. procedury automatycznej generacji rozwiązań prostego zadania kinematycznego. Dla pewnej grupy robotów program przewiduje również rozwiązanie odwrotnego zadania kinematyki, planowanie bezkolizyjnej trajektorii oraz programowanie off-line z możliwością załadowania programu do sterownika robota. Dodatkowo program ROBCAD wyposażony został w interfejsy do innych programów typu CAD (m.in. Catia, Computer Vision). ROBCAD jest wykorzystywany przez firmy zajmujące się kalibracją robotów i stanowisk zrobotyzowanych (np. KRYPTON). Firma ABB z kolei zastosowała go jako środowisko swojego systemu programowania off-line. Stanowisko z systemem ROBCAD umożliwia także prowadzenie różnorodnych badań i prac naukowych z dziedziny robotyki. System ten wymaga jednak bardzo szybkiej stacji graficznej.

Firma Tecnomatix od lat współpracuje z Silicon Graphics i stacja O2 jest zalecana jako odpowiednia platforma dla pakietu ROBCAD.

Deneb - IGRIP, UltraArc, UltraFinish, UltraPaint, UltraSpot

Jest to oparte na trójwymiarowej grafice środowisko narzędzi inżynierskich do projektowania i symulacji działania zrobotyzowanych stanowisk produkcyjnych. Podstawowe cechy pakietu:

- grafika i symulacja 3D,
- programowanie robotów off-line,
- minimalizacja czasu pracy robota (trajektoria, wydajność),
- możliwość budowania własnych bibliotek robotów, możliwość korzystania z bibliotek innych programów typu CAD,
- możliwość definiowania i kalibracji narzędzia,
- definiowanie środowiska pracy robota.

Pakiet zawiera biblioteki narzędziowe dla robotów wykonujących zgrzewanie punktowe, spawanie łukowe, malowanie, szlifowanie, polerowanie i in. Każda z bibliotek zawiera szereg specyficznych dla danego robota opcji, pozwalających bardzo dokładnie zaplanować zachowanie się robota w zależności od zmian otoczenia (np. można deklarować parametry procesu).

Catia - Cell Design and Robot Programming

Program umożliwia generowanie programu robota w zależności od postawionego zadania, symulacyjną kontrolę programu robota wraz z wizualizacją oraz programowanie off-line robotów. Dodatkowo pakiet programowy Catia zapewnia:

- detekcję i unikanie kolizji,
- graficzne wykresy pozycji, prędkości i przyspieszeń,
- automatyczne generowanie bezkolizyjnych trajektorii,
- bibliotekę ponad 30 robotów (geometria i charakterystyki) mogącą posłużyć jako bazę w tworzeniu własnego modelu robota.

Catia - Robot and Controller Definition

Pakiet ten zawiera narzędzia pozwalające na definiowanie struktury geometrycznej robota (realistyczna grafika trójwymiarowa, teksturowanie powierzchni), jego charakterystyk i zachowania, połączeń, pozycji krańcowych, kinematyki oraz pozycji synchronizacji.

Producenci oprogramowania dla stacji graficznej O2 firmy Silicon Graphics wyposażają swoje pakiety w różnorodne interfejsy i deklarują ich zgodność z innymi programami. Oznacza to, że zbudowanie biblioteki własnego robota w jednym z tych pakietów umożliwia jej dostępność we wszystkich pakietach komunikujących się z nim.

