

Prehľad normalizovaných grafických systémov

Andrej Ferko, MFF UK, 8-42 15 Bratislava, Slovakia

ferko@fmph.uniba.sk

Abstract

The paper deals with the survey of standardized graphic systems from the point of view of a course for computer graphics students. This Comenius University course is based on a new textbook [ErFe93] on this topic which seems to be a very useful notional and conceptual tool for systematic understanding of the functionality, and architecture of any graphic system.

1 Úvod

V rámci bloku "Počítačová grafika" je na MFF UK v Bratislave aj predmet "Grafické normy a systémy", s cieľom oboznámiť študentov s normalizovanými grafickými systémami (NGS), ktoré predstavujú jeden zo smerov rozvoja počítačovej grafiky. Počítačová grafika sa zaoberá metódami a postupmi prevodu údajov na grafické zobrazenie a grafického zobrazenia na údaje pomocou počítača. Normalizované grafické systémy sú výsledkom medzinárodného úsilia o vytvorenie jazykov na myslenie o grafike. Grafický systém možno vnímať ako rozhranie medzi aplikačným programom a grafickým zariadením. Kým aplikačný program pracuje s modelom objektu, grafický systém už objekt zobrazuje. Grafický systém nezávisí ani na aplikácii ani na konkrétnom zariadení. Za NGS sa považujú iba tie, ktoré prijala medzinárodná organizácia pre štandardizáciu - International Organization for Standardization (ISO). Prvým NGS bol Graphical Kernel System (GKS, 1985), nasledovali Computer Graphics Metafile (CGM, 1987, 1992 norma nie NGS ale spôsobu ukladania grafických dát, čo s NGS úzko súvisí), Graphical Kernel System for Three Dimensions (GKS-3D, 1987), Programmer's Hierarchical Interactive Graphics System (PHIGS, 1989), Computer Graphics Interface (CGI, 1992) a PHIGS Plus Lumière und Shading (PHIGS PLUS, PHIGS+, 1992). Pripravuje sa Windows Management System, norma pre užívateľské rozhranie na princípe oknového systému, diskutuje sa o projekte PEX, ktorýmá zosúladiť sieťovo transparentný oknový systém s funkčnou normou pre 3D grafiku, a o zamýšľaných normách pre hypermédiá a multimédiá. V roku 1992 bol ukončený vývoj meta-normy Computer Graphics Reference Model (CGRM), o ktorej sa predpokladá, že bude mať veľký vplyv na novovyvíjané normy i na revíziu súčasných, (napr. GKS). Táto meta-norma by mala byť počiatkom tzv. druhej generácie grafických noriem. Pripravuje sa aj norma z oblasti spracovania obrazu. Hlavnou výhodou programov, využívajúcich NGS, je medzinárodné garantovaná prenositeľnosť. Hlavnou nevýhodou textu o NGS je fixovanie pohľadu na pohyblivý cieľ - medzinárodná štandardizácia v oblasti počítačovej grafiky priam exploduje.

Historicky prvá norma GKS je dvojrozmerná funkčná norma. Norma CGI špecifikuje funkčnosť virtuálneho grafického zariadenia, t.j. idealizovaného fyzického zariadenia. Norma CGM normuje kódovanie, ukladanie a prenos grafickej informácie. Za podstatné pre študentov sa považujú základy i programátorská prax (v prostredí Z-PHIGS) podľa normy PHIGS, ktorá zahŕňa dvoj- i trojrozmernú interaktívnu grafiku a hierarchiu objektov.

2 Referenčný model grafických noriem

Vývoj počítačovej grafiky sa podstatne ovplyvňoval rozvojom hardveru a softveru. Rozvoj grafického softveru možno periodizovať v týchto etapách: 1. balíky podprogramov pre konkrétne zariadenia, 2. balíky vyššej úrovne, nezávislé od zariadenia. V polovici 70. rokov bola zrejma potreba normalizovať takéto balíky a od roku 1977 prevzala koordináciu týchto snáh medzinárodná organizácia pre štandardizáciu - ISO. 3. etapu v rozvoji softveru teda sú

a budú medzinárodné prenositeľné grafické systémy; túto stránku vývoja grafického softveru podnecuje prenositeľnosť (portabilita).

