

北京工业大学ARES机械、电气及软件流程图

1 硬件

此次参加比赛的机器人共5台，机器人来自北京工业大学机器人协会。一台完整的机器人硬件设备由四部分组成，分别是视觉系统、决策系统（即机载笔记本）、运动控制系统，及通信系统。

1.1 视觉系统

参赛机器人采用全景视觉，机器人的视觉传感器主要有两自由度云台与去全景摄像机组成，全景摄像机采用CCD传感器并且配备了一个圆锥形全反射镜面，因此镜头可容易看到四周360度的图像，利用锥面镜的好处在于盲区很小，仅在机器人前方非常靠近机体的部位有一点点盲区，利用这样的方法获取的图像与俯视图上下一致，而左右相反。

全景成像原理。

全景视觉是通过顶部的圆锥形反射镜将周围景物聚集到一个摄像装置进行成像。优点是在一幅图像里能够获取周围360°一定距离内的信息，不足之处是远处的物体会会有畸变，需要后期进行算法矫正。

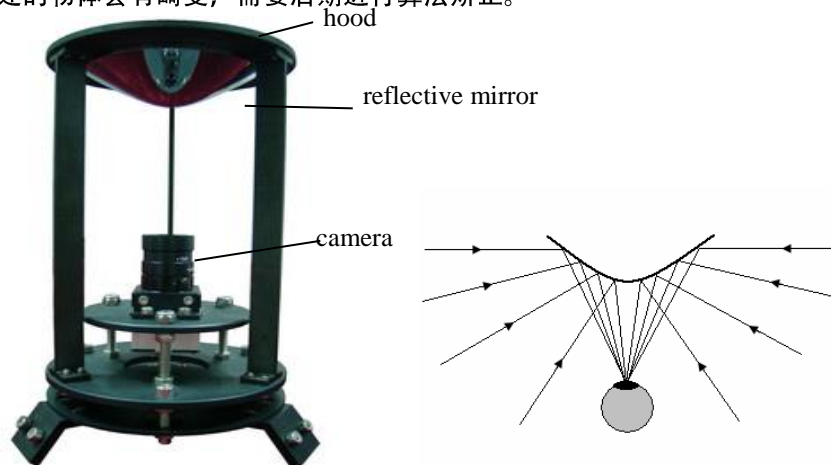
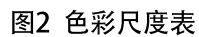


图1 全景成像装置

机器人使用颜色标定的方式对场上目标进行识别，颜色是各目标的首要特征。视觉识别是通过红绿蓝三种颜色分量来描述颜色，但是由于光线强度的变化，即使同样的颜色分量在实际识别上差别还是很大，不利于进行颜色阈值的划分，所以把三个分量转换到使用比较多的HIS空间进行颜色区域的搜索和划分，HIS是用色调（HUE），色饱和度（Saturation）和亮度（Intensity）来描述色彩，HIS空间有专门的色调分量，同时亮度分量也独立存在，更适合进行颜色识别。



```

graph TD
    Image((Image  
(BYTE * pBuffer))) -- Display --> CRGB2HSI((CRGB2HSI  
CRGB2HSI: InitBuf))
    Image -- Display --> ObjectiveInfo((objective Info))
    CRGB2HSI -- map --> CErosion((CErosion  
(Erosion)  
CErosion: Process))
    CRGB2HSI -- map --> CDilation((CDilation  
(Dilation)  
CDilation: Process))
    CErosion -- map --> CDilation
    CDilation -- map --> CConctDomain((CConctDomain  
CConctDomain: Process))
    CConctDomain -- ShowMap --> ObjectiveInfo
    HSIParam((HSIParam  
(Threshold))) -- Result --> CErosion
    HSIParam -- Result --> CDilation
    CRGB2HSI -- CRGB2HSI: Mapping --> HSIParam