6. Praca stacji O2 jako serwer Internet

Stacja Silicon Graphics O2 została zainstalowana w jednym z pomieszczeń Ośrodka Mechatroniki, do którego doprowadzono przyłączy sieci komputerowej Instytutu – PIAP-LAN. Jak już wspomniano zakupiona stacja posiada w podstawowej konfiguracji port sieci Ethernet, fizyczne dołączenie jej do PIAP-LAN sprowadziło się więc do połączenia odpowiednim przewodem z gniazdem sieciowym. Aby stacja mogła z sieci korzystać, konieczne było jeszcze jej skonfigurowanie programowe. W tym celu oprócz unikalnego adresu IP komputera i jego nazwy (nadawana przez administratora stacji) trzeba było wprowadzić do systemu stacji dane wynikające z jej miejsca i sposobu włączenia w sieci PIAP-LAN. Dane te podał administrator sieci komputerowej Instytutu. Podsumowując, stacja O2 pracuje w konfiguracji określonej następującymi parametrami:

- adres IP 194.92.89.135
- nazwa zsi
- adres domyślnej bramy (gateway) 194.92.89.196
- adres serwera nazw 194.92.89.1
- nazwa domeny piap.waw.pl
- maska podsieci 255.255.255.190
- adres rozgłoszeniowy 194.92.89.191

Samo konfigurowanie stacji do pracy w sieci przebiega w dwóch etapach:

- konfiguracja interfejsu,
- konfiguracja rutowania.

System IRIX udostępnia użytkownikowi specjalne polecenie do konfigurowania interfejsu, o nazwie 'iconfig'. Ma ono następującą składnię:

`iconfig nazwa_interfejsu adres_IP netmask maska_podsieci broadcast adr_rogł`
gdzie wyrazy wytyłszczone są słowami kluczowymi. Nazwa interfejsu jest charakterystyczna dla danej stacji. Można ją uzyskać stosując polecenie systemu IRIX, o nazwie 'netstat', które służy do wyświetlania statusu urządzeń sieciowych. Opisywana stacja O2, posiada dwa interfejsy sieciowe:

- ec0 – interfejs zewnętrzny – do łączenia się z siecią – ten właśnie ma być skonfigurowany,
- lo0 – interfejs lokalny (wewnętrzny) – do wymiany informacji między kartą sieci a jednostką centralną komputera.

Aby możliwe było korzystanie z sieci po każdym włączeniu komputera, linie z wywołaniem polecenia 'iconfig' dodano do procedury startowej, wykonywanej przy każdym rozpoczęciu pracy systemu. Postać tego wywołania jest następująca:

```
iconfig ec0 194.92.89.135 netmask 255.255.255.190 broadcast 194.92.89.191
```

Rutowanie polega na odnajdywaniu właściwej drogi do poszukiwanego komputera oddalonego (z ang. route – trasa, droga) i przekazywanie informacji. Taka wyznaczona trasa może prowadzić przez wiele sieci pośrednich. W sieci PIAP-LAN stosowane jest tzw. rutowanie statyczne – wykorzystuje się tablice konstruowane ręcznie przez operatora sieci (istnieją także dwie inne metody, tzw. rutowanie minimalne i dynamiczne). Takie podejście jest możliwe, ponieważ sieć PIAP-LAN ma tylko jeden komputer spełniający funkcje łączenia sieci ze światem zewnętrznym, czyli tzw. bramy (z ang. gateway). System IRIX dostarcza funkcję o nazwie 'route', która zapewnia, że poszukiwania drogi do serwerów zewnętrznych są skierowane do konkretnej stacji. W naszym przypadku stacją tą jest właśnie nasz komputer-gateway. Linia polecenia wygląda więc następująco:

```
route add default 194.92.89.196 1
```

Słowo kluczowe 'add' oznacza, że polecenie dodaje trasę do tablicy rutowania (przy usuwaniu wpisuje się w tym miejscu 'delete'). Słowo kluczowe 'default' oznacza, że tworzona trasa ma być traktowana jako domyślna, tzn. będzie używana zawsze, gdy nie ma wyspecyfikowanej konkretnej marszruty poszukiwań miejsca przeznaczenia. Następnie w linii polecenia jest adres stacji gateway, a ostatnim argumentem jest tzw. miara rutowania – wartość 1 świadczy o tym, że definiowana trasa prowadzi przez gateway (w ogólności możliwe są inne rozwiązania).