Formálne prijaté normy bývajú úspešné a neúspešné. Prikladom úspešnej normy je široko a úspešne používaný RS-232-C, kým napr. normu ANSI X3.23 na návrh klávesnice celkom prekryl iný - na trhu samozrejmy - návrh klávesnice firmy IBM pre PC/XT a PC/AT. V 3. etape rozvoja grafického softveru sa často používajú aj "firemné normy", napr. formáty kódovania dát PCX, GIF.

Základnú štruktúru aplikačného systému, využívajúceho (interaktívnu) počítačovú grafiku možno charakterizovať takto: aplikačný program (s aplikačnou databázou) spracúva model reálnych alebo abstraktných objektov a rozhoduje, čo zobrazí. Popíše teda pre grafický systém tvar a vzhľad objektu a grafický systém vykoná požadované zobrazenie na zariadení. Autor programu tak nemusí študovať detaily zariadenia, aplikačný program je na zariadení nezávislý a prenositeľný na iné zariadenia.

Analogicky grafický systém odovzdáva aplikačnému programu vstupy od operátora, ktorý komunikuje s programom cez vstupné zariadenie. Jednou z hlavných myšlienok takéhoto konceptuálneho modelu je oddelenie modelovania a zobrazovania. Grafický systém sa stáva nezávislým od aplikácie, rastie jeho univerzálnosť a klesá zložitosť. O hranici medzi modelovaním a zobrazovaním sa vedú spory, napr. kam patrí hierarchia skladania zložitejších objektov z jednoduchších.

Metodika zobrazovania má 4 etapy. 1. Určenie objektov, ktoré sa budú zobrazovať. (Nie všetko z modelu sa vždy zobrazuje!) 2. Geometrický popis symbolov, ktoré budú dané objekty reprezentovať. 3. Vyjadrenie geometrického popisu symbolov v grafických prvkoch daného grafického systému. 4. Samotné zobrazenie.

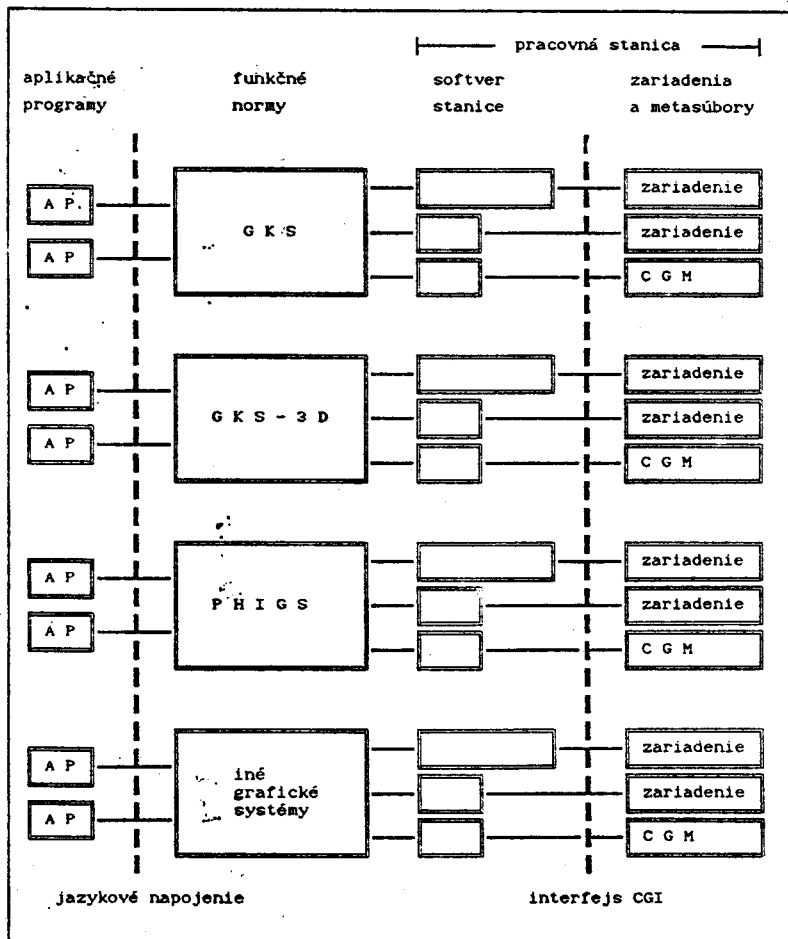
Metodika návrhu dialógu (interakcie) má tiež 4 časti (vrstvy). Jazyk dialógu má byť pohotovosť a úplný a má umožňovať spätnú väzbu. Jeho návrh má 4 vrstvy: 1. pojmový (užívateľský aplikačný model); 2. sémantický (činnosť a stav systému, napr. aké akcie možno zadať); 3. syntaktický (pravidlá dialógu, napr. ktoré akcie sa vylučujú); 4. lexikálny (ako sformovať symbol jazyka z hardverových primitívov, napr. ktorá klávesa znamená danú akciu operátora).

