

BD-GKS3D 图形软件的设计与实现*

董士海 张永明 王磊

(北京大学 计算机科学系)

THE DESIGN AND IMPLEMENTATION OF BD-GKS3D

Dong Shihai Zhang Yongming and Wang Lei

(Department of Computer Science and Technology Peking University, Beijing)

ABSTRACT

BD-GKS3D is a 3D graphical support software developed according to the international standard GKS-3D (ISO 8805). This paper discusses the principles of designing this software: conforming to the international standard, and as fast as possible efficiency; the implementing strategies, which include the compatibility of GKS and GKS-3D, clipping and transformation, implementing environment, data structure of the segment and 3D input, etc. Finally, the amount of work of developing BD-GKS3D, the relations between GKS-3D and PHIGS, CGI are discussed.

摘 要

BD-GKS3D 是按图形国际标准 GKS-3D (ISO 8805) 开发的三维图形支持软件。本文讨论了该软件的设计原则: 符合国际标准及尽可能高效率。还讨论了实现的策略, 包括二维 GKS 与三维兼容问题, 裁剪与变换, 实现环境, 图段的数据结构及三维输入等内容。最后对开发 BD-GKS3D 的工作量、与 PHIGS, CGI 的关系等作了说明。

* 1989 年 12 月 27 日收到, 本课题得到国家七五科技攻关经费资助。

§1. 引言

图形软件已在各种支持软件中占了越来越重要的地位。各类计算机上已普遍配置图形软件,以供应用程序员使用。这主要是因为图形显示在各类计算机应用系统中是十分必要的,也由于图形技术的迅速发展提供了这种可能。在众多的图形支持软件中,通常有以下类型:

1. 嵌入图形功能的高级语言。如BASIC, Turbo C, Turbo Pascal等。
2. 支持一定领域的专用图形语言或软件包。如:页描述语言Postscript, 图形软件Auto cad等。
3. 通用图形子程序库。如早期的Plot-10及近来的Core, CGI, GKS, PHIGS等。
4. 主要用于显示的多窗口图形软件。这是一类用户界面支持软件,它也具有图形显示功能,如MS-Windows, SUN-View, X Window等。

由于图形软件十分依赖于设备和应用,因而十余年来计算机图形的标准化一直是广泛重视的课题,并已取得了重大的进展。在上述四类图形支持软件中,通用图形子程序库的标准化进展最快。1985年ISO公布的“图形核心系统GKS功能描述”是第一个正式批准的国际图形软件标准^[1],它以通用功能子程序形式规定了应用程序与图形系统之间的接口。它的研究和正式公布,不仅对以后的图形标准化起了推动作用,而且对计算机图形学概念的统一有重大影响。按照标准开发的各种GKS实现版本,已陆续在各类计算机上运行。我国许多单位也已研制了GKS的实现版本,并已对CAD及其他应用起了积极的作用。

1985年的GKS标准是一个二维功能描述。按它实现的软件包,在三维应用中受到了限制。1988年公布的GKS-3D (ISO 8805)文本是二维GKS的扩充^[2]。BD-GKS3D是由北京大学计算机科学系开发的一个符合国际标准GKS-3D的三维图形软件包。经过三年的努力,该软件已基本完成并正在测试。本文第二节讨论该软件的设计原则,第三节讨论实现策略,第四节是开发的体会,第五节是结论。

§2. 设计原则

二维GKS包的研制和使用经验告诉我们,除了它的三维功能尚待扩充之外,GKS软件包尚有不少问题有待改进。其主要问题是由于它在应用程序、设备等多方面要满足可移植性的要求,因而GKS包运行效率比较低,占空间大。且由于功能复杂,因而该软件包很大。

在BD-GKS3D研制一开始,我们讨论了要使该软件得以实用,应充分注意以下几个问题:

1. 与国际标准一致

广大用户迫切要求图形应用程序可在各类图形系统上移植,以减少应用程序的开发工作量。要达到这一要求,图形支持软件必须在与应用程序的接口上符合国际标准。由于标准并不是针对某一特定的应用领域,因而各项功能均应准确无误地实现,而不能用类似的功能替代。对于标准规定可由实现者确定的内容,可根据实现条件而定。对于难以实现或另有理解的地方应予以保留。对于 BD-GKS3D,还应按 GKS-3D 标准,可运行符合二维 GKS 标准的图形应用程序。

