

涂晓媛 / 著

人工鱼

计算机动画的人工生命方法



清华大学出版社

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>



人工鱼

涂晓媛 / 著



清华大学出版社
<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

计算机动画的人工生命方法



11'2'

(京)新登字 158 号

内 容 简 介

本书以“人工鱼”为对象,研究计算机动画的“人工生命”方法和技术。该方法是基于自然生命模型的动画自动生成方法,通过构建“人工动物”,创作自激励的自主智能体,来模拟自然界动物个体的真实外观、形态、运动和行为,以及动物群体的社会活动和行为表现。该方法不仅可以显著增强计算机动画的逼真度和生动性,还可以有效提高动画的创作效率。本书详细介绍了该项研究的背景、人工鱼总体设计、生物力学模型及运动系统、形态与外观建模、感觉系统、行为系统、虚拟海洋环境模型、图形用户界面以及动画创作效果等。

本书适用于从事计算机图形学、计算机动画、虚拟现实、人工智能等领域教学、科研与开发的教师、学生、研究开发人员等广大读者。

版权所有,翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

人工鱼——计算机动画的人工生命方法/涂晓媛著. —北京:清华大学出版社,2001
ISBN 7-302-04318-3

I. 人… II. 涂… III. 鱼-三维-动画-计算机图形学 IV. TP391.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 14937 号

出版者:清华大学出版社(北京清华大学学研大厦,邮编 100084)

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

印刷者:世界知识印刷厂

发行者:新华书店总店北京发行所

开 本:787×960 1/16 印张:9.25 彩页:2 字数:182 千字

版 次:2001 年 4 月第 1 版 2001 年 4 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-302-04318-3/TP·2539

印 数:0001~6000

定 价:25.00 元(含盘)

清华大学出版社
PDG

序

“人工鱼”(artificial fish)是在虚拟现实的海底世界中活动的人工鱼群,是基于计算机三维动画的“人工生命”(artificial life)。虚拟的“人工鱼”类似于真实的“自然鱼”,不仅具有逼真的、生动的外观形象,而且具有内在的习性和偏好,具有对外界环境的感知能力以及产生意图、作出反应、控制运动、实现有目的行为等生命特征。

“人工鱼”是由各种不同的人工鱼组成的人工社会,是具有分布式“人工智能”(artificial intelligence)的人工鱼群体。其中,每条人工鱼都是一个智能体(intelligent agent),具有一定的自主性、主动性和社会性。因而,在人工鱼社会中表现出觅食、求偶、集群、逃逸、避障等各种智能行为。

“人工鱼”是用“人工生命”的新方法创作的三维动画和虚拟现实。不同于传统的计算机动画所采用的“关键帧”技术,计算机动画的人工生命方法是基于自然生命模型的动画自动生成方法,不仅可以显著增强计算机动画的逼真度和生动性,而且可以有效地提高动画的创作效率,降低劳动强度。

“人工鱼”的创作者涂晓媛博士曾获国际计算学会 ACM 的最佳博士学位奖、加拿大多媒体艺术学院优秀技术奖等多项奖励。其代表作“Go Fish!”,“The Undersea World of Jake Cousto”等曾在加、美、英、法、意、日、德、瑞士、西班牙、澳大利亚等国家的电视台播放,在学术刊物和教科书上发表,被称为“晓媛的鱼”(Xiaoyuan's Fish)。

涂晓媛博士于1989年在清华大学自动化系本科毕业,是我校优秀学生。本书在清华大学出版社出版,作为她向母校90周年校庆的献礼,表达了她对母校的深厚感情,具有特殊的意义。

我相信,《人工鱼——计算机动画的人工生命方法》一书的出版,将为我国计算机动画、虚拟现实与人工生命等科学技术发展作出重要的贡献。

中国科学院 院士
清华大学 教授

李衍达
2000年6月

前言

本书以“人工鱼”(artificial fish)为对象,研究计算机动画的“人工生命”(artificial life)方法和技术。在自然界活动的生物群体一直是困扰着动画创作者的“老大难”问题。这里,我们给出计算机动画生成的一套新方法,可以逼真地再现某些自然生态系统中动物的复杂运动和行为,并且显著地提高动画创作的自动化水平。