Postupom v rámci uvedených metodík sa tvorí interaktívny grafický program na prácu s konkrétnym aplikačným modelom. Pri vývoji niektorých noriem (GKS, PHIGS) však vysvitlo, že konceptuálny model základnej štruktúry aplikačného grafického systému (aplikácia - grafický systém - zariadenie) nedostačuje. Vznikol preto podrobnejší model, ktorý sa nazýva referenčný model grafických noriem.

Interfejs na grafický systém sa tu špecifikuje v 2 krokoch. V 1. kroku sa určí funkčná norma, napr. PHIGS. Tá je ale zadaná nezávislo na programovacom jazyku, a preto treba medzi program a PHIGS vložiť ďalší komponent, nazývaný jazykové napojenie (language binding). Samozrejme, aj program aj PHIGS sa implementujú v konkrétnom jazyku a jazykové napojenie stanovuje reprezentáciu každej funkcie PHIGS v danom jazyku. Jazykové napojenie možno považovať za interfejs aplikačného programu (aplikačný interfejs; rozhranie). Pri tvorbe projektu programu teda programátor uvažuje v pojmoch funkčnej normy, kým pri programovaní v pojmoch jej jazykového napojenia. Grafický systém realizuje požiadavky aplikačného programu na danom zariadení, ale tiež by nemal závisieť od konkrétneho fyzického zariadenia. Konceptuálna obdoba fyzického zariadenia sa nazýva pracovná stanica (workstation). Grafické systémy umožňujú prácu s viacerými stanicami. Stanica je abstrakciou fyzického zariadenia, ktoré spĺňa všetky požiadavky grafického systému. Aby sa konkrétne fyzické zariadenie zúplnilo na takú úroveň, treba ho podporiť softverom, ktorý sa nazýva softver stanice. Medzi softverom stanice a vlastným zariadením teda existuje ďalšie rozhranie. Normovaním tohto rozhrania sa

zaoberá norma CGI (Computer Graphics Interface). Nazýva sa aj interfejsom medzi na zariadení závislou a nezávislou časťou grafického systému.

A napokon vidno na obrázku na mieste stanice metasúbor CGM. Tento zvláštny typ stanice zaviedli pri vývoji normy GKS. Je to teda špeciálne virtuálne zariadenie, kde sa grafická informácia namiesto vykreslenia ukladá do súboru. Norma CGM (Computer Graphics Metafile) popisuje formát metasúboru na ukladanie a prenos grafickej informácie. Archivácia obrazu a jeho prípadné načítanie z metasúboru sú často nevyhnutnými krokmi pri práci s grafikou.