Definicją trasy rutowania została wprowadzona do pliku systemowego startowego stacji. Jednocześnie trzeba było zablokować mechanizmy tworzące na bieżąco dynamiczne tablice rutowania (Silicon Graphics ma takie funkcje zaimplementowane domyślnie na nowym sprzęcie). Po dokonaniu tych zmian stacja O2 może korzystać z sieci po każdym restarcie.

Ponieważ stacja została włączona do sieci na prawach serwera internetowego koniecznym było umożliwienie jej pracy non-stop. W tym celu stacja została doposażona w zasilacz awaryjny UPS i od końca 1997 roku pracuje bez wyłączeń – poza przerwami konserwacyjnymi.

Głównym zadaniem stacji O2 w sieci Internet jest utrzymywanie strony informacyjnej WWW Ośrodka Mechatroniki. Strona ta została utworzona w końcu 1997 roku i będzie sukcesywnie uzupełniania, poprawiana, konserwowana. Na wstępie przyjęto podstawowe założenia strony WWW:

- strona główna będzie posiadała:
 - możliwość wyboru języka, w jakim będą wyświetlane informacje (polski, angielski, niemiecki),

- Odnośnik do strony głównej Instytutu PIAP,
- Mechanizm umożliwiający przesłanie wiadomości za pomocą poczty e_mail
- następna strona będzie zawierała odnośniki do stron:
 - Instytutu PIAP,
 - opisu ogólnego Ośrodka Mechatroniki,
 - prezentacji pracowników,
 - prezentacji projektów zrealizowanych,
 - informacji o produktach oferowanych przez Ośrodek.

Prace nad stroną WWW są aktualnie prowadzone.

7. Możliwości wykorzystania stacji O2 do modelowania i symulacji robotów.

Według pierwotnych zamierzeń drugą grupą tematyczną, dla której miała być przeznaczona stacja O2, stanowiły prace z dziedziny robotyki. Dlatego też w ramach realizacji niniejszego zlecenia sprawdzono działanie stacji we współpracy z oprogramowaniem do modelowania i symulacji robotów. W próbach wykorzystano następujące programy:

