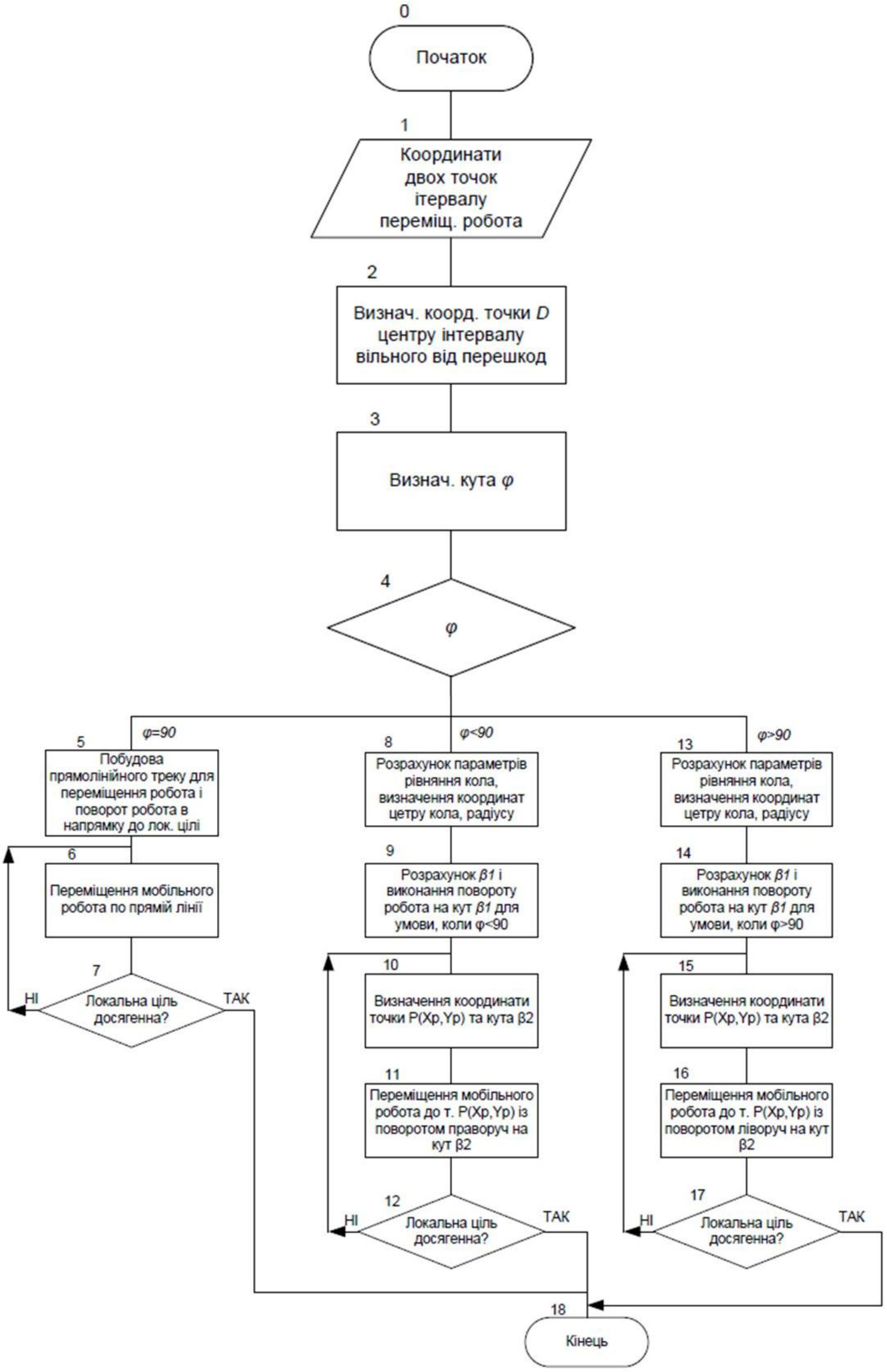
ДОДАТОК А

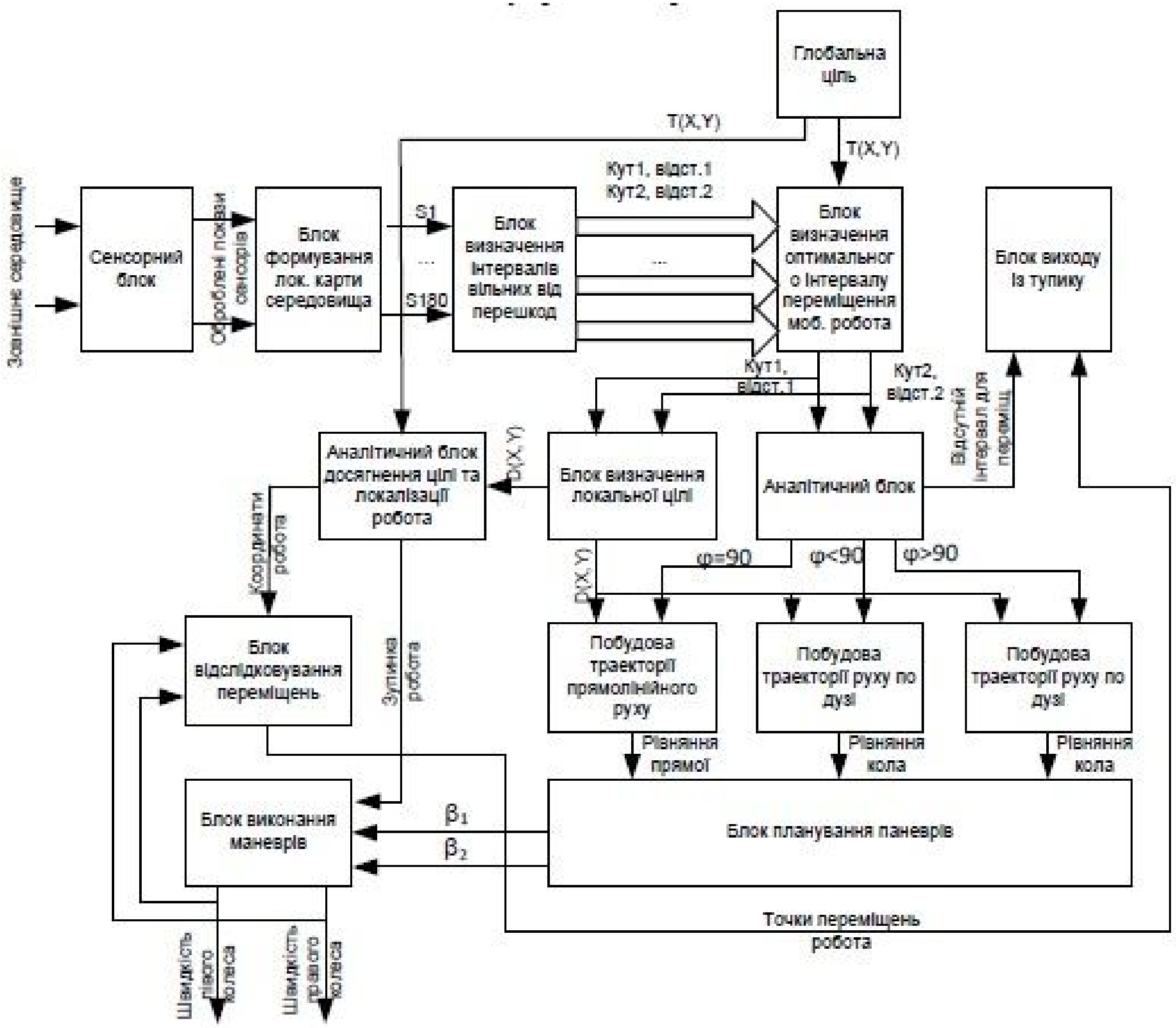
Схема роботи алгоритму побудови траєкторії руху



0
Початок
1
Координати двох точок ітервалу переміщ. робота
2
Визнач. коорд. точки D центру інтервалу вільного від перешкод
3
Визнач. кута φ
4
φ
φ=90
φ<90
φ>90
5
Побудова прямолінійного треку для переміщення робота і поворот робота в напрямку до лок. цілі
6
Переміщення мобільного робота по прямій лінії
7
Локальна ціль досягенна?
НІ
ТАК
8
Розрахунок параметрів рівняння кола, визначення координат цетру кола, радіусу
9
Розрахунок β1 і виконання повороту робота на кут β1 для умови, коли φ<90
10
Визначення координати точки P(Xp,Yp) та кута β2
11
Переміщення мобільного робота до т. P(Xp,Yp) із поворотом праворуч на кут β2
12
Локальна ціль досягенна?
НІ
ТАК
13
Розрахунок параметрів рівняння кола, визначення координат цетру кола, радіусу
14
Розрахунок β1 і виконання повороту робота на кут β1 для умови, коли φ>90
15
Визначення координати точки P(Xp,Yp) та кута β2
16
Переміщення мобільного робота до т. P(Xp,Yp) із поворотом ліворуч на кут β2
17
Локальна ціль досягенна?
НІ
ТАК
18
Кінець