我们的方法是构建“人工动物”(artificial animal),创作自激励的自主智能体,模拟自然界动物个体的真实外观、形态、运动和行为,以及动物群体的社会活动和行为表现。用计算机模型描述这些人工动物共有的基本特征——生物机制、感知、运动和行为。

为了证实我们构建的人工生命的有效性,我们实现了一个虚拟的海洋世界,其中栖息着各式各样的人工鱼群,每条人工鱼都是一个自主智能体。它有基于物理的、可变形的、由内部肌肉驱动的肌体;有感觉器官,例如眼睛;有作为感知、运动和行为控制中枢的鱼脑。每条人工鱼通过肌肉运动的协调控制,在虚拟的水流中游动。这些人工鱼展现出自然鱼的一系列行为。在水中寻觅食物,绕过障碍物游行,与捕食者斗争,纵情于求爱仪式以获得配偶。类似于自然鱼群,人工鱼群的行为也是基于它们对外部动态环境的感知和内部动机的。

人工鱼的行为能自动适应虚拟的水中栖息环境,它们的运动细节无须详细刻画或规定,可由人工鱼模型自动生成。因此,本书论述和证实了计算机动画创作的一条新途径。在传统方法制作的动画中,动物是没有任何自主性的三维几何图形,好像没有生命的“木偶”,而动画师的角色类似于“木偶戏表演者”。然而,采用我们的动画生成方法,动画师扮演的角色类似于动物世界的“电影摄影师”。计算机动画的人工生命方法不仅可实现复杂的行为动画,而且为相关的学科,例如机器人学科,提供了一个有趣的科学实验园地,具有感知、运动和行为功能的“人工动物”可以看作是自主的智能“虚拟机器人”。

谨以本书作为对母校——清华大学——校庆 90 周年的献礼。

涂晓媛

2000 年 3 月 8 日

目 录

第一章 绪论	(1)
1.1 动机	(1)
1.2 挑战	(2)
1.3 方法学:计算机动画的人工生命方法	(4)
1.3.1 目标和准则	(4)
1.3.2 人工动物	(4)
1.3.3 从物理学到逼真运动	(5)
1.3.4 逼真感知	(6)
1.3.5 逼真行为	(6)
1.3.6 逼真度和效率	(7)
1.4 研究开发结果	(8)
1.4.1 主要研究成果	(9)
1.4.2 辅助技术贡献	(10)
1.5 本书内容概要	(10)
第二章 背景	(12)
2.1 基于物理的图形建模	(12)
2.1.1 基于约束的方法	(13)
2.1.2 运动合成的方法	(13)
2.2 行为动画	(16)
2.2.1 感知建模	(16)
2.2.2 行为控制	(17)
2.3 行动选择的建模	(18)
2.3.1 定义行动	(18)

2.3.2	目标和方法	(20)
2.3.3	以前的工作	(20)
2.3.4	任务级行动规划	(22)
2.4	小结	(22)
第三章	人工鱼的总体方案	(24)
3.1	运动系统	(25)
3.2	感知系统	(26)
3.3	行为系统	(26)
第四章	人工鱼的生物力学模型及运动系统	(27)
4.1	基于物理的人工鱼模型	(28)
4.2	人工鱼的动态模型	(28)
4.3	生物力学分析	(29)
4.3.1	粘弹性单元	(30)
4.4	肌肉与水动力学	(32)
4.5	数字仿真算法	(33)
4.5.1	系统矩阵汇集与轮廓存储方案	(35)
4.5.2	半隐式仿真算法	(37)
4.6	运动控制器	(38)
4.6.1	肌肉运动控制器	(39)
4.6.2	胸鳍运动控制器	(41)
第五章	人工鱼的形态与外观模型	(44)
5.1	人工鱼的三维几何模型	(44)
5.2	获取纹理坐标	(47)
5.3	纹理绘制模型	(48)
5.4	动力学模型与显示模型相结合	(50)
5.5	胸鳍运动的可视化	(52)
第六章	人工鱼的感知系统	(54)
6.1	动画的感知建模	(54)
6.2	人工鱼感知系统	(55)
6.3	视觉感受器建模	(56)