```

图3 HIS在图像处理中的应用

1.2 机器人自身定位原理

机器人的自身定位是依据全景中的场地标记线相对于机器人本体的位置和角度来进行的。在进行具体处理之前，需要对全景图像进行矫正，将场地标记线的形状进行复原。如图4所示，左边是未经处理的全景图像，右边是经过矫正处理的效果图。

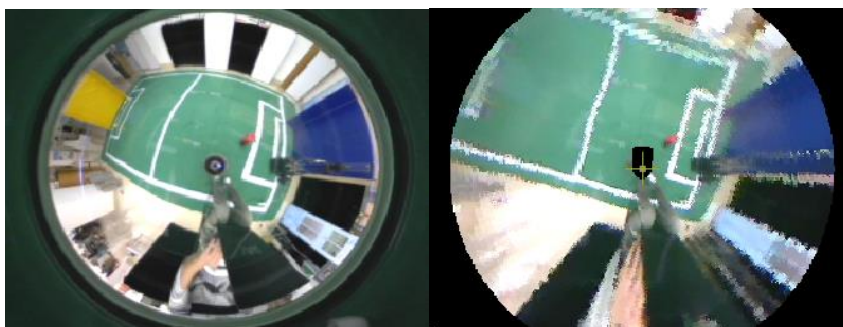


图4 全景图像矫正图

场地标记线的相对位置是通过将图像中的白线与事先准备好的场线模板进行匹配来获得的。如图所示，图像中将场线模板以蓝色图形显示，从视频图像中采集到的白线以紫红色点阵表示。在左图中两者并未重合，匹配程序会不断的旋转紫红色的点阵，直到这个点阵与蓝色模板大致贴合，见右图。此时通过记录点阵转动过的角度和平移过的距离，就可以逆推出机器人在场地中的绝对坐标。

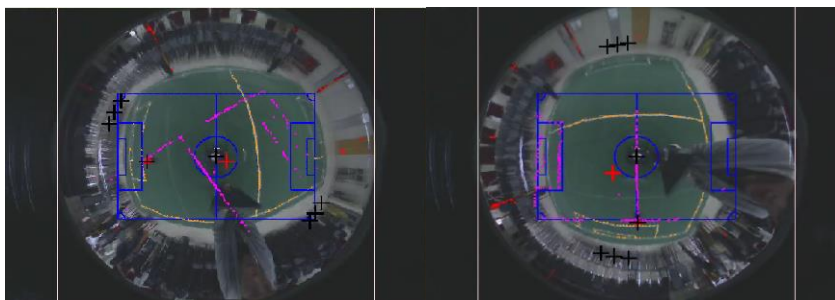


图5 场地标记线匹配过程图

1.3 运动控制系统

机器人采用三轮全向移动方式，使用全向轮，配合高精度、高功率电机，可实现360°全方向移动、并可以在行进中旋转、环绕目标等高难度技术动作。

三轮全向移动方式的原理。

根据运动学，一个运动物体的运动方向是由每个支撑轮的速度及约束条件来决定的。三轮全向底盘由三个独立的驱动单元沿圆周均匀分布。如图一所示，每个单元由一个直流电机、一个全向轮及一个直流驱动模块组成，轮子转动方向与圆的切线方向一致。

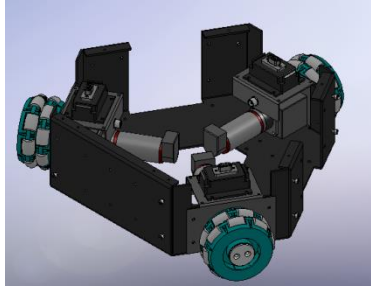


图6 三轮全向结构

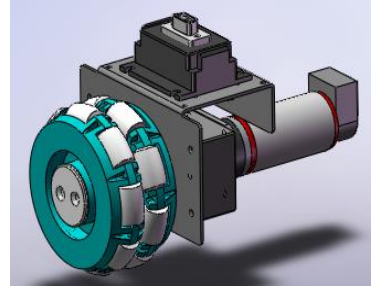


图7 独立驱动单元

三轮全向机构的定向移动，需要三个支撑轮的速度配合才能实现。每个轮子只有沿切线方向的速度对整体速度有影响，而沿电机轴向的速度会被主轮上的小轮转化为滑动速度，不对整体速度造成影响。