2. 尽量考虑系统的运行效率。

三维图形比二维的复杂性高很多。维数增加,不仅计算量增加,且变换和裁剪的次数增多。若软件系统运行效率不高,即使它符合标准且功能很全,它的可用性将受很大影响。从根本上解决效率问题的途径是采用专用图形芯片的硬件来生成、裁剪、变换三维图元。在硬件资源条件确定的情况下,应从实现方案上作认真分析,尽可能多地利用已有的软硬件资源,其中应包括支持足够的图段数量。

3. 适当考虑对设备的可移植性和可扩充性。

图形设备的发展非常快,要求一个图形软件不加任何变动可在任一设备运行是不合理的。现实的情况是新的图形设备已由硬件提供越来越多的图形功能,图形软件应提供适当的接口,以充分发挥设备的能力,提高效率。例如有的设备已有填区、画圆功能,则软件可直接调用这些功能;有的设备没有这些功能,则应由软件包或作为设备驱动程序的一部分实现之。

§3. 实现策略

1. 2D 和 3D 的兼容问题

GKS-3D 标准规定 GKS 的功能可在应用程序不加改变的情况下,运行在 GKS-3D 环境中,并且得到在二维环境中同样的结果。GKS-3D 标准还说明, GKS 功能是 GKS-3D 相应功能的一个特例,即被认为是 $z=0$ 平面上的 GKS-3D 功能。

实现 GKS-3D 并达到与 GKS 兼容,可以有以下几种方案:

若已有一个 GKS 包,则保留原有二维变换流水线和二维数据结构,以保证当运行二维应用程序时有较高效率。对于三维,则将原有二维软件扩展成三维,使三维应用程序经三维流水线运行。这一方案可保留二维包原有的效率,但它会使 GKS-3D 软件包过于庞大,可能要保存两套数据结构,占较大空间。

所设计的三维软件只有一条三维变换流水线。二维和三维经过同一条流水线,只是二维时,置 $z=0$ 。这一方案实现简单,不再区分二三维。但当运行二维应用程序时,效率会明显降低,因为许多三维变换过于复杂,对二维毫无必要。

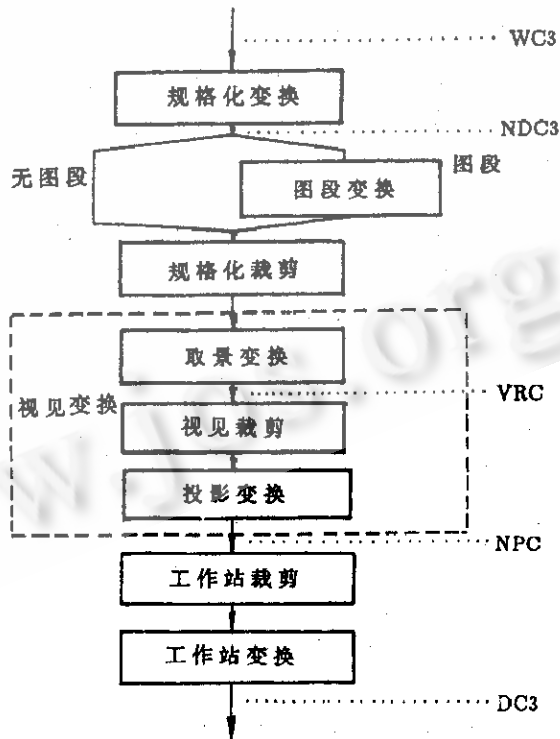
本系统采用的方法。BD-GKS3D 只用一条三维变换流水线 and 一种三维数据结构，但在数据结构中设置一个全程标识。对于二维图元功能，一方面增加第三维图形数据 $z=0$ ，同时置全程标识为二维。在三维流水线中，根据该标识让二维图元绕过一些不必要的三维处理，如取景变换、投影变换。实践表明，这一方案结构清晰，因兼容而增加的代码极少，且其效率与原二维 GKS 包相比降低不大，是一个较合适的兼容方案。

2. 裁剪与变换

GKS-3D 是一个多坐标系和多变换的标准。图元的输入和输出都要经过一系列坐标变换。这些变换负责五个坐标系之间的映射。这五个坐标系是：

世界坐标系 (WC3) · 规格化坐标系 (NDC3) · 视见参考坐标系 (VRC) · 规格化投影坐标系 (NPC) · 设备坐标系 (DC3)

GKS-3D 标准给出了一条变换流水线，如图所示。一个图元需经四次变换和三次裁剪。显然，系统的效率受这些变换和裁剪的影响。标准已考虑到多次裁剪对效率的影响，建议将规格化裁剪推迟到工作站上进行，并建议将裁剪标志的缺省值置为“NOCLIP”。