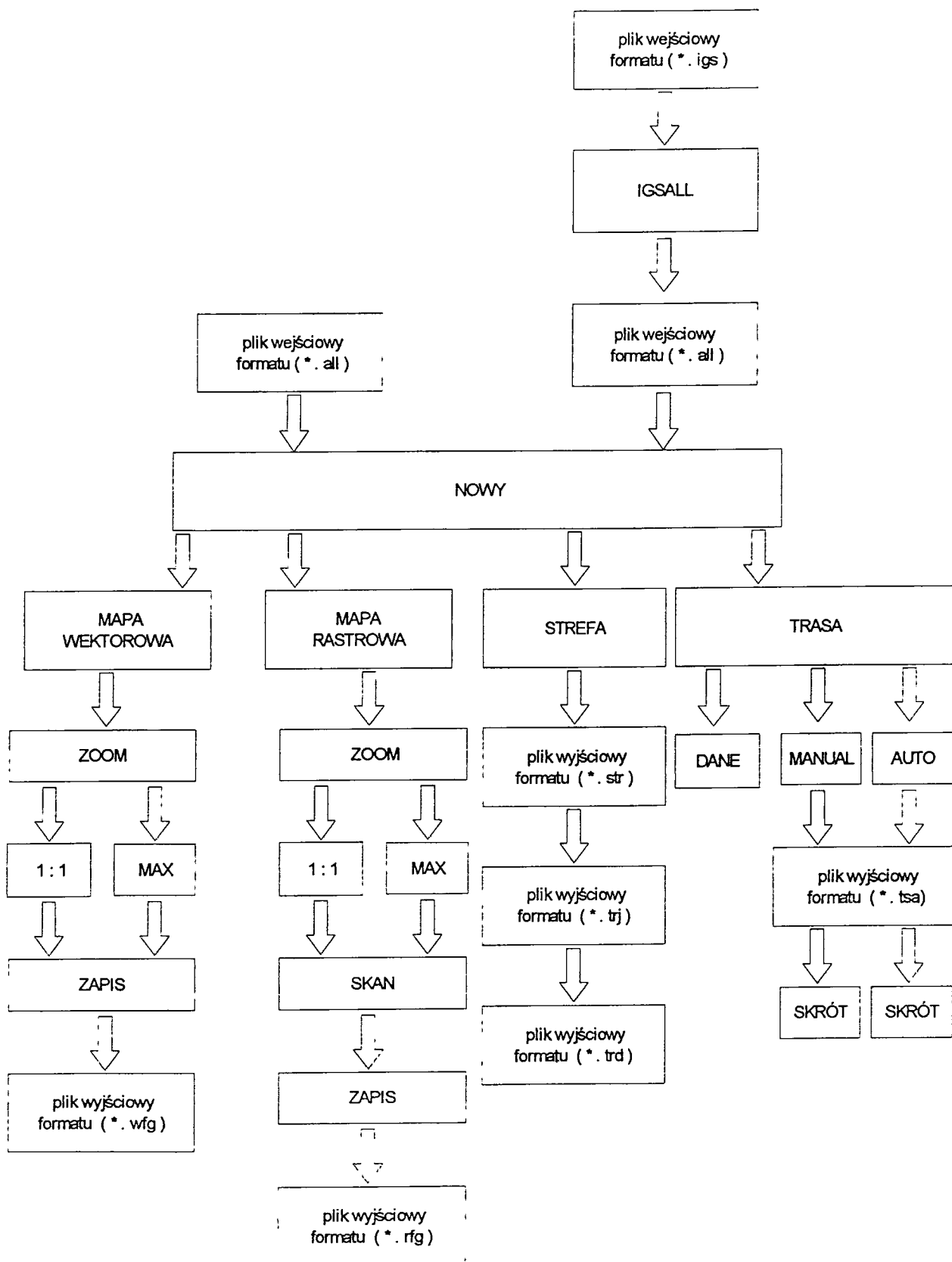
- CADINROB – pakiet opracowany w PIAP-OME, umożliwia wprowadzenie do systemu robota mobilnego mapy otoczenia utworzonej w programie AUTOCAD oraz generowanie bezkolizyjnej trajektorii między dwoma punktami na mapie,
- KSWP_URP – program opracowany w PIAP-OME, służy do programowania off-line robotów URP oraz do sprawdzania programów użytkowych (z elementami prostej wizualizacji),
- WORKSPACE 4 – profesjonalny pakiet symulacyjny firmy Robot Simulations Ltd.

2.1. Zasada działania i opis programu CADINROB.EXE

Celem opracowania pakietu CADINROB było stworzenie oprogramowania umożliwiającego efektywne wprowadzanie do systemu robota mobilnego globalnej mapy otoczenia (utworzonej wcześniej przy pomocy programu komputerowo wspomaganego projektowania) oraz realizację zadania wyznaczania optymalnej i bezkolizyjnej trajektorii, bazując na wektorowym modelu opisu otoczenia. Program napisany został w języku C z wykorzystaniem kompilatora Borland C++ v. 3.1. Ze względu na dużą obecnie popularność budowę globalnej mapy otoczenia oparto na programie AUTOCAD firmy AUTODESK.

Program CADINROB umożliwia przekształcenie danych wejściowych, w postaci pliku formatu (*.igs) programu AUTOCAD, na plik z opisem wektorowym globalnej mapy otoczenia (pomieszczenia, korytarze itp.). Na podstawie znajomości globalnej mapy obiektu możliwe jest wyznaczenie trajektorii pomiędzy punktem startowym i końcowym. Planowanie trajektorii wykorzystuje metodę dekompozycji przestrzeni. Ze względu na wykryte podczas pisania programu niedoskonałości tej metody zaproponowane zostały algorytmy uzupełniające. Ponieważ program przeznaczony jest dla szerokiej gamy robotów wymogiem stało się planowanie trajektorii z uwzględnieniem zmiennej minimalnej odległości robota od przeszkód. Graficzne przedstawienie globalnej mapy pomieszczenia, z zaznaczeniem przestrzeni dostępnych dla robota, umożliwia natychmiastową weryfikację wyznaczonej trajektorii. Dla potrzeb współpracy programu z układami sensorycznymi robota przewidziano opcję powiększania dowolnego zaznaczonego obszaru oraz zapis wybranego obszaru w postaci mapy wektorowej lub rastrowej. Pierwotnie wyznaczona trajektoria odbiega zazwyczaj od trajektorii optymalnej. Z