单个驱动单元的速度分解如图8所示：

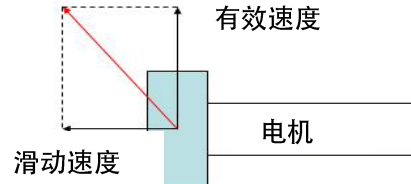
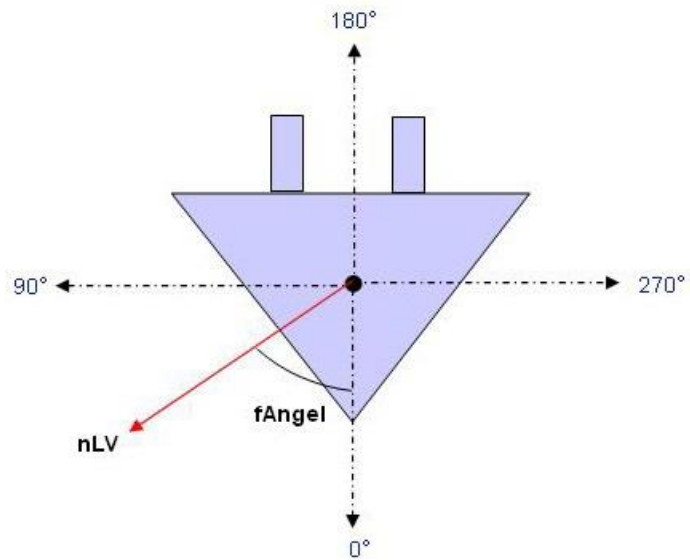


图8 .驱动单元的速度分解

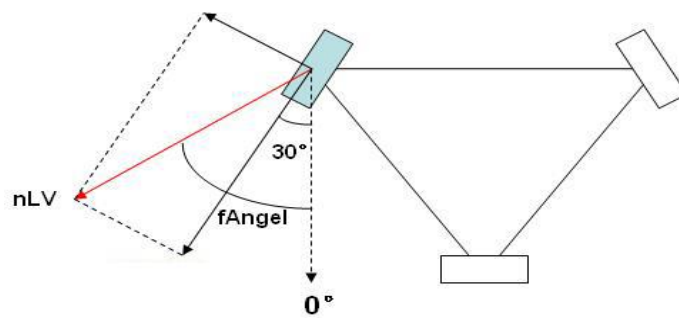
在描述三轮全向机构的运动方向和速度时，我们通常使用图9 所示的方式。图中以机器人的正后方为 0° 方向，顺时针角度递增。机器人的运动方向角为图中的fAngel，运动速度大小为nLV。



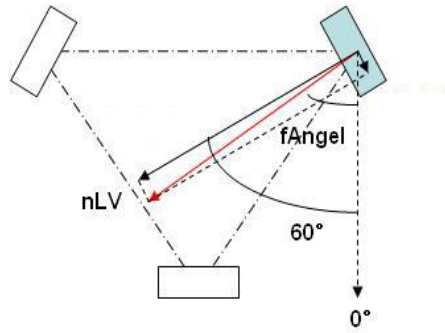
`m_voy.VectorMove(fAngel, nLV, nPSpeed);`