ДОДАТОК Б

Схема управління робтом


Глобальна ціль
T(X,Y)
T(X,Y)
Зовнішнє середовище
Сенсорний блок
Оброблені покази сенсорів
Блок формування лок. карти середовища
S1
...
S180
Блок визначення інтервалів вільних від перешкод
Кут1, відст.1
Кут2, відст.2
...
Блок визначення оптимальног о інтервалу переміщення моб. робота
Блок виходу із тупику
Кут1, відст.1
Кут2, відст.2
Відсутній інтервал для переміщ
Аналітичний блок досягнення цілі та локалізації робота
D(X,Y)
Блок визначення локальної цілі
Аналітичний блок
Координати робота
D(X,Y)
φ=90
φ<90
φ>90
Блок відслідковування переміщень
Зупинка робота
Побудова траекторії прямолінійного руху
Побудова траекторії руху по дузі
Побудова траекторії руху по дузі
Рівняння прямої
Рівняння кола
Рівняння кола
Блок виконання маневрів
β1
β2
Блок планування паневрів
Точки переміщень робота
Швидкість лівого колеса
Швидкість правого колеса

ДОДАТОК В

Source Code

```
#include <iostream>
#include <iomanip>
#include <math.h>
#include <ctime>
#include <string>
#include <queue>

using namespace std;

const int IDIM = 8; // horizontal size of the squares
const int JDIM = 6; // vertical size size of the squares
const int NDIR = 4; // number of possible directions to go at any position

// if NDIR = 4
const int iDir[NDIR] = {1, 0, -1, 0};
const int jDir[NDIR] = {0, 1, 0, -1};

// if NDIR = 8
//const int iDir[NDIR] = {1, 1, 0, -1, -1, -1, 0, 1};
//const int jDir[NDIR] = {0, 1, 1, 1, 0, -1, -1, -1};

int squares[IDIM][JDIM];

// list of closed (check-out) nodes
int closedNodes[IDIM][JDIM];
```

```
// list of open (not-yet-checked-out) nodes
int openNodes[IDIM][JDIM];

// map of directions (0: East, 1: North, 2: West, 3: South)
int dirMap[IDIM][JDIM];

struct Location
{
   int row, col;

   Location()
   {
      row = col = 0;
   };

   Location(int r, int c)
   {
      row = r;
      col = c;
   };
};

class Node
{
   // current position
   int rPos;
   int cPos;

   // total distance already travelled to reach the node
   int GValue;

   // FValue = GValue + remaining distance estimate
   int FValue;  // smaller FValue gets priority

   public:
      Node(const Location &loc, int g, int f)
        {rPos = loc.row; cPos = loc.col; GValue = g; FValue = f;}

                   Location getLocation() const {return Location(rPos,cPos);}
      int getGValue() const {return GValue;}
      int getFValue() const {return FValue;}

      void calculateFValue(const Location& locDest)
      {
         FValue = GValue + getHValue(locDest) * 10;
      }


      void updateGValue(const int & i) // i: direction
      {
        GValue += (NDIR == 8 ? (i % 2 == 0 ? 10 : 14) : 10);
      }
```

```
    // Estimation function for the remaining distance to the goal.
    const int & getHValue(const Location& locDest) const
    {
       static int rd, cd, d;
       rd = locDest.row - rPos;
       cd = locDest.col - cPos;

       // Euclidian Distance
       // d = static_cast<int>(sqrt((double)(rd*rd+cd*cd)));

       // Manhattan distance
       d = abs(rd) + abs(cd);

       // Chebyshev distance
       //d = max(abs(rd), abs(cd));

       return(d);
    }

        // Determine FValue (in the priority queue)
        friend bool operator<(const Node & a, const Node & b)
        {
           return a.getFValue() > b.getFValue();
        }
};

// A-star algorithm.
// The path returned is a string of direction digits.
string pathFind( const Location &locStart ,
                 const Location &locFinish )

{
    // list of open (not-yet-checked-out) nodes
    static priority_queue<Node> q[2];

    // q index
    static int qi;

    static Node* pNode1;
    static Node* pNode2;
    static int i, j, row, col, iNext, jNext;
    static char c;
    qi = 0;

    // reset the Node lists (0 = ".")
    for(j = 0; j < JDIM; j++) {
        for(i = 0; i < IDIM; i++) {
            closedNodes[i][j] = 0;
            openNodes[i][j] = 0;
        }
    }

    // create the start node and push into list of open nodes
    pNode1 = new Node(locStart, 0, 0);
```

```
pNode1->calculateFValue(locFinish);
q[qi].push(*pNode1);

// A* search
while(!q[qi].empty()) {
   // get the current node w/ the lowest FValue
   // from the list of open nodes
   pNode1 = new Node( q[qi].top().getLocation(),