6.3.1	感知范围	(56)
6.3.2	遮挡	(57)
6.3.3	感知性能	(57)
6.4	可见性计算	(58)
6.4.1	点的可见性	(58)
6.4.2	其他鱼的可见性	(59)
6.4.3	圆柱的可见性	(60)
6.4.4	水草的可见性	(60)
6.4.5	讨论	(60)
6.5	感知聚焦器	(61)
6.5.1	动物注意力聚焦	(61)
6.5.2	聚焦器设计	(62)
6.5.3	小结	(64)
6.6	从感知到行为	(65)
6.7	综合视觉模型	(66)

第七章 人工鱼的行为系统

(69)

7.1	有效行动选择机制	(70)
7.2	行为控制与生态学	(70)
7.2.1	意图级	(71)
7.2.2	行动级	(71)
7.2.3	小结	(72)
7.3	习性	(72)
7.4	精神状态	(73)
7.5	意图发生器	(75)
7.5.1	为什么要分级?	(76)
7.6	意图引导感知;聚焦器控制	(77)
7.7	行为的持续性	(77)
7.7.1	行为记忆	(77)
7.7.2	抑制增益与疲劳	(78)
7.7.3	目标的持续性	(78)
7.8	行为程序	(79)
7.8.1	基本行为:躲避潜在碰撞	(79)
7.8.2	基本行为:追逐运动目标	(80)

7.9	人工鱼类型	(81)
7.9.1	捕食者	(82)
7.9.2	被捕食者	(84)
7.9.3	安居者	(88)
7.10	讨论	(92)
7.10.1	分析	(92)
7.10.2	小结	(93)
第八章	虚拟海洋环境建模	(95)
8.1	水流	(95)
8.2	海草及浮游生物	(96)
第九章	动画图形用户界面	(98)
9.1	初始化面板	(98)
9.2	操作面板	(99)
9.3	控制面板	(101)
9.4	讨论	(103)
第十章	人工鱼的动画效果	(104)
10.1	“去钓鱼!”	(104)
10.2	“杰克·考斯托的海底世界”	(105)
10.3	动画特写:捕食行为	(106)
10.4	动画特写:集群行为	(107)
10.5	动画特写:求偶行为	(107)
第十一章	结论和展望	(109)
11.1	结论	(109)
11.2	对计算机动画和人工生命的影响	(110)
11.3	对计算机视觉和机器人的影响	(111)
11.4	在生态学方面潜在的应用	(112)
11.5	其他人工动物	(113)
11.6	展望	(113)
11.6.1	计算机动画	(113)
11.6.2	人工生命	(115)

参考文献	(116)
附录 A 可变形的轮廓模型	(123)
附录 B 胸鳍运动的可视化	(125)
B.1 胸鳍拍水运动的动画	(126)
B.2 胸鳍划水运动的动画	(126)
附录 C 优先行动选取机制	(128)
C.1 行为选择网	(128)
C.2 自由流动层	(129)
附录 D 晓媛的鱼(Xiaoyuan's Fish)	(130)
致谢	(136)

一群色彩鲜艳、美丽活泼的热带鱼，大鱼、小鱼、雄鱼、雌鱼，悠闲地栖息在海底世界的水草丛中，自由地随波逐流在礁石堆旁，戏水漫游，摇头摆尾，上浮下沉，求爱交配，觅食吞饵……突然，一条可怜的小鱼被钩子钩住，在痛苦地挣扎着，吓得鱼儿们飞快地逃离现场。