图9 速度及方向描述图

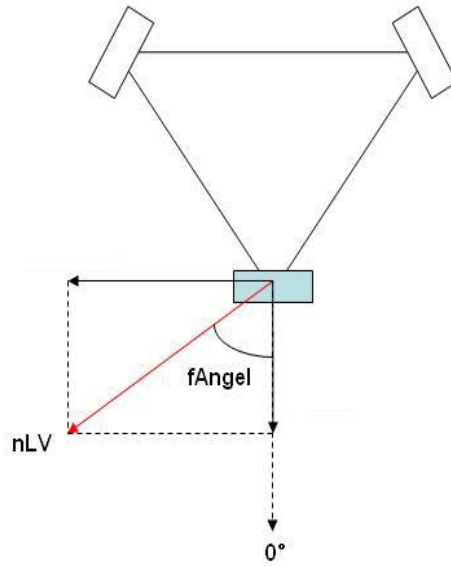
在图9所示的运动方向的情况下，将三个轮子的速度进行分解(如下图)，会发现每个轮子对于机器人运动方向的速度影响是不一样的。图中有效速度是沿电机轴向方向的速度，滑动速度是小轮轴向方向的速度。



$$\text{Motor}_L = -nLV \times \sin(fAngel - 30^\circ)$$



$$\text{Motor}_R = nLV \times \sin(60^\circ - f\text{Angel})$$



$$\text{Motor}_B = nLV \times \sin(f\text{Angel})$$

1.4 主动吸球装置

机器人的带球方式采用主动带球装置，由两个电机驱动吸球器小轮转动，通过小轮与足球间的摩擦力进行带球。我们也可以改变吸球器的位置，使得机器人在带球过程中保持球沿自然方向滚动状态前进。

。

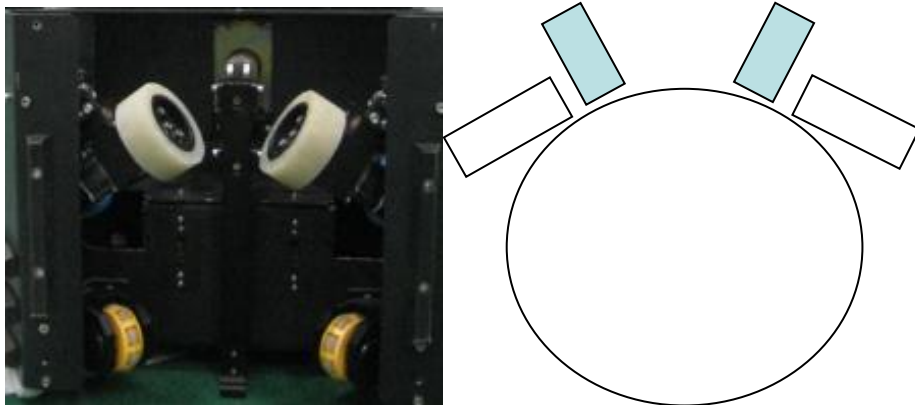


图10 2014年中国公开赛所使用的带球装置和球与装置示意图

1.5 射门机构

机器人的射门装置采用电磁弹射踢球装置，可以通过场上情况调整射门力度，由于射门力度不同，可以实现推射、挑射、传球的要求。

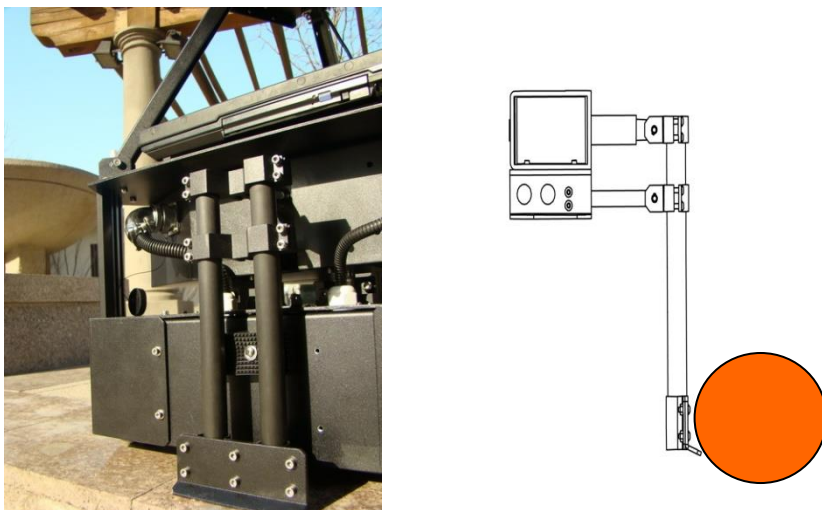


图11 射门机构示意图

2 电气系统

参赛机器人控制系统的核心部件采用主控计算机，运用USB通讯技术向AVR主控板传输数据，再由AVR向DSP电机伺服发送指令，机器人所有的全景视觉处理算法、控制算法都在主控计算机上进行。

