

# Using Cubic Spline Interpolation Algorithm to Plan the Gait

Lei QIAN

College of mechanical and Vehicular Engineering, Chongqing Jiaotong University, Chongqing, 400074, China

**Abstract:** This document research the object of nao. In the gait planning application of cubic spline function method. According to the position of each joint at the critical moment, Planning its trajectory throughout the walk cycle. First of all, according to the law of the Nao robot to walk forward cycle, Draw a key moment in the gait cycle posture, Then build a cubic spline function, planning out the Nao robot gait trajectory, In order to verify the feasibility of the robot gait, finally validating on RoboCup3D simulation platform.

**Keywords:** Nao; Walking pattern planning; Cubic spline interpolation

## 基于三次样条函数插值方法的仿人机器人步态规划

钱蕾

重庆交通大学机电与车辆工程学院, 重庆, 中国, 400074

**摘要:** 以 Nao 机器人为研究对象。在其步态规划中应用三次样条函数方法, 根据关键时刻各关节的位姿, 规划出其在整个步行周期的运动轨迹。首先, 根据 Nao 机器人在前向周期步行的规律, 得出步态周期中关键时刻的位姿, 然后构建三次样条函数, 规划出 Nao 机器人的步态轨迹, 为了验证机器人步态的可行性, 最后在 RoboCup3D 仿真平台上验证。

**关键词:** NAO 机器人; 三次样条插值; 三次样条函数插值

### 1 引言

仿人机器人是机器人研究领域最热门与前沿的课题之一, 它集成了机械, 材料, 电子, 控制技术于一体, 而且仿人机器人采用单, 双脚交替支撑的步行方式步行, 有很好的灵活性, 因此, 在各个领域的应用日益广泛<sup>[6]</sup>。和传统轮式机器人相比, 它更能够适应不同的地形, 可以方便的上下台阶, 有更广阔的工作空间。但由于本身结构复杂, 要实现稳定的步行, 必须先规划出合理的步态轨迹<sup>[3]</sup>。由于低次插值函数光滑性较差, 而多项式拟合方法在规划步态时存在阶次过高而出现振荡问题。由于, 三次样条函数插值方法在插值点两侧轨迹的连续性, 稳定性, 平滑性, 已应用于双足机器人步态规划中。

### 2 双足机器人步行分析

Nao 机器人有 25 个自由度。其下肢关节有 12 个自由度, 其中髌关节 3 个, 膝关节 1 个, 踝关节 1 个, 左右对称。为了能用较少的参数描述仿人机器人的姿态, 须在步态设计前对各构件的运动做一定的假

设:

- (1) 躯干始终保持垂直。
- (2) 左右脚掌和脚踝只考虑在 X-Z 平面运动。

一个完整的步行周期由两个阶段组成: 双足支撑和单足支撑。在双足支撑阶段, 双脚均与地面接触, 该阶段从前脚脚后跟接触地面开始, 到后脚脚尖离地结束。如图 ab, de。单脚支撑是一只脚在地面, 另一只脚从后面移动到前面。如图 bd。

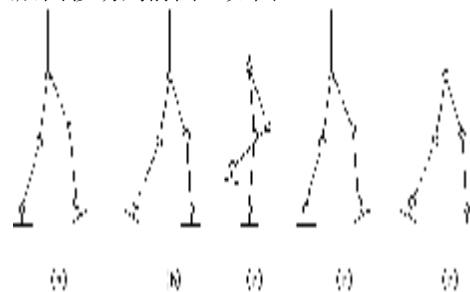


图 1. Nao 机器人步行周期

### 3 构造三次样条函数

在选择插值函数是, 要全面考虑踝关节和髌关节



时  $x$  方向上髌关节到踝关节的距离，综上所述可以得到以下表达式：

$$X_{hip}(t) \begin{cases} kD_s + x_{ed}, t = kT_c \\ (k+1)D_s - x_{sd}, t = kT_c + T_d \\ (k+1)D_s + x_{ed}, t = (k+1)T_c \end{cases} \quad (7)$$

### 4.3 膝关节的轨迹

踝关节和髌关节的轨迹已经求得，在  $t$  时刻，踝关节的位置为  $(x_a, z_a)$ ，髌关节的位置为  $(x_h, z_h)$ ，Nao 机器人的大腿长度  $L_{th}=0.14m$ ，小腿长度

$L_{sh}=0.11m$ ，分别以踝关节和膝关节坐标为圆心， $L_{th}, L_{sh}$  为半径作两个圆，两圆的交点为膝关节坐标  $(x_k, z_k)$ 。

$$\begin{cases} (x_a + x_k)^2 + (z_a - z_k)^2 = L_{th}^2 \\ (x_h - x_k)^2 + (z_h - z_k)^2 = L_{sh}^2 \end{cases} \quad (8)$$

