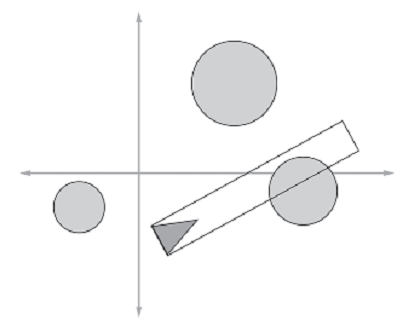
# 2.5 操控行为——避开障碍

obstacle avoidance行为操控交通工具避开路上的障碍。障碍物是任何一个近似圆周（在3D中，将是球体）的物体。我们保持长方形区域（检测盒，从交通工具延伸出的）不被碰撞，就可以躲避障碍了。检测盒的宽度等于交通工具的包围半径，它的长度正比于交通工具的当前速度（它移动得越快，检测盒就越长）。

深入讲解处理过程之前，先看一下图，图中有一个交通工具、多个阻挡物和计算中用到的检测盒。



**用于躲避障碍操控行为的信息**

## 寻求最近的相交点

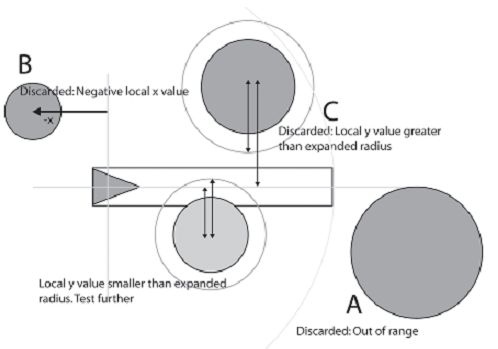
检查与障碍物的相交点的过程相当复杂，所以下面逐步讲解。

A．交通工具只考虑那些在检测盒内的障碍物。最初，避开障碍算法迭代游戏世界中所有的障碍物，标记那些在检测盒内的障碍物以作进一步分析。

B．算法然后把所有已标记的障碍物转换到交通工具的局部空间。转换坐标后，那些x坐标为负值的物体将不被考虑，所以问题就变得简单多了。

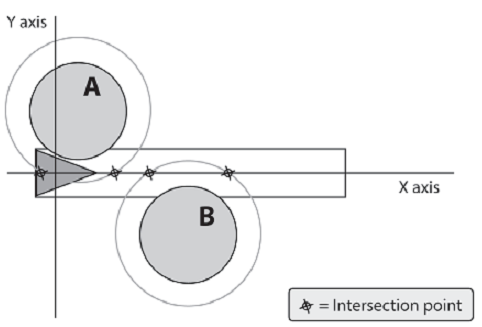
C．接下来，该算法必须测试障碍物是否和检测盒重叠。使障碍物的包围半径扩大检测盒（交通工具的包围半径）宽度的一半。然后测试该障碍物的y值是否小于这个值（即障碍物的包围半径，加上检测盒宽度的一半）。如果不小于，那么该障碍将不会与检测盒相交，所以不予继续讨论。

下图中列出了前面3步。图中障碍物上的字母A、B、C和前面的描述相对应。



**步骤A、B、C**

D．此时，只剩下那些会与检测盒相交的障碍物了。接下来，我们找出离交通工具最近的相交点。我们将再一次在局部空间中计算，C步骤扩大了障碍物的包围半径。我们用简单的线-圆周相交测试方法可以得到被扩大的圆和x轴的相交点。如图所示，有两个相交点（我们不用担心和交通工具相切的情况，交通工具将擦过障碍物）。注意如下情况，在交通工具前面可能有个障碍物，但和交通工具相交在交通工具的后部，如图中的障碍物A，和交通工具的后部有个交点。该算法将不处理这种情况，只考虑存x轴上的交点。



**相交点**

此算法测试所有剩下的障碍物，从中找出一个有最近的（正的）相交点的障碍物。

在讲解如何计算操控力之前，先列出实现躲避障碍算法中从步骤A到步骤B的相关代码。

//---------------------- ObstacleAvoidance -------------------------------

//

// 给定一个障碍物集合，这个方法返回一个操控力，

// 这个力让智能体不与最近的障碍物发生碰撞。

//------------------------------------------------------------------------

public Vector2 ObstacleAvoidance(List<BaseGameEntity> obstacles)