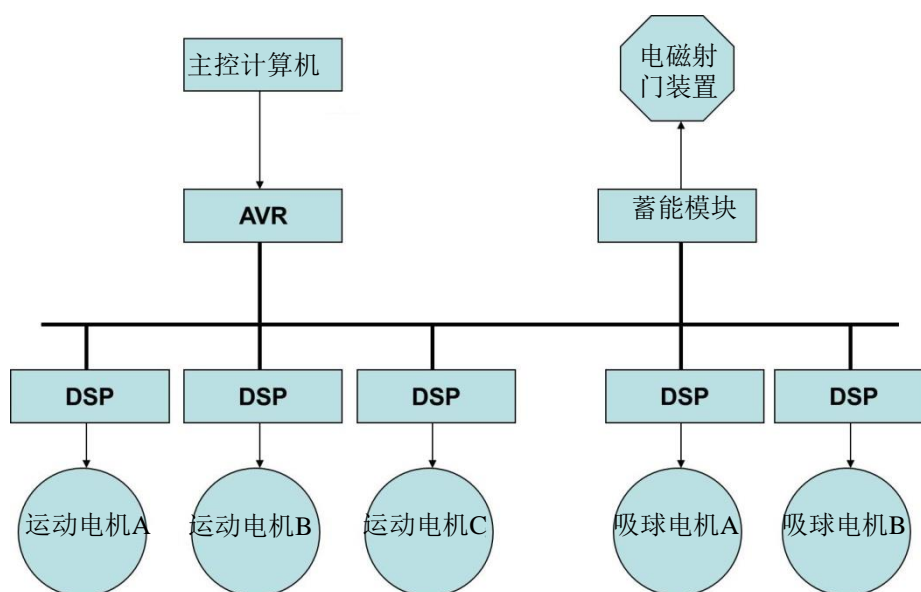


图12 电气系统结构图

3 软件

3.1 中型组机器人软件介绍

软件比赛系统构成如下图所示，由通讯子系统、决策子系统及运动控制子系统组成：

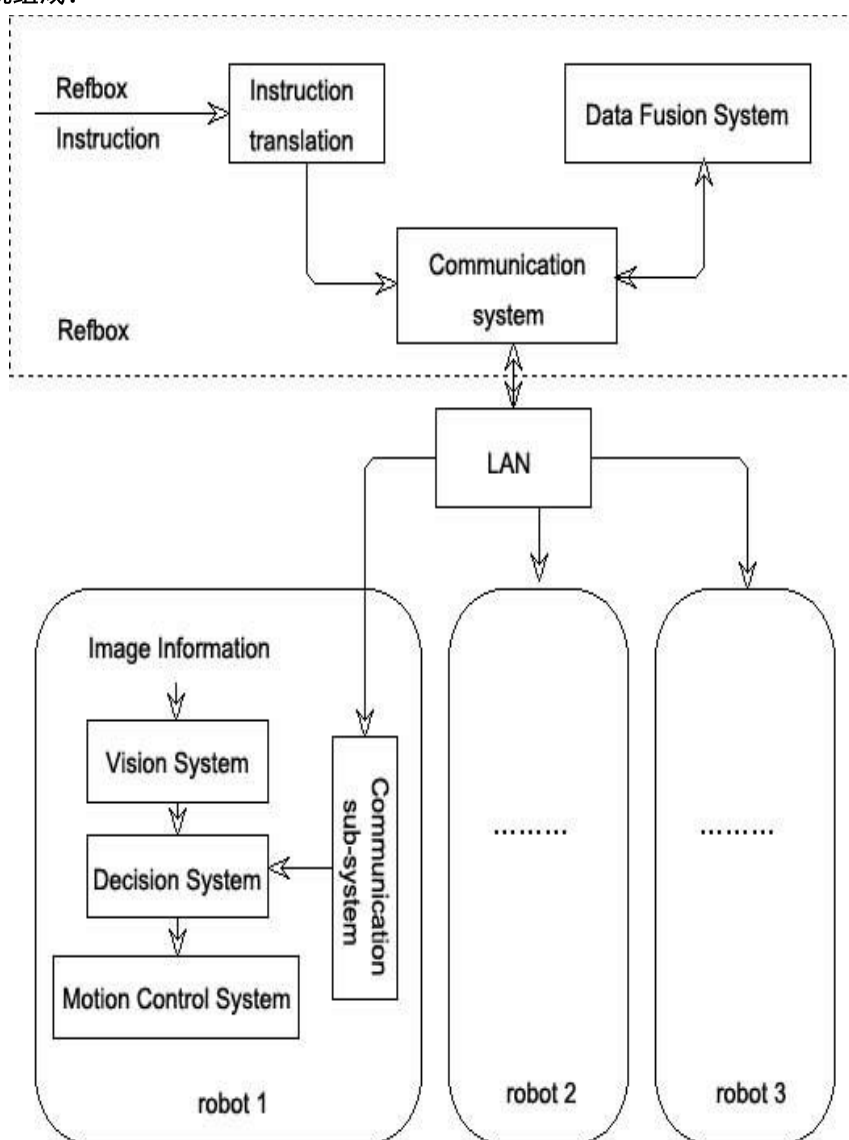


图 13 中型组比赛系统结构框图

通讯子系统.

根据中型组比赛规则, RoboCup 中型组比赛系统必须采用无线通讯。通讯子系统由计算机资源, 无线路由器和各机器人笔记本中的无线网卡共同组成。每个周期内, 通过通讯子系统, 移动机器人将监控数据和识别结果发送给教练机; 教练机发布环境信息和各种动作指令给场上机器人。