Obrázok: Referenčný model grafických noriem

3 Prehľad noriem

Medzinárodnú normotvorbu v počítačovej grafike od roku 1977 koordinuje ISO, ktorá sa zaoberá vývojom a vydávaním noriem. Jej členmi sú národné normalizačné organizácie (za ČSFR to bol Federálny úrad pro normalizaci a měření, za SR Úrad pre normalizáciu, meranie a skúšobníctvo SR; grafické normy spadajú medzi technické normy, ktoré patria pod Slovenský ústav technickej normalizácie), ktoré sa na práci ISO podieľajú a normy ISO obvykle prijmu ako národné. ISO sa člení na technické komisie, napr. TC97 (Technical Committee 97 Information Processing) sa pôvodne zaoberala spracovaním informácií a jej podkomisia SC21 (Subcommittee 21 Open Systems Interconnection) prepájaním otvorených systémov. Do roku 1987 existovala v rámci ISO TC97/SC21 pracovná skupina 2 s názvom Počítačová grafika a označením ISO TC97/SC21/WG2 Computer Graphics. V roku 1987 túto skupinu WG2 "povýšili" na SC24 a zároveň ISO podpísala dohodu s IEC (International Electrotechnical Committee) o spoločnom postupe, keďže obe vydávajú normy v oblasti výpočtovej techniky. Vznikla tak spoločná technická komisia 1 (Joint Technical Committee 1) namiesto horeuvedenej TC97. Normy prijaté v rámci JTC1 sú teda normami ISO i IEC (double standards). Grafické normy dnes pripravuje ISO/IEC JTC1/SC24, ktorá sa člení na pracovné skupiny, ktoré sa zaoberajú vývojom referenčného modelu, GKS, CGI, atď.

Vývoj normy sa začne tým, že niektorý člen WG predloží návrh. Pracovná skupina pripraví podľa návrhu pracovný návrh (Working Draft, WD). Členovia podkomisie ho pripomienkujú a na základe hlasovania WD buď zamietnu alebo povýšia na návrh výboru (Committee Draft, CD) (v predchádzajúcej terminológii: predkladaný návrh, Draft Proposal, DP) a pridelia mu poradové číslo, pod ktorým bude neskôr registrovaná norma. Opakujú sa pripomienky a hlasovanie a CD (predtým DP) sa môže stať návrhom medzinárodnej normy (Draft International Standard, DIS). Napokon sa z DIS stáva medzinárodná norma (International Standard, IS). Napr. GKS začínalo ako DP 7942 a dnes je IS 7942.

Nasleduje prehľad projektov ISO pre normy pre počítačovú grafiku. ISO/IEC JTC1/SC24 COMPUTER GRAPHICS AND IMAGE PROCESSING má 4 pracovné skupiny: Multimedia Presentation and Interchange, Imaging, Language Bindings and Registration a Architecture. Každá z týchto skupín vyvíja normy v rámci nasledujúcich projektov:

- 1.24.1 Graphical Kernel System
- 1.24.2 GKS Language Bindings
- 1.24.3 Programmer's Hierarchical Interactive Graphic System (PHIGS)
- 1.24.4 PHIGS Language Bindings
- 1.24.5 Computer Graphics Metafile
- 1.24.6 Interfacing Techniques for Dialogues with Graphical Devices (CGI)
- 1.24.7 Conformance Testing
- 1.24.8 Reference Model
- 1.24.10 Image Processing and Interchange

Funkčné normy GKS, PHIGS a CGI reprezentujú 1. generáciu noriem. V súčasnosti sa rozvíja metodológia pre 2. generáciu noriem, očakávajú sa špecifikácie 'New API (Application Programming Interface)' - prvej normy grafického systému 2. generácie. Možno čakať, že na rozvoj budúcich noriem budú mať silný vplyv nasledujúce metodológie: Windowing, Object Oriented Programming, Hypermedia a Multimedia, Modern User Interface Methodologies, Modern Hardware Facilities (vrátane 3D), protokoly v súlade s OSI, konkrétne ASN.1 a kompatibilita medzi normami. Vysoká dôôležitosť sa prikladá novému projektu PREMO (Presentation Environment for Multimedia

Objects), ktorý má anticipovať potreby noriem v polovici 90. rokov. Za SR sa na práci ISO v počítačovej grafike podieľa MFF UK, kde od roku 1987 na seminároch priebežne vzniká aj slovenská terminológia.

4 Bibliografické poznámky

Prvými dostupnými publikáciami o NGS boli skriptá [Halz87], [Mede88] a články, ktoré publikovali J. Krč-Jediny a P. Mederly, [KrMe88] a anglický prehľad "Development of Computer Graphics Standards" od L. Granáta z Prahy, [Gran89]. V Ružického skriptách "Úvod do počítačovej grafiky" je úvodný prehľad GKS. Ďalšie dostupné pramene ponúkajú zborníky Jarnej školy z počítačovej grafiky, ktorú organizujú MFF UK a JSMF od roku 1984. Problematiky noriem sa dotýka takmer každá rozsiahlejšia učebnica či skriptum počítačovej grafiky - [FVFH90], [Hogg86], [HeBa86], [Purg91], [Guid88], [Žára92], [SoŽa93]. Vynecháva ju V. Skala (VŠSE Píseň) kvôli mimoriadnemu rozsahu.