1.1 动机

动物的活动原本是动物学家和动物行为学家的研究课题，却引起了计算机图形研究者和动画师们的浓厚兴趣，近来又刺激了“人工生命”(artificial life)学科的研究。

在计算机图形学中，大多数动物动画的创作是采用传统的、花费大量劳动的“关键帧”技术，计算机只是用来设计关键帧之间的“中间帧”(Lasseter, 1987)。近年来，逼真的动物运动的“自动合成”技术引起了人们广泛的注意，并且在人体动作的动画(Magnenat-Thalmann and Thalmann, 1990; Hodgins, Sweeney and Lawrence, 1992)、某些动物的动画(Miller, 1988; Girard, 1991)和一些想象的生物的动画(Witkin and Kass, 1988; van de Panne and Fiume, 1993; Ngo and Marks, 1993)方面做了成功的尝试。动作合成只是动物动画难点之一，动物世界中一些群体的行为，如牛羊等动物群体(Reynolds, 1987)，在新近放映的电影中也被模拟和表现。

在本书中，我们研究如何创作有复杂运动和行为的自然生态系统的动画。这对

计算机图形工作者来说是个挑战。创作这类动画具有重要的意义,因为不仅是尝试再造迷人的自然景观,而且有着广阔的应用领域。可以用在商业和娱乐方面,如:电影场景、视频游戏、虚拟现实广告;也可用在教育方面,如:生物课程教学的交互式教学工具。

我们的方法是通过建立动物及其生存环境的模型来生成动画,而不是采用传统的“关键帧”技术去制作。我们的工作受到“人工生命”学科的启发,而我们的成果也对人工生命学科作出了贡献。通过合成的、计算的方法去理解自然生命,弥补了传统的生物学科分析方法的不足,也就是说,人工生命方法不是通过分析解剖活的生物系统去研究生物系统,而是试图合成其行为表现像活的生物体的人工系统。人工生命研究的一个重要方面是“人工动物”(artificial animal)的合成(Meyer and Guillot, 1991;Cliff 等,1994)。简单动物的计算模型,如单细胞生物(Langton,1987)和昆虫(Beer,1990),已经有了可喜的结果。这些模型都应用了动物行为学家提出的动物行为理论(Manning,1979;McFarland,1971)。

由于我们将自然生态系统的动画生成看作是动物在栖息地生活的可视化仿真过程,因此,我们的工作跨越了“计算机图形学”和“人工生命”两个领域。

1.2 挑战

要将自然生态系统模拟表现得和真实世界一样逼真和迷人,是很困难的。主要原因是它本身的复杂性。在一个动画系统中,可能会有大量的动物,每个动物都表现出不同的行为。在理想情况下,动画师希望以最少的劳动获得丰富、复杂的自然景观。不仅要表现栩栩如生的外观形态,而且要表现每个动物的复杂运动和它们的各种行为,其困难程度可想而知。

生态系统是以动物和它们生活的环境为特征的。也就是说,当我们观察一个生态系统时,我们应该意识到动物所表现出来的行为和它们生存的动态环境是息息相关的,尤其是和其他动物之间的关系。例如,这样的情形是不合理的:一只兔子无忧无虑地跳跃着,丝毫不顾旁边有一只饥饿的狼;当一个小孩跑进鸽群时,这群鸽子还在安静地休息。由于人们熟悉各种动物,因此,在评价仿真系统的效果时,有非常严格的标准。即使是一点点小的缺陷,都很容易被看出来。

逼真的视觉效果并不是这类动画的惟一要求,要想用在娱乐和教育领域,动画师还应能控制动画的各个部分和各个方面,尤其是要能够方便地修改动画。例如,改变虚拟环境,变更虚拟动物的数目、种类及分布的位置,改变动物的性格与它们的相互关系等。

传统的动画技术

应用传统的计算机动画技术,如关键帧技术,曾制作了许多出色的动画,包括一些动物的动画,但是,它有一些局限性。例如:

- 需要动画师的大量劳动

传统动画技术最为成功的应用是在一部很卖座的影片《侏罗纪公园》中制作了恐龙。这些恐龙尽管看起来很真实,但它们只是些图片。它们的每个动作和移动细节,都是由有高超技巧的动画师们,一步一步设计的。这也就暴露了“关键帧”技术的缺陷:随着动画的加长、复杂程度的提高和真实性要求的提高,动画师们的劳动量也显著增加。

有些技术不需要动画制作者有很高的技巧,如运动捕获器(motion capturer)设计(Calvert,Chapman and Patla,1980),这些技术已经在制作动画运动方面获得了广泛的应用。但是它们不够灵活,因为由此设计所产生的动作都是事先严格定义的,很难参数化,也很难用在比较长的动画中,并且这些方案也不适合制作非人类或想象生物的动画。

- 动画角色缺乏自主性

由关键帧或运动数据方法所驱动的角色缺乏自主性,因此降低了动画的可修改性和可交互能力。由于动物的真实行为受它所处环境状态(包含不可动的和可动的物体,如树木、石头和其他动物)的影响,轻微地修改动画剧本,如移动一棵树或添加另一个动物,都需要将整幅动画重新制作,图形中的元素是无法与它所处的周围环境自动协调的。因此,在制作虚拟现实、计算机游戏和交互式教学工具时,采用“关键帧”技术是不适用的。

- 繁琐的动作细节规划

采用传统的动画技术,动画角色的每一个动作都由动画师一一规划。也就是说,动画师要完全控制动画的每一个细节,如在制作卡通片时。但是,我们所感兴趣的应用系统却不需要这种低水平的细节控制。如创作一个虚拟现实的动物园:某个动物是否在某个时间、以某种姿态出现是不重要的,重要的是狮子和猴子要看起来像真的,它们的运动、行为要逼真。在这种情况下,我们并不希望动画师以大工作量完全控制动画的每一个细节,因为这意味着动画中的角色只有很少的或根本没有任何自主性。因此,我们研究的目标是,放弃这种低水平的动画控制,去寻求一种高水平的动画控制的方法。

- 自然真实性难以保证

采用通常的关键帧技术,动画的真实性只能依赖动画师的技巧,除非动画师有很高的技艺水平,否则就会出现糟糕的视觉效果。特别是,由于通常的几何模型不具备

力学特性,因此,所描绘的运动的物理正确性是没有保证的,动画中的对象也不会真实地响应外力的作用。

1.3 方法学:计算机动画的人工生命方法

1.3.1 目标和准则

我们寻求的目标是,一种能自动生成动画去模拟自然生态系统,以获得满意视觉效果的方法,其特性准则如下:

(1) 动画角色的外观、形态、运动和行为应该在视觉上令人满意。

(2) 动画角色应具有相当高的自主性,以便在动画师尽可能少地干预下完成动画的自动生成过程。然而,动画角色也应接受控制。如:

- 动画师能够设置和改变动画的初始条件,例如,虚拟环境中静止的和可动的物体的数目、位置等。

- 动画师可以在某种程度上影响或指挥动画角色的行为。

本书的研究旨在开发一种高度自动化的方法,去生成具有类似生命特征的计算机动画,并通过实践进行验证。

1.3.2 人工动物

我们认为能够实现上述目标的新途径是去研究构建“人工动物”(artificial animal)。这是一项具有挑战性的任务,因为人工动物的特征和内部控制机制需要与它们在自然界中的相对应的动物有本质的共性。

有几个特征是所有动物所共有的。最显著的特征之一是:“所有的动物都是自主的(autonomous)”。它们有肌肉所驱动的身体,使它们能够运动;有眼睛和其他的感觉器官,能够观察周围的环境;有大脑,可以判断其感知,并指挥其行动。事实上,“自主性”(autonomy)是由于大脑能够控制感知和运动的结果,动物的行为是它自主地与生存环境相互作用以满足生存需要的结果。动物与其生存、活动环境的适应并不需要外加的控制,但动物的自主性并不意味着它们不能接受影响或指挥。因此,多数高等动物都可接受影响或指挥,例如,受过训练的马戏团的动物或演员。