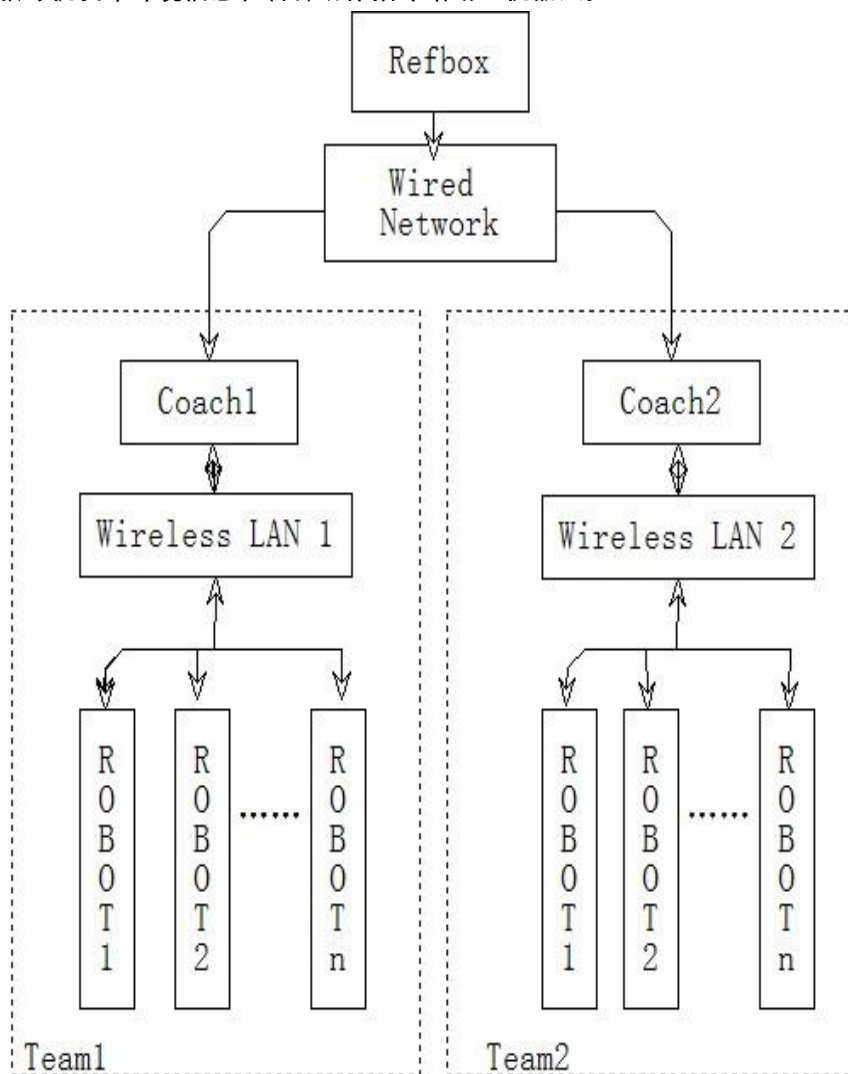


图 14 通讯网络连接示意图

决策子系统.

在足球机器人系统中，决策子系统是整个系统的大脑和中枢。每个机器人有其独立决策子系统，其决策功由计算机运行的决策程序实现。其任务是根据获得的数据，根据预先设定的控制策略发出移动指令，决定机器人的运动轨迹。本系统的上位机采用的是thinkpad笔记本电脑，通过1394接口和1394摄像机进行通讯，通过USB转串口数据线与电机控制器进行通讯。