5 Perspektivy

Dosiaľ uvedené normalizované grafické systémy sú sice normami ISO, ale na softverovom trhu sa v niečom opakuje situácia "algol-fortran": od 60. rokov medzinárodným referenčným jazykom na zápis algoritmov bol algol (predchodca pascalu), ale dominujúca firma IBM presadila na trhu firemný jazyk fortran, hoci mal mnoho nevýhod. Trhovo dostupné interaktívne systémy majú tiež z hľadiska NGS mnoho nevýhod, lež jeden smer vývoja užívateľských rozhraní sa javí takým perspektívnym, že dnes už ovplyvňuje aj medzinárodnú normotvorbu. Sú to 2D oknové systémy (window-management systems, WMS), ktoré obhospodarujú obrazovku a vstupné zariadenia tak, že niekoľko aplikácií alebo viac záberov jednej aplikácie môže zdieľať obrazovku. Základnou metaforou tohoto prístupu je pracovný stôl - na obrazovke sa ukazujú rôzne aplikácie a užívateľ si svoj "pracovný stôl a papiere" podľa potreby upravuje (obvykle myšou a klávesnicou). Dalo by sa povedať, že kým NGS vznikli predovšetkým kvôli prenositeľnosti grafického softveru (skúmali ČO je grafika) a ich vplyv na softverovú výrobu je a bude dlhodobý, tak WMS vznikli hlavne kvôli užívateľovi (skúmali AKO grafiku použiť). Kým NGS analyzovali a vyvíjali pojmy v oblasti hardveru, softveru, dát a algoritmov - optimalizovali zložitost', čas a pamäť grafického pracoviska, minimalizovali rozhrania medzi aplikáciou, grafikou a hardverom, oknové systémy vyvíjali pojmy v oblasti užívateľského rozhrania (user interface), maximalizovali výkonnosť užívateľa, študovali jeho potreby a správanie. Samotná grafika je v nich až druhotnou záležitosťou. Oknový systém sa v dohľadnom čase stane tiež normou ISO, lebo problém prenositeľnosti sa samozrejme už prejavil aj medzi rôznymi oknovými systémami. Ako neraz, v normalizácii tu ISO/IEC predstihli Američania (ANSI, komisia X3H3).

Niektoré oknové systémy obsahujú svoj grafický systém, ktorý ponúka na zariadení nezávislé abstrakcie, kým iné len odovzdávajú volania grafických funkcií príslušnému grafickému softveru a hardveru. Oknové systémy a NGS sa teda navzájom nevylučujú, ale možno hovoriť o ich spolupráci, syntéze a budúcom spoločnom vývoji, mnoho sa diskutuje o o projekte PEX, ktorý má snahu spojiť normu PHIGS so systémom X Windows.

Oknový systém predovšetkým spravuje prostriedky, takisto ako operačný systém. Rozdiel je v tom, že WMS prideluje plochu obrazovky rôznym programom, ktoré použitie obrazovky požadujú a potom dbá, aby sa tieto pridelené časti obrazovky nemiešali s inými. WMS prideluje programom aj vstupné zariadenia a zabezpečuje, aby sa tok vstupných dát dostal zo zariadenia do fronty udalostí príslušného programu. Oknové systémy samozrejme nekončia vývoj grafiky. Samotné programovanie grafiky sa v súčasnosti obohacuje o metódu objektovo orientovaného programovania. Iným smerom sa programovanie grafiky rozvíja do jazykov popisu kompozície stránok, napr. PostScript

(tento systém nemá grafický vstup, ale v ostatnom sa značne prekrýva s CGM a CGI; jeho prínos k normám ISO skúma ISO/IEC JTC1/SC18). V uvedených smeroch (objekty, popis stránok) možno uvidieť tendenciu odformalizovať prácu s grafikou a interakciou.