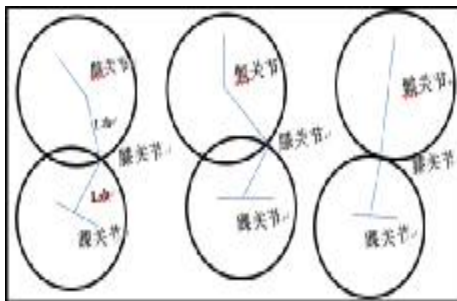


图 4. 膝关节与踝关节和髌关节的几何关系

前进方向为正方向，膝关节的横坐标取两个横坐标较大的一个。

### 5 实验结果

仿真实验时，取  $T_c=2s$ ， $H_m=0.1m$ ， $D_s=0.25m$ ，以  $t=0.05s$  在单个步行周期，采样点为 20 的步行效果，如图 5 所示。

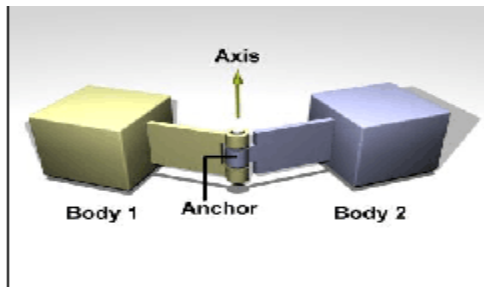


图 5. ODE 中的关节

Nao 机器人运动模拟通过 ODE(Open Dynamics Engine)完成，ODE 常用关节类型有两种：HigeJoint 和 UniversalJoint，Nao 机器人的关节均为 HigeJoint 类型，它有一个关节轴。

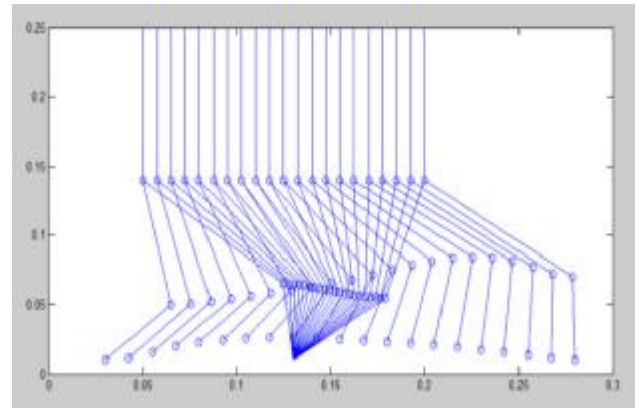


图 6. 单步态周期步行图

经过该模拟，验证了三次样条函数插值法能保证机器人步行的平滑性与连续性。三次样条函数插值规划的步态不仅能满足环境约束条件且轨迹阶数不高，不容易产生振荡。为进一步优化机器人 ZMP（零力矩点）的稳定裕度做好准备。

### 6 结论

根据仿人机器人的步行情况，由三次样条函数规划出仿人机器人在前向平面起步到止步的周期步行参数。然后，在 MATLAB 环境里，将三次样条函数通过编码实现，得出机器人在前向平面内各关节的运动轨迹，由效果图可知，轨迹中没有尖点，与期望步行轨迹相符，因此，将次样条插值法用于仿人机器人步态规划能得出稳定且平滑的步态。

### References (参考文献)

- [1] Research of Gait Planning for Biped Robot. Faculty of Automation[D].Guangdong University of Technology Guangzhou, Guangdong, P. R. China, 510006.2011
- [2] Tang Qin The Design of Humanoid Robot and Walking Control Algorithms[D]Hang Zhou : ZhejiangUniversity,2009.3.
- [3] Kajita Shuuji. Humanoid Robots [M].Beijing:qinghua University Press, 2007.
- [4] Tong Zhang.Research on Walking Control and Path Planning of a Humanoid Robot[D].South China University of Technology Guangzhou, China.2010
- [5] Kai Xu.Gait Planning Algorithms of the Humanoid Robot and Its Realization [D].Qin Hua University,2004.
- [6] Qiang Liu.Parametric 3D gait planning of humanoid robot considering integrated walking constraints Method [J].robot,2009,4(31):342-350.

- 
- [7] LEE B J, Stonier D, KIM Y D, et al. Modifiable Walking Pattern Generation Using Real-time ZMP Manipulation for Humanoid Robots[C]. Proceedings of the 2007 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems. 2007: 4221-4226.
- [8] RNguyen Thanh Phuong, Dae Won Kim, Hak Kyeong Kim, et al. An Optimal Control Method for Biped Robot with Stable Walking Gait [C]. 2008 8th IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots. 2008: 211 -218.