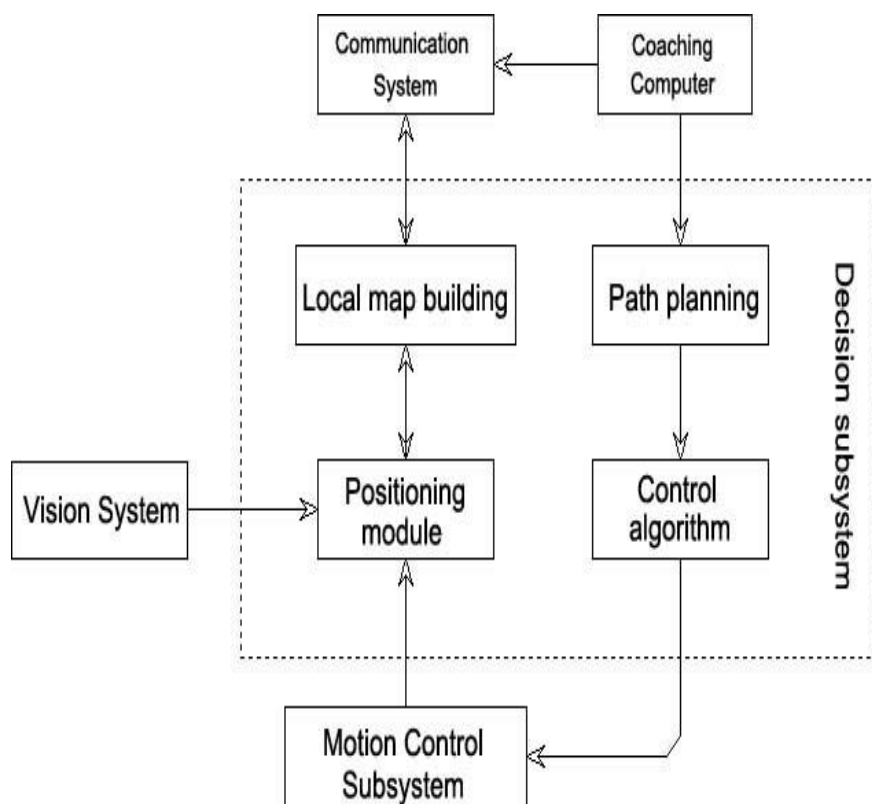


图 15 决策子系统模块图

运动控制子系统。

球队员的实体均为足球机器人小车，它们是足球机器人比赛系统的执行机构。所用的机器人的运动控制子系统都由机械部分和底层控制电路部分构成。