Oknový systém X (správne "X window system" alebo "X", nesprávne "X windows") verzia 11 (X11) je čoraz populárnejší "štandardný" oknový systém pre pracovné stanice s rastrovými displejmi. Vyvinul ho malý tím na Massachusetts Institute of Technology (MIT), [ScGe86]. Uviedol do života niekoľko nových pojmov a za svoju popularitu vďaka aj distribúcii zdrojového kódu a vysokej prenositeľnosti. X poskytoval správu displeja a grafiku pre 2D aplikácie. Neskôr ustanovili skupinu X3D, ktorá čoskoro [Rost89] vydala špecifikácie PEX (PHIGS Extension to X). PEX rozširuje X všeobecne pre 3D grafiku a konkrétne pre PHIGS a PHIGS PLUS. Diskusia s pohľadmi i kritikou z oboch strán (X i PHIGS) pokračuje, prístupy oboch systémov sa navzájom relativizujú a hľadá sa riešenie, ktoré spojí maximum výhod oboch.

Použitá literatúra

JŠPG je skratka In: Jarná škola počítačovej grafiky, zborník prednášok

- [Amme88] AMMERAAL, L.: Programming Principles in Computer Graphics. John Wiley & Sons, New York 1988
- [ArBo88] ARNOLD, D. B. - BONO, P. R.: CGM and CGI, Metafile and Interface Standards for Computer Graphics, Springer-Verlag 1988
- [Balo91] BALOGH, G., FERKO, A., JANKOVIČ, V., NIEPEL, L., RUŽICKÝ, E.: Systém COMGRAPHSYS - Algoritmická časť, in: Zborník ALGORITMY 1991
- [Bern85] BERNHARD, A.: ICONS and User-Interface Communication, Computer Graphics, Visual Technology and Art, edited by T. L. KUNII, Proceedings of Computer Graphics, Springer, Tokyo 1985
- [CoMu89] Computing in Musicology, A Directory of Research, Menlo Park 1989
- [DuFe89] ĐURIKOVIČ, R. - FERKO, A.: Programy na výuku rastrových algoritmov, JŠPG, Richňava 1989
- [EnKP84] ENDERLE, G. - KANSY, K. - PFAFF, G.: Computer Graphics Programming, GKS - The Graphics Standard, Springer 1984, 2. vyd. 1987
- [Erl88] ERTL, J.: Úvod do normy PHIGS, str. 29-37, JŠPG Stará Turá 1988
- [Erl91] ERTL, J.: New Primitives and Attributes in the CGM, str. 28-34, JŠPG, Bratislava 1991
- [Erl93] ERTL, J.: The Short Summary of Meeting Results for the 6th ISO/IEC JTC1 SC24 Plenary, Chiemsce, October 1992, in: Computer Graphics'93, Budmerice 1993/[ErFe93] ERTL, J. - FERKO, A.: Normalizované grafické systémy, MFF UK 1993/[FKoU88] FERKO, A. - KOSSACZKY, I. - UČNIKOVA, D.: Norma CGM (Computer Graphics Metafile), str. 38-41, JŠPG Stará Turá 1988
- [FoVD82] FOLEY, J.D. - VAN DAM, A.: Fundamentals of Interactive Computer Graphics, Addison-Wesley Publishing Company 1982
- [FVFH90] FOLEY, J.D. - VAN DAM, A. - FEINER, S. - HUGHES, J.: Computer Graphics: Principles and Practice, Second Edition, Addison - Wesley Publishing Company 1990
- [GaMT86] GAŠPAR, D. - MEDERLY, P. - TVAROŽEK, J.: Dátové štruktúry a hierarchia v systéme ISAN2. Návrh obvodu počítačom, Praha 1986
- [Gilo81] GILOI, V.: Interaktívna mašinajna grafika, Mir, Moskva 1981 (orig. GILOI, W. K.: Interactive Computer Graphics, Prentice Hall 1978)
- [Guid88] GUID, N.: Računališka grafika, učebnica, Maribor 1988
- [Gran89] GRANÁT, L.: Development of Computer Graphics Standards, Počítačová grafika'89, Smolenice 1989
- [GrSe80] GRANÁT, L. - SECHOVSKÝ, H.: Počítačová grafika, SNTL, Praha 1980/[Halz87] HALZL, O.: Grafické systémy a grafické normy, skriptum, SVŠT 1987
- [HeBa86] HEARN, D. - BAKER, M. P.: Computer Graphics, Prentice Hall 1986
- [HeBa91] HEARN, D. - BAKER, P.: Scientific Visualization, tutorial No. 6, Eurographics Conference, Vienna 1991
- [HeSe90] HEWLETT, W.B. - SELFRIDGE-FIELD, E. (Eds.): Computing in Musicology, A Directory of Research, Menlo Park, CA, Oct 1990
- [Hogg86] HOPGOOD, F.R.A. - DUCE, D.A. - GALLOP, J.R. - SUTCLIFFE, D.C.: Introduction to the Graphical Kernel System (GKS), Academic Press 1986