在实现时，我们分析了视见变换、投影变换会把规格化裁剪体变形，以致于会和取景裁剪体合并为一个交，可能成为一个具有12个面的不规则体。因

此, 我们保留了规格化裁剪(缺省时不做), 而将视见裁剪与工作站裁剪合并, 由工作站完成。实践表明, 这样合并提高了效率。

变换也影响效率。本系统采用的方法是除规格化变换、图段变换单独进行外, 将随后的其他变换, 包括取景变换、投影变换和工作站变换, 级联起来。对于非图段的图元或二维图元, 则跳过其中的一些变换。变换的级联改进了图元生成的效率。

3. 实现环境

根据委托单位的要求, BD-GKS3D 应在 Microvax II/GPX 工作站上进行, 编程语言为 Fortran 77。配置有高分辨率彩色显示器、键盘、鼠标器、硬盘及滚筒式绘图仪。由于该工作站上已有系统软件 UIS/UISDC/QDSS, 为使本软件具有较强的可移植性, 又能充分利用工作站的资源, BD-GKS3D 和工作站的界面是 UISDC。这一方面避免使用汇编语言和内部数据结构, 另一方面可通过 UISDC 利用系统提供的硬件功能, 如各种填区属性功能。该界面采用设备坐标, 可在图元子程序一级上引用, 因而便于移植。在这样环境下, 我们利用了工作站提供的功能, 如折线及其各种属性, 填充区及各种填充方式(Hollow, Solid, Hatch)。另外, 还根据 GKS-3D 要求, 补充了许多功能。如:

汉字功能。它用 text 中字体号为 -1 来调用, 由于使用矢量汉字库, 因而具有 stroke 精度。其属性与西文相同。

消隐功能。标准规定消隐是三维工作站的功能。为提供用户显示三维图形, 我们用软件实现了深度排序的消隐算法。

三维输入功能。

4. 图段的数据结构

在 Microvax II/GPX 工作站上, DEC 公司原有一个二维 GKS 软件产品。但运行表明, 它所能提供的图段数量有限(如不能超过 2000, 且有些图段号不能使用)。有的二维 GKS 包, 采用链表作图段数据结构, 链上结点采用定长结构(Fortran 编写), 每一数据竟占 20 个字节, 因而占用很大空间。

BD-GKS3D 由一个静态指针型数组存储各图段的起始地址。每个图段是由一链表组成, 链上第一个结点是图段状态表, 包括关联的工作站集合、变换矩阵及图段属性。链上其他结点则是图段内各图元的内容, 包括图元功能号、属性表及图元的数据。采用数组的图段管理机构, 虽浪费了一些存储单元, 但使图段查找迅速。而链表的结点采用动态存储, 因而节省了存储空间。在实现上述数据结构时, 由于 Fortran 语言不支持动态存储分配, 我们利用了 VMS 操作系统的几个系统调用和 Fortran 的参数传递机制, 以解决对存储区的申请和读写。

5. 三维输入

目前三维输入设备正在迅速发展, 如数据手套(data glove)、数据衣服(data suit)或游戏绳索(joystick)等^[4]。这些设备有的很贵, 有的还不实用。如何用二维输入设备来模拟三维输入, 并进行有效的应答是一个有意义的题目。

和二维输入一样, GKS-3D 也规定了六种逻辑输入设备和三种操作方式(请

求、采样和事件)。在六种逻辑输入设备中,只有定位、笔划、检取三种设备与维数有关。关键是如何得到空间点的坐标位置,包括输入和应答。

BD-GKS3D配置了键盘和鼠标器。当用键盘输入时,左右方向键可用于改变 x 坐标,上下方向键改变 y 或 z 坐标,用CTRL- z 来确定 y 与 z 的转换。当用鼠标器输入时,鼠标器确定两个坐标 x 及 y ,用键盘的上下方向键改变 z 坐标。

应答方式十分重要。在显示器上空间点的位置,应予以准确、形象地应答。BD-GKS3D采用十字准线应答方式:在显示器上以斜投影方式显示一个三维参考坐标系,空间点用三条与各轴平行的直线交点来表示。随着输入坐标的改变,三条直线也进行移动,并可在轴上表示坐标大小。为精确起见,可在反馈显示区给出当前三维坐标值,如(100, 212, 300)。另一种可用的应答方式是以原点和当前输入点作为顶点构造一个长方体。