tego względu koniecznym stało się jej optymalizowanie. Za najszybszy i zarazem najprostszy uznano algorytm optymalizacji trajektorii metodą redukcji węzłów.



Rys. 7.1. Ogólna zasada działania programu CADINROB.EXE

Program CADINROB.EXE umożliwia graficzne przedstawienie globalnej mapy pomieszczenia. Podczas rysowania mapa globalna zostaje przeskalowana w celu dopasowania do wymiarów okna graficznego. Współczynnik skalowania jest jednakowy dla obu osi. Ogólny schemat działania programu przedstawia rys. 7.1. Globalna mapa pomieszczenia może zostać przedstawiona w postaci wektorowej lub rastrowej. Opcja WEKTOR umożliwia wyrysowanie jedynie konturów rysunku bez określenia przestrzeni wolnych i zajętych. Opcja RASTER tworzy obraz, w którym kolorem zielonym oznaczone zostają przestrzenie dostępne dla robota, zaś kolorem czerwonym wszelkie przeszkody oraz ściany. Postać mapy lokalnej uzależniona jest od trybu otwarcia pliku z globalną mapą pomieszczenia. Program umożliwia dwa sposoby powiększenia wybranego fragmentu obrazu:

- opcja „MAX” - powiększenie dowolnego fragmentu obrazu przez podanie jego dwóch przeciwległych wierzchołków,
- opcja „1:1” umożliwia powiększenie dowolnego fragmentu obrazu przez wskazanie środka tego obszaru.

Program umożliwia również stworzenie rastrowej mapy globalnej. Funkcja SKAN przekształca mapę wektorową na mapę w zapisie rastrowym. Przekształcenie to jest operacją graficzną. Opcja „STREFA” pozwala na uwzględnienie wymiarów charakterystycznych robota (promień zewnętrzny konstrukcji) przy planowaniu trajektorii. Wielkość strefy określa obszar wokół przeszkód, który umownie staje się obszarem niedostępnym dla robota. Efekt ten osiągnięto przez poszerzenie przeszkód o wielkość strefy i planowanie trajektorii robota w oparciu o mapę z powiększonymi przeszkodami. W wyniku działania funkcji „ STREFA ” otrzymujemy trzy pliki:

- plik z rozszerzeniem *.str zawierający globalną mapę otoczenia z poszerzonymi przeszkodami,
- plik z rozszerzeniem *.trj zawierający punkty charakterystyczne potrzebne do wyznaczania trajektorii metodą dekompozycji (punkty na granicach rozłącznych obszarów),
- plik z rozszerzeniem *.trd zawierający poszczególne odcinki bezkolizyjnych trajektorii.

Planowanie trajektorii robota przy użyciu funkcji „TRASA” przeprowadzone może zostać na dwa sposoby:

- AUTO - ogranicza rolę użytkownika programu do wskazania punktu startowego i końcowego,
- MANUAL - wymaga podania poszczególnych punktów pośrednich tworzonej trajektorii.