{

// 检测盒长度正比于智能体的速度

float \_dBoxLength = Global.MinDetectionBoxLength +

(\_vehicle.Speed / \_vehicle.MaxSpeed) \* Global.MinDetectionBoxLength;

// 标记在检测盒半径之内的障碍物

\_vehicle.World.TagObstaclesWithinViewRange(\_vehicle, \_dBoxLength);

// 保存最近的相交障碍物(CIB)

BaseGameEntity ClosestIntersectingObstacle = null;

// 到最近相交障碍物的距离

float DistToCIB = float.MaxValue ;

// 保存最近相交障碍物在局部空间中的坐标

Vector2 LocalPosOfClosestObstacle=Vector2 .Zero ;

foreach(BaseGameEntity curOb in obstacles )

{

// 如果该障碍物被标记在范围内

if (curOb.IsTagged)

{

// 计算这个障碍物在智能体的局部空间中的位置

Vector2 LocalPos = Vector2.Transform(curOb.Pos,

Matrix.Invert(Matrix.CreateRotationZ((float)(Math.Atan2(\_vehicle.Heading.Y, \_vehicle.Heading.X)))

\* Matrix.CreateTranslation(new Vector3(\_vehicle.Pos, 0))));

// 如果局部空间中的X为负，那么障碍物在智能体后方，可以忽略。

// 所以我们只考虑X不为负的情况。

if (LocalPos.X >= 0)

{

// 如果障碍物到x轴的距离小于它的半径+检测盒宽度的一半，

// 则有可能相交。

float ExpandedRadius = curOb.BRadius + \_vehicle.BRadius;

if (Math.Abs(LocalPos.Y) < ExpandedRadius)

{

// 进行线/圆周相交测试。圆周中心坐标用(cX, cY)表示，

// 相交点在局部空间x轴上的坐标值由公式x = cX +/-sqrt(r^2-cY^2)给出，此时y=0。

// 我们只需要x的最小正值，它就是最近的相交点。

float cX = LocalPos.X;

float cY = LocalPos.Y;

float SqrtPart = (float)Math.Sqrt(ExpandedRadius\*ExpandedRadius - cY\*cY);

float ip = cX - SqrtPart;

if (ip <= 0.0)

{

ip = cX + SqrtPart;

}

// 测试是不是最近点，如果是则保存这个障碍物和的局部坐标

//record of the obstacle and its local coordinates

if (ip < DistToCIB)

{

DistToCIB = ip;

ClosestIntersectingObstacle = curOb;

LocalPosOfClosestObstacle = LocalPos;

}

}

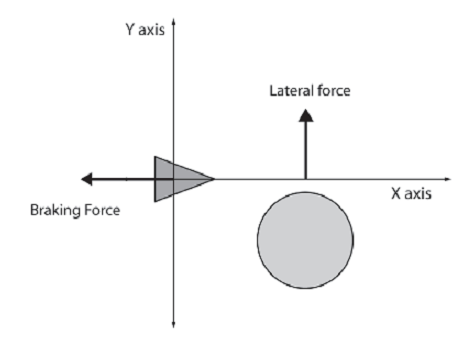
}

}

}

## 计算操控力

计算操控力是容易的，通常分成两部分：侧向操控力和制动操控力，如图所示。



**计算操控力**

我们有许多方法可以计算侧向操控力，此处建议如下这种：障碍物包围半径减去其在局部空间中的y值。这会产生一个侧向操控力使其远离障碍物，它会随着障碍物到x轴的距离而减少。该力正比于交通工具到障碍物的距离（因为交通工具离障碍物越近，反应越快）。

操控力的另一部分是制动力。该力沿着图中的负x轴方向，其大小正比于交通工具到障碍物的距离。

最后，把操控力转换到世界空间，就是该方法的返回的结果。代码如下：

// 如果我们找到了一个相交障碍物，则计算一个远离它的力

Vector2 SteeringForce=Vector2.Zero ;

if (ClosestIntersectingObstacle!=null)

{

// 智能体离物体越近，操控力就应越强

float multiplier = 1.5f + (\_dBoxLength - LocalPosOfClosestObstacle.X) / \_dBoxLength;