人工动物应该是模拟真实动物自主性的,具有“自激发”(self-animating)性能的“角色”。在计算机动画的人工生命方法中,我们将类似于动物的自主性嵌入图像几何模型;这不仅支持动画修改和交互功能,并尽量减少动画师的干预,而且还能使动物的行为更加逼真。关键问题是如何建立动物的运动、感觉和行为功能的模型,并如何将这此模型有效地集成为一个具有生命特征的人工动物。在这一点上,我们与“人

工生命”(artificial life)学科,简称为“Alife”,有共同的研究目标。在人工生命领域中,人工动物又被简称为“animats”。以前的人工动物大都是简单生物体的模型,所模拟的行为通常属于“基因复制”和“自然选择”(Langton,1987;Varela and Bourgine,1991)。我们的目标是开发更高级的人工生命,模拟更进化并具有更广泛行为的动物。

在下面的章节中,我们将剖析那些能使真实动物有效地运动和感知,因而可以自主地行为的重要特性和机制。由此,可以推出一种设计方法学,以实现我们的目标:在动画师尽可能少的干预下,实现逼真的运动和行为的动画效果。

1.3.3 从物理学到逼真运动

基于物理的建模

任何物理实体的运动都遵循物理运动规律,在计算机图形学中,物理学知识的应用已不是什么新鲜事,十几年前“基于物理的建模”就已被人们(Armstrong and Green,1985;Wilhelms,1987;Terzopoulos 等,1987)所介绍,引发了大量先进的图形建模和动画研究。在图形学中采用基于物理的模型,不仅可以保证运动效果的真实性,而且还可自动地生成一些重要的动作细节。例如,创作一头奔跑的大象的动画,如果用手工的“关键帧”技术或单纯的“运动学”方法去制作有抖动肌肉的象身、上下扇动的耳朵、左右摇摆的躯干和尾巴,这将是一项“英勇的”繁琐工程,而基于物理的模型能够自动地生成这些运动。有关基于物理的模型的细节和以前的相关工作,请见本书第二章。

仿真的物理躯体

物理学规律和生物力学原理制约着动物运动的形态,所以,获得真实动画效果的合理途径是模拟这些原理的效应和规律。根据机械原理,一个物体状态的变化,即我们通常所说的“运动”,都是由各种“力”引起的。无生命物体的运动,如一块石头,通常是由不平衡的外力所造成的,因而是“被动的”。相反,动物的运动是由不平衡的内力——由肌肉主动产生的,因而是“主动的”。每种动物都有其特定的躯体结构和肌肉组织,这也就支配着其特有的运动模式。所以,我们在人工动物中要构造模拟的物理躯体,物理学规律将保证动物运动的正确性,并利用与之相关的生物力学原理,产生自然的肌肉动作,以便模仿它在自然环境中特有的运动模式和特性。

仿真的物理环境

动物的运动不仅取决于它的躯体动力学,而且也受其环境动力学的影响。根据

生物力学原理,动物的各种运动模式——如飞翔、游水、奔跑——都是它们的受肌肉驱动的身体的运动和所处的自然环境——空气、水、大地——之间相互作用产生的结果。比如,鸟拍打它们的翅膀,在空气的反作用力下,才能够飞上天空,而在真空中鸟是无法飞翔的。因此,在建立动物躯体的物理模型的同时,我们还要构建它们的生态环境的物理模型。

仿真的运动控制

在计算物理学的基础上,由动态仿真计算,我们可以通过仿真的肌肉控制来产生人工动物运动的逼真效果。经过进化,自然界中大多数动物都有自己特殊的运动控制机制,这里,协调的肌肉运动导致高效能的躯体运动。基于相应的真实动物的特有肌肉运动的先验知识,我们能够导出人工动物的有效的运动控制器。