W trybie „MANUAL” w przypadku wskazania punktu znajdującego się w obrębie przeszkody lub strefy zabronionej, oraz gdy nowo wskazany odcinek trajektorii koliduje z przeszkodą rozlega się dźwięk informujący użytkownika o

nieprawidłowym położeniu punktu pośredniego trajektorii. Program umożliwia także pokazanie wszystkich odcinków trajektorii, które mogą zostać wyznaczone dla danego modelu środowiska. Zadanie to realizuje opcja „DANE”. Trajektoria wyznaczona metodą dekompozycji przestrzeni nie jest trajektorią optymalną. Funkcja „SKRÓT” przeprowadza automatyczną optymalizację trajektorii metodą redukcji węzłów. Ze względu na potrzebę powiększania różnych fragmentów mapy globalnej wynikającą ze zmiennej pozycji robota możliwe jest odtworzenie pierwotnej mapy globalnej za pomocą opcji „POWRÓT”.

2.2. Komputerowy System Wspomagania programowania Robotów URP KSWP_URP.

Program KSWP_URP został zaprojektowany na bazie systemu KSWP_IRb opracowanego dla robotów IRb-60 pracujących w tłoczni Fiat-Auto-Poland, w Tychach. Generalnie system przeznaczony jest do edycji i sprawdzania programów użytkowych robota na komputerze klasy PC, a więc do programowania robotów metodą "off-line". Umożliwia również gromadzenie i archiwizowanie wcześniej napisanych programów oraz transmisję tych programów z/do sterownika robota

Oprogramowanie to zostało napisane po systemem firmy BORLAND C++ for Windows wersja 3.1 przy wykorzystaniu OWL - Biblioteka Obiektów Windows (Object Windows Library). Wykorzystano w nim typowe mechanizmy systemu Windows, m.in. system menu rozwijanego, konwersacja, narzędzia edycyjne.

Linia menu głównego zawiera 9 pozycji. Opcja ‘Plik’ daje następujące możliwości:

- **Nowy** - utworzenie nowego okna edycyjnego;
- **Otwórz** - otwarcie i edycja wcześniej utworzonego pliku z programem;
- **Schowaj** - zapisanie aktualnej wersji programu na dysku;
- **Drukuj** - wydrukowanie pliku;
- **Koniec** - zakończenie pracy z programem KSWP_URP;

Funkcje dotyczące edycji plików – opcja ‘Edycja’:

- **Odtwórz** - odtworzenie ostatniego usuniętego ciągu znaków;
- **Wytnij** - usunięcie zaznaczonego tekstu z zapamiętaniem go w „Schowku” Windows;
- **Kopiuj** - zapamiętanie zaznaczonego tekstu w „Schowku” Windows;
- **Wpisz** - wstawienie za kursorem aktualnej zawartości „Schowka” Windows;
- **Usuń** - usunięcie zaznaczonego tekstu;

Funkcje dotyczące poszukiwania ciągu znaków – opcja ‘Szukaj’:

- **Znajdź** - odszukanie w tekście dowolnego ciągu znaków,
- **Zastąp** - zastąpienie wskazanego ciągu znaków innym,

- **Następny** -szukanie kolejnego ciągu znaków wskazanego w **Znajdź**.

Organizacja ekranu przy otwieraniu jednocześnie wielu plików - opcja 'Okno':

- **Kaskada** – kaskadowy układ okien
- **Kafelki** – okna ułożone sąsiadująco,
- **Zamknij wszystko** – zamknięcie wszystkich okien.

Opcja 'Pomoc' udostępnia dwie grupy informacji:

- **o środowisku;**
- **o programie;**

Oddzielną pozycją menu jest funkcja **Przenumeruj**, której wywołanie powoduje uruchomienie mechanizmu zmiany numerów instrukcji programu robotowego zawartego w obecnie edytowanym oknie tak, aby instrukcje były numerowane co dziesięć.

Następnymi funkcjami są :

- **Kompilacja** - przekodowanie programu z postaci tekstowej do postaci binarnej i umieszczenie jej w pliku, który można przesłać następnie do sterownika; kompilacji podlega program, który znajduje się w aktualnie otwartym oknie.
- **Dekompilacja** - opcja ta umożliwia przekodowanie programu z postaci binarnej zawartej we wskazanym pliku (*.bin) do postaci tekstowej i umieszczenie ją w pliku o rozszerzeniu (*.prg).