// 计算侧向力

if( LocalPosOfClosestObstacle.Y>0)

SteeringForce.Y = (-ClosestIntersectingObstacle.BRadius - LocalPosOfClosestObstacle.Y)

\* multiplier;

else

SteeringForce.Y = (ClosestIntersectingObstacle.BRadius- LocalPosOfClosestObstacle.Y)

\* multiplier;

// 施加一个制动力，它正比于智能体到障碍物的距离

const float BrakingWeight = 0.6f;

SteeringForce.X = (ClosestIntersectingObstacle.BRadius - LocalPosOfClosestObstacle.X) \*

BrakingWeight;

}

// 最后，将操控力向量从局部坐标转换到世界坐标

return Vector2.Transform(SteeringForce,

Matrix.CreateRotationZ((float)(Math.Atan2(\_vehicle.Heading.Y, \_vehicle.Heading.X))));

}

## 辅助方法

在上述ObstacleAvoidance方法中还用到了些辅助方法，这些辅助方法都位于GameWorld类中，代码如下：

// 创建一些随机大小的障碍物

private void CreateObstacles()

{

for (int i=0; i<Global.NumObstacles; i++)

{

bool bOverlapped = true;

// 不停尝试直至找到一个不与其他障碍物重叠的障碍物。

int NumTrys = 0; int NumAllowableTrys = 2000;

while (bOverlapped)

{

NumTrys++;

if (NumTrys > NumAllowableTrys)

return;

// 随机产生一个介于MinObstacleRadius和MaxObstacleRadius之间的半径

int radius = Global.random.Next((int)Global.MinObstacleRadius, (int)Global.MaxObstacleRadius);

// 障碍物至少与边界距离10，障碍物之间至少距离20

int border = 10;

int MinGapBetweenObstacles = 20;

Obstacle ob = new Obstacle(Global.random.Next(radius + border, \_xClient - radius - border),

Global.random.Next(radius + border, \_yClient - radius - 40 - border), radius);

if (!Overlapped(ob, \_obstacles, MinGapBetweenObstacles))

{

// 如果不重叠则添加到集合中

\_obstacles.Add(ob);

bOverlapped = false;

}

}

}

}

//------------------------- Overlapped -----------------------------------

//

// 测试一个实体是否与另一个实体集合中的某个相交

//------------------------------------------------------------------------

private bool Overlapped(BaseGameEntity ob, List<BaseGameEntity> conOb, float MinDistBetweenObstacles)

{

foreach (BaseGameEntity it in conOb)

{

if (TwoCirclesOverlapped(ob.Pos, ob.BRadius + MinDistBetweenObstacles, it.Pos, it.BRadius))

{

return true;

}

}

return false;

}

//----------------------------- TwoCirclesOverlapped ---------------------

//

// 如果两个圆相交则返回true

//------------------------------------------------------------------------

private bool TwoCirclesOverlapped(Vector2 c1, float r1, Vector2 c2, float r2)

{

float DistBetweenCenters = Vector2.Distance(c1, c2);

if ((DistBetweenCenters < (r1 + r2)) || (DistBetweenCenters < Math.Abs(r1 - r2)))

{

return true;

}

return false;

}

// 给在range半径范围内的障碍物做标记

public void TagObstaclesWithinViewRange(BaseGameEntity vehicle, float range)

{

TagNeighbors(vehicle, \_obstacles, range);

}

//----------------------- TagNeighbors ----------------------------------

//

// 在实体集合ContainerOfEntities中，若某个实体位于以指定实体entity为圆心，

// radius为半径的范围内，则对它打上标记

//------------------------------------------------------------------------

private void TagNeighbors(BaseGameEntity entity, List<BaseGameEntity> ContainerOfEntities, float radius)

{

foreach (BaseGameEntity curEntity in ContainerOfEntities)

{

// 首先取消标记

curEntity.UnTag();

// 两个实体间的距离

Vector2 to = curEntity.Pos - entity.Pos;

// 还需考虑包围球半径

float range = radius + curEntity.BRadius;

// 若在范围内，则打上标记

if ((curEntity != entity) && (to.LengthSquared() < range \* range))

{

curEntity.Tag();

}

}

}