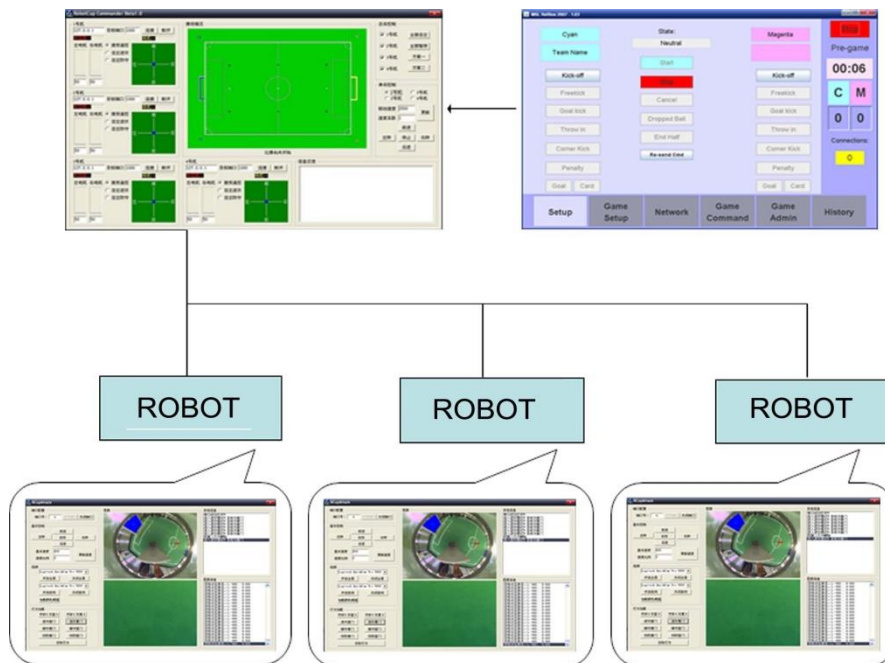


图 16 程序构架

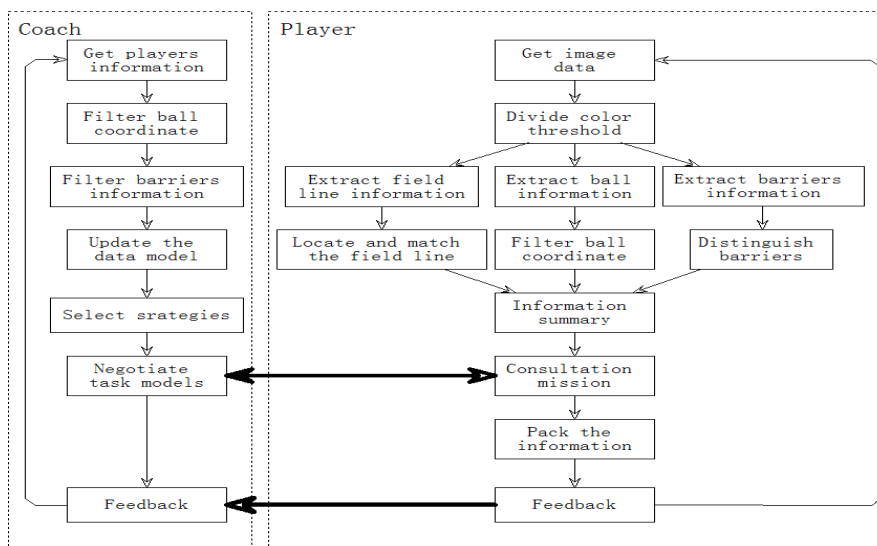


图17 总体程序图