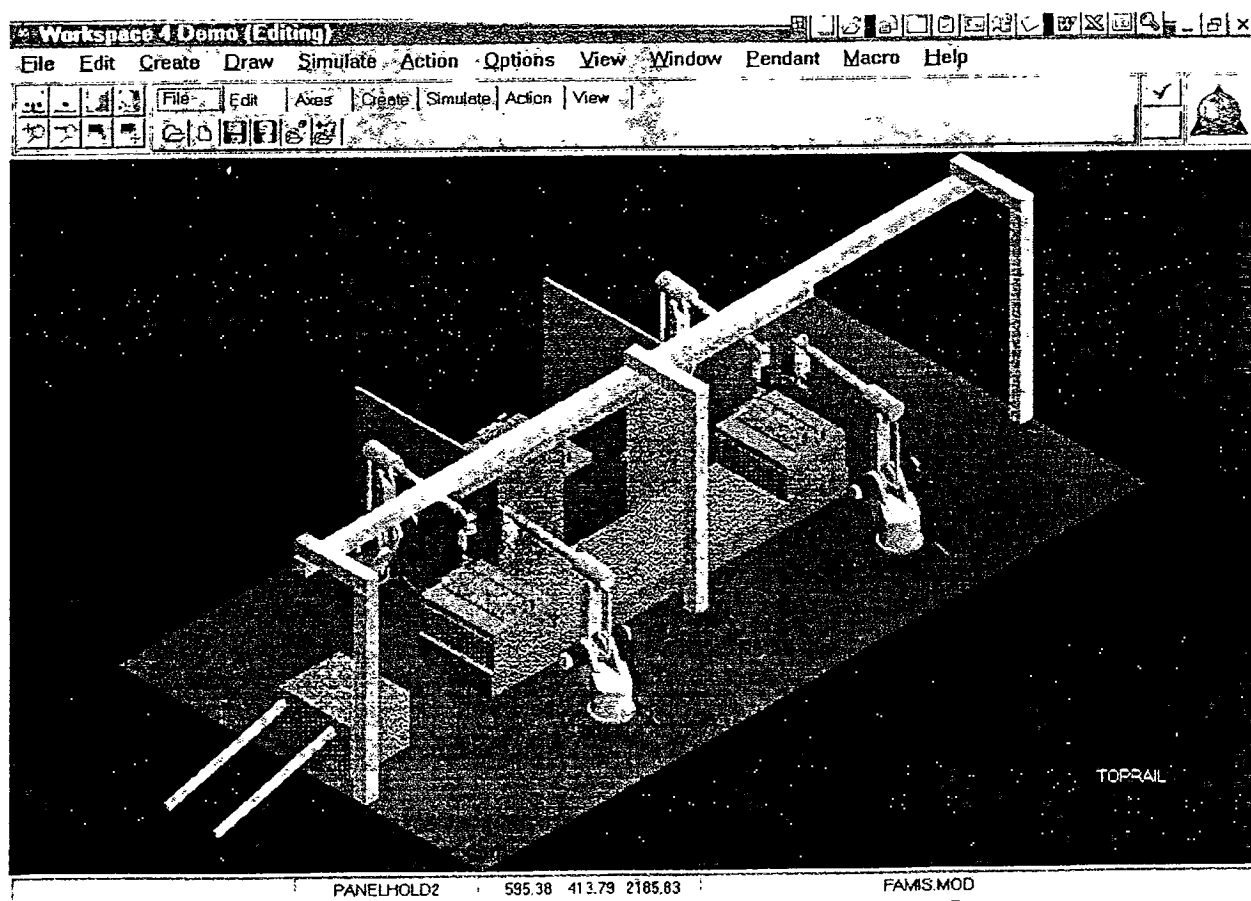
Przesyłanie programów między komputerem PC a sterownikiem robota odbywa się za pośrednictwem łącza szeregowego. Pliki transmitowane są w formacie INTEL-HEX. Współpracę programu ze sterownikiem robota realizują funkcje w opcji 'Transmisja':

- **Parametry** - ustawienie parametrów transmisji,
- **Nadawanie** - wysyłanie pliku binarnego do sterownika robota,
- **Odczyt** - odebranie programu ze sterownika robota.