[ISO646] ISO 646 - 7-bit Coded Character Set for Information Interchange, ISO 1983 [IS2022] ISO 2022 - ISO 7-bit and 8-bit Coded Character Sets - Code Extension Techniques, ISO 1983
 [IS7942] ISO 7942 [1985] - Information Processing - Computer Graphics - Graphical Kernel System [GKS] - Functional Description
 [IS8632] ISO/IEC 8632: Information Processing Systems - Computer Graphics Metafile for the Storage and Transfer of Picture Description Information, ISO 1992 [IS8632A] ISO/IEC 8632-1:1987/Am.1:1990: Information Processing Systems - Computer Graphics Metafile for the Storage and Transfer of Picture Description Information - Amendment 1 - part 1, ISO 1990
 [IS8632B] ISO/IEC 8632-1:1987/DAM 3 Information Processing Systems - Computer Graphics Metafile for the Storage and Transfer of Picture Description Information - Amendment 3 - part 1, ISO 1987
 [IS8632C] ISO/IEC 8632-1:1987: Information Processing Systems - Computer Graphics Metafile (CGM) for the Storage and Transfer of Picture Description Information, ISO 1987
 [IS8651] ISO 8651 - GKS Language Bindings, ISO 1988
 [IS8805] ISO/DIS 8805 - Graphical Kernel System for Three Dimensions (GKS-3D), ISO 1987
 [IS9592] ISO 9592 - Programmer's Hierarchical Interactive Graphics System (PHIGS), ISO 1989
 [IS9636] ISO 9636 - Computer Graphics Interface (CGI), ISO 1991
 [Krč91] KRČ-JEDINÝ, J.: ISO/IEC JTC1/SC24 (Computer Graphics) Plenary London, Apr 22-23 1991 - Results and Trends, str. 90-95, JŠPG, Bratislava 1991
 [Krč92] KRČ-JEDINÝ, J.: ISO/IEC JTC1/SC24 Plenary Report, Amsterdam, Feb 92, str. 84-88, JŠPG, Bratislava 1992
 [KrMe87] KRČ-JEDINÝ, J. - MEDERLY, P.: Vývoj medzinárodných noriem v počítačovej grafike, JŠPG, Richňava 1987
 [KrMe88] KRČ-JEDINÝ, J. - MEDERLY, P.: Medzinárodné normy v počítačovej grafike, in: Objektovo orientované programovanie a modelovanie systémov, str. 98-109, Alfa Bratislava 1988
 [Mede88] MEDERLY, P. - ERTL, J. - FERKO, A. - GAŠPAR, D. - KRČ-JEDINÝ, J.: Seminár Grafické systémy, skriptá ČSVTS, Bratislava 1988
 [MSW90] Microsoft Windows, User's Guide v. 3.0, 1990
 [MuSk88] MUMFORD, A. M. - SKALL, M. W. (Eds.): CGM in the Real World, Springer-Verlag 1988
 [Pavl82] PAVLIDIS, T.: Algorithms for Graphics and Image Processing, Springer Verlag 1982
 [PEX390] PEX Introduction and Overview, PEX Version 3.20, str. 1-14, 1990 [Purg91] Grafische Datenverarbeitung, skriptum, TU Wien 1991
 [Roge85] ROGERS, D.F., ROGERS, S.D.: A Raster Display Graphics Package for Education in Computer Graphics '85, Tokio 1985
 [Rost89] ROST, R. - FRIEDBERG, J. - NISHIMOTO, P.: PEX: A Network-Transparent 3D Graphics System, IEEE CG and Applications 9 (4), 14-26, 1989
 [RuFe89] RUŽICKÝ, E. - FERKO, A.: The Demonstration Programs for Teaching of Computer Graphics, zborník konferencie Computer Graphics, Smolenice 1989
 [Ruž91] RUŽICKÝ, E.: Ortopolygons and Windows System, str. 101-106, JŠPG, Bratislava 1991
 [Ruž91] RUŽICKÝ, E.: Úvod do počítačovej grafiky, MFF UK Bratislava 1991 [Sama85] SAMARSKIJ, A.: Současná aplikovaná matematika a počítačové modelování, Pokroky matematiky, fyziky a astronomie č. 1/85, Praha 1985
 [ScGe86] SCHEIFLER, R. - GETTYS, J.: The X Window System, ACM Transactions on Graphics 5 (2), 79-109, 1986
 [Ska190] SKALA, V.: Počítačová grafika, skriptum VŠSE, Plzeň 1990
 [Ska192] SKALA, V.: Algoritmy počítačové grafiky I, II, III, VŠSE Plzeň 1992
 [Sož89] SOCHOR, J. - ŽÁRA, J.: Algoritmy počítačové grafiky, skriptum ČVUT, Praha 1993
 [Stuc91] STUCKI, P.: Graphics and Multimedia, tutorial No. 10, Eurographics Conference, Vienna 1991
 [Sung90] SUNG, H. C. K. - ROGERS, G. - KUBITZ, W.: A Critical Evaluation of PEX, IEEE CG and Applications, Vol 10, No 6, str. 65-75, Nov 1990
 [Thom90] THOMAS, S.W.: X and PEX Programming, Tutorial Note 3, Eurographics'90 Zurich 1990
 [Žára92] ŽÁRA, J. a kol.: Počítačová grafika, principy a algoritmy, Grada, Praha 1992