1.3.4 逼真感知

为了在动态的且常常是险恶的环境中生存,动物要能使它们的行为适应于所处的境遇。动物行为学家 Manning(1979)认为,动物的行为是“包括动物感知外部世界和体内状态,并对其感知的变化作出反应的所有过程。”这个定义强调了感知在动物行为中的重要作用。没有感知,动物就不能对其环境作出响应。为了增加生存的机会,在进化过程中,大多数动物都具有敏锐的感觉器官,尤其是眼睛,用来在栖息地寻找机会,探索危险。动物的感觉器官有特定的功能,但也有其内在的局限性。例如,在较近的距离内视觉是最有效的,因为在大多数情况下,距离越近的事物往往对动物的影响也越大。但是,视线无法通过不透明物体。因此,我们必须正确地建立感知模型,既要体现感觉的能力,也要体现它的局限性,以便人工动物展示出逼真的行为。

1.3.5 逼真行为

动物有了运动和感知周围环境的能力,它的大脑就能对感知的信息作出判断,并选择适当的行动,以产生有用的行为。

内部状态

为了使人工动物具有自主的和逼真的行为,我们不仅要为其建立内部精神状态模型,而且还要建立和它相关的生存环境模型。感官刺激提供了周围环境发生事件的信息,例如,有食物出现了,可引起动物吞咽口水;一只捕食动物出现了,可导致被捕食者惊慌而逃。但是,仅仅是外部刺激还不能完全决定动物的行为。通常,一只已经吃饱了的动物见到食物,不会再有食欲。一只渴极了的动物为了喝水,可能会在捕食者出现时延缓逃跑的行动。动物大脑所作的选择可由反应其身体条件的内部状

态——是否饿、渴——来预测,这种内部状态应作为引发某种特定行为的“需求”或“动机”来考虑。

行动选择

当动物感知了有关外部世界和内部状态的信息后,它要处理这些信息,以决定下一步做什么。尤其是所感知的外部刺激要根据内部状态来进行评估,以便采取适当的行动路线。这种高级的控制过程通常叫“行动选择”(action selection)。大脑能在理性或次理性情况下实现行动选择的过程,行动选择机制是动物具有适应性和自主性的关键,正确地设计人工动物的行动选择机制是非常重要的。

行为动画

在前面章节中,我们所概括的建模方法可以视为一种高级形式的“行为动画”(behavioral animation),它是通过在运动控制算法中引入感知和一些行为子模型来建立自主模型的(Reynolds,1987)。有趣的是,在过去的十年中,图形学领域的研究者把更多的注意力集中在低层次的逼真动作合成上,只有少数研究者进行高层次的逼真行为的研究。而迄今为止的行为动画,大多忽略动画角色个体的运动的真实性,并且所刻画的角色行为通常也只局限在一个或两个特定行为上,而没有开发丰富的行为节目库。

1.3.6 逼真度和效率

我们研究的目标是:要让自主的人工动物不仅是外表形态逼真,而且运动和行为也栩栩如生地仿效自然界中的真实动物。一个重要的问题是:我们的模型和真实动物的相似程度应该是多少?显然,为了产生令人信服的效果,模型需要足够的逼真度。通常,模型越精确,效果也就越逼真。我们感兴趣的大多数动物都具有极其复杂的身体结构和行为方式,所以,动物模型异常复杂,然而,满意的动画系统希望有较高的效率,以便能够在现有的计算机上运行得足够快,允许动画师交互式地进行修改。

为了实现我们的目标,必须在模型的逼真度和计算的效率之间进行权衡,这种权衡也是非常重要的设计因素,因为不合适的模型精度也会对我们预期的目的起反作用。例如,我们想建立一只老虎的模型,表示它的步态对腿部骨骼成熟的影响,那么就必须建立骨骼的蜂窝结构模型。但是,如果我们只是想制作一幅老虎走动的动画,这样精确的模型就是多此一举。因此,我们的目标是以简单的模型来达到满意的效果——逼真的外观、形态、运动和行为。