Ostatnia z opcji - '**Wizualizacja**' jest odpowiedzialna za włączanie i wyłączenie graficznej animacji robota przy symulacyjnym sprawdzaniu wykonania programu. Przy włączonej wizualizacji można zaobserwować na ekranie ruchy robota, według wprowadzonego programu użytkowego. W obecnej wersji programu zrealizowano tzw. drutowy model robota - zbudowany z prostopadłościaków i graniastosłupów. Taka animacja daje pogląd o ogólnym położeniu ramion robota, pozwala ocenić efektywny obszar jego pracy podczas realizacji programu. Ten mechanizm nadaje systemowi KSWP_URP charakter oprogramowania narzędziowego typu off-line.

2.3. Pakiet symulacyjny Workspace 4.

Program ten jest przeznaczony do projektowania robotów i systemów zrobotyzowanych oraz symulacji ich działania wraz z pełną animacją graficzną. Jako jeden z niewielu programów tego typu pracuje w środowisku Windows 95/NT. Wykonawcy pracy mieli do dyspozycji jego wersję DEMO. Przykładowe okno programu z systemem czterech robotów prezentuje rysunek 7.2. Program posiada własną bibliotekę robotów zawierającą podstawowe typy głównych światowych producentów. Użytkownik może również tworzyć własny model. Możliwe jest ręczne sterowanie robotem na ekranie, również z wykorzystaniem symulacji panelu programowania. Program ma bardzo dużo opcji funkcji graficznych, m.in. zmiana skali obrazu, zmiana pozycji obserwatora, obrócenie całej sceny itd.



8. Podsumowanie

W momencie wprowadzania na rynek, światowa premiera tego modelu odbyła się w październiku 1996, Silicon Graphics O2 wyposażony w procesor R10000 stał się liderem jeśli patrzeć na wskaźnik cena/wydajność. Dotyczy to szczególnie oceny funkcji przetwarzania grafiki. Jednocześnie konfiguracja ta jest idealnym wyborem dla wszystkich osób szukających sprzętu komputerowego o najwyższej mocy obliczeniowej, mającego możliwości bezpośredniej pracy w sieci jako serwer Internet. W tejże sieci można znaleźć dużo oprogramowania dedykowanego dla systemów rodziny UNIX, dostępnego bezpłatnie, w tym również programów do symulacji robotów.

Wszystkie opisane w rozdz. 7 pakiety programów zostały z sukcesem zainstalowane i uruchomione na stacji O2. W tym celu zorganizowano prace z symulacją systemu Windows 95. W takim trybie O2 zachowuje swoje walory jeśli idzie o wygląd grafiki, jednak szybkość jej przetwarzania zdecydowanie spada. Można powiedzieć, że przetwarzanie obrazów nowoczesnego komputera PC z szybkim procesorem rodziny Pentium i szybką kartą grafiki jest bardziej efektywne. Dlatego też stacja powinna pracować przede wszystkim z programami działającymi w jej naturalnym środowisku, a więc systemu IRIX. W takiej konfiguracji nadaje się znakomicie zarówno do symulacji jak i projektowania nawet bardzo skomplikowanych systemów mechanicznych.

Dodatkowo trzeba stwierdzić że stacja O2 ma bardzo dobre właściwości jako serwer Internet. Jej wykorzystanie do posadowienia strony informacyjnej Ośrodka Mechatroniki oraz do przeszukiwania sieci jest bardzo efektywne. W przyszłości na stacji tej można zainstalować również strony WWW dla innych grup tematycznych – podjęto już wstępne przymiarki do zorganizowania informacji multimedialnej o pracach PIAP w dziedzinie recyklingu samochodów.