GRAPHIGS SYSTEMS PHIGS and PHIGS+

Bohuslav Hudec, department of computers,
 Electrotechnical faculty of Czech Technical University, Prague
 e-mail hudec@cs.felk.cvut.cz

Key words : Computer Graphics, Graphics Systems, Graphics Standards.

The PHIGS (Programmer's Hierarchical Interactive Graphics System) is an international ISO standard of a functional interface between an application program and a configuration of graphical input and output devices. This interface contains basic functions for dynamic interactive 2D and 3D graphics on wide variety of graphics equipment.

1. PHIGS concept and graphical workstation.

PHIGS is a high-level graphics library with over 400 functions. It allows an application programmer to describe a model of a scene, to display the model on workstation, to manipulate and to edit the model interactively. The models are stored in a graphical database, known as centralized structure store (CSS). The fundamental entity of data is a structure element and these are grouped together into units called structures. Structures are organized as acyclic directed graphs called structure networks.

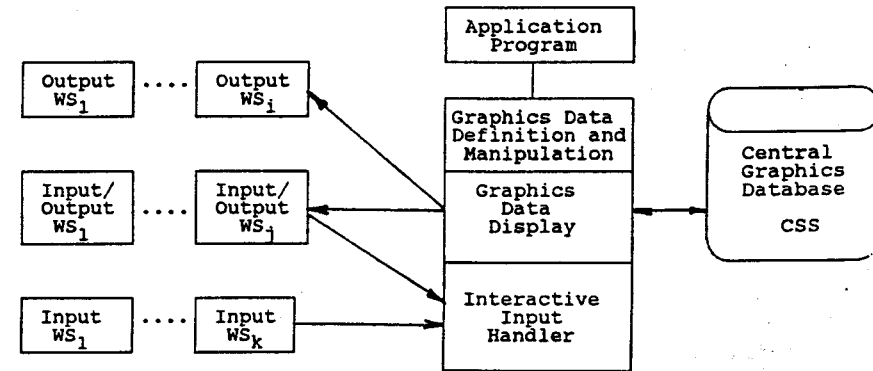


Fig. 1 Structure of the PHIGS