§4. 几点看法

1. BD-GKS3D软件包的开发,历时三年,从熟悉标准文本、确定方案、划分模块、编程调试,总工作量极大。已开发的模块260多个,源程序近3万行。

2. BD-GKS3D在方案讨论及实现中,曾经过不少试验,尤其是在二维、三维变换流水线等方面。经讨论,为使该软件实用,应在效率及所占空间上进行努力,这是一个规模较大的软件,开发时应注意的问题。

3. PHIGS标准^[3]和GKS-3D标准的比较是热烈讨论的问题。PHIGS是一个具有良好动态交互功能、层次数据结构的三维图形标准,它将图形的模型部分与基本功能结合起来,具有较强的模型变换能力。将PHIGS与GKS-3D结合起来,提供功能更强的三维图形包是很多人研究的题目。美国ANSI正在对PHIGS标准进行扩充成为PHIGS+^[5],以支持光照模型等成熟的真实性图形生成技术。我们认为,从标准研究上可以更加齐全,以反映图形技术发展的成果,但从软件包的开发来看,应把实际应用作为目标,不能把软件越做越庞大,以致于系统开销过大。软件的开发要适应飞速发展的硬件技术,这是一个必须重视的问题,也是一个难题。

4. GKS-3D和CGI^[6]的关系。CGI是图形设备相关部分和无关部分之间的接口标准,它是面向更高层图形软件的。GKS, PHIGS等软件可以建立在CGI之上,以提高系统对设备的可移植性。如有CGI的软件包作基础, GKS等软件的开发工作量将减少。我们分析了有CGI支持的二维GKS软件包后,认为整个软件包层次过多,运行效率受影响,所占空间也大。对于GKS-3D应有三维CGI的支持,可惜目前CGI只支持二维图形,还未扩充至三维。因此BD-GKS3D并未先开发CGI,而是建立在GPX工作站的系统软件之上。

§ 5. 结论

GKS-3D 是正式批准的三维图形国际标准。BD-GKS3D 图形软件以符合该标准和尽可能改善效率为设计原则, 在实现上作了许多有意义的探索。这些原则和策略对标准图形包的开发有一定参考价值。在当前 GKS-3D 图形系统的商用产品正在开发的时期, 不断完善、应用 BD-GKS3D 软件包是有重要意义的。

致谢: BD-GKS3D 图形软件是北京大学计算机科学系图形研究室集体研制的成果, 在使用 GPX 工作站时得到北京大学视觉听觉信息中心实验室的协助, 在此一并致谢。

参考文献

- [1] ISO, "Information Processing Systems — Computer Graphics — Graphical Kernel System (GKS) Functional Description", ISO 7942, Aug. 1985.
- [2] ISO, "Information Processing System — Computer Graphics — Graphical Kernel System for Three Dimension (GKS-3D) Functional Description", ISO 8805, 1988.
- [3] ISO, "Information Processing System — Computer Graphics — Programmer's Hierarchical Interactive Graphics Standard (PHIGS) Functional Description", DP9592, Oct. 1986.
- [4] E. R. Tello, "Between Man and Machine", Byte, Sept. 1988 288-292.
- [5] A. Van Dam, "PHIGS+ Functional Description Revision 3.0", Computer Graphics, 22:3, July 1988, 125-218.
- [6] ISO, "Information Processing Systems — Computer Graphics — Interfacing Techniques for Dialogues with Graphical Devices (CGI)", ISO/TC99/WG2 N356, Nov. 1985.

第三届全国机器学习研讨会 (CML'91) 征文通知

中国人工智能学会机器学习学会、中国计算机学会人工智能与模式识别专业委员会定于 1991 年 7 月在黑龙江省镜泊湖举行第三届全国机器学习研讨会, 会议由哈尔滨工业大学计算机系洪家荣教授承办。现将有关事项通知如下:

时间: 1991 年 7 月 15 日 (暂定)

地点: 黑龙江省镜泊湖

征文范围: 机器学习的一般理论; 学习的认知机制; 示例学习; 解释学习; 类比学习; 观察与发现学习; 遗传算法; 神经网络; 知识获取与知识表示; 机器学习的应用。

论文要求: 1、未在其他刊物或会议上发表过
2、文章不超过 6000 字
3、在正文前附 200 字的中英文摘要及关键词
4、来稿请注明作者姓名和通信地址。

截稿日期: 1991 年 3 月 20 日

投稿地址: 哈尔滨工业大学机器人研究所

邮政编码 150006 电话 228383-4044

电挂 3300

联系人: 刘宁