             q[qi].top().getGValue(), q[qi].top().getFValue());

   row = (pNode1->getLocation()).row;
       col = pNode1->getLocation().col;
       cout << "row, col=" << row << "," << col << endl;

       // remove the node from the open list
   q[qi].pop();
   openNodes[row][col] = 0;

   // mark it on the closed nodes list
   closedNodes[row][col] = 1;

   // stop searching when the goal state is reached
   if(row == locFinish.row && col == locFinish.col) {
               // drawing direction map
               cout << endl;
               for(j = JDIM - 1; j >= 0; j--) {
                        for(i = 0; i < IDIM; i++) {
```

```
                                        cout << dirMap[i][j];
                                }
                                cout << endl;
                        }
                        cout << endl;

                    // generate the path from finish to start from dirMap
            string path = "";
            while(!(row == locStart.row && col == locStart.col)) {
                j = dirMap[row][col];
                c = '0' + (j + NDIR/2) % NDIR;
                path = c + path;
                row += iDir[j];
                col += jDir[j];
            }

            // garbage collection
            delete pNode1;

            // empty the leftover nodes
            while(!q[qi].empty()) q[qi].pop();
            return path;
        }

        // generate moves in all possible directions
        for(i = 0; i < NDIR; i++) {
            iNext = row + iDir[i];
```

```
                jNext = col + jDir[i];

                // if not wall (obstacle) nor in the closed list
            if(!(iNext < 0 || iNext > IDIM - 1 || jNext < 0 || jNext > JDIM - 1 ||
                                    squares[iNext][jNext] == 1 || closedNodes[iNext][jNext]
== 1)) {

                        // generate a child node
               pNode2 = new Node( Location(iNext, jNext), pNode1->getGValue(),
pNode1->getFValue());
               pNode2->updateGValue(i);
               pNode2->calculateFValue(locFinish);

               // if it is not in the open list then add into that
               if(openNodes[iNext][jNext] == 0) {
                   openNodes[iNext][jNext] = pNode2->getFValue();
                   q[qi].push(*pNode2);
                   // mark its parent node direction
                   dirMap[iNext][jNext] = (i + NDIR/2) % NDIR;
               }

                        // already in the open list
               else if(openNodes[iNext][jNext] > pNode2->getFValue()) {
                   // update the FValue info
                   openNodes[iNext][jNext] = pNode2->getFValue();

                   // update the parent direction info,  mark its parent node direction
```

```
    dirMap[iNext][jNext] = (i + NDIR/2) % NDIR;

    // replace the node by emptying one q to the other one
    // except the node to be replaced will be ignored
    // and the new node will be pushed in instead
    while(!(q[qi].top().getLocation().row == iNext &&
      q[qi].top().getLocation().col == jNext)) {
      q[1 - qi].push(q[qi].top());
      q[qi].pop();
    }

          // remove the wanted node
    q[qi].pop();

    // empty the larger size q to the smaller one
    if(q[qi].size() > q[1 - qi].size()) qi = 1 - qi;
    while(!q[qi].empty()) {
      q[1 - qi].push(q[qi].top());
      q[qi].pop();
    }
    qi = 1 - qi;

          // add the better node instead
    q[qi].push(*pNode2);
  }
  else delete pNode2;
}
```

```
        }
        delete pNode1;
    }
    // no path found
    return "";
}

int main()
{
    // create empty squares
    for(int j = 0; j < JDIM; j++) {
        for(int i = 0; i < IDIM; i++) squares[i][j] = 0;
    }

    // make wall
    squares[4][2] = 1;
    squares[4][3] = 1;
    squares[4][4] = 1;

    // starting and ending positions
    int iStart = 2,jStart = 3;
             int iEnd = 6,jEnd = 3;

    cout << "Grid Size (IDIM,JDIM): "<< IDIM<< "," << JDIM << endl;
    cout << "Start: " << iStart<<","<< jStart << endl;
    cout << "Finish: " << iEnd<<","<< jEnd << endl;
```

```
clock_t start = clock();

// get the path
string path = pathFind(Location(iStart, jStart), Location(iEnd, jEnd));

clock_t end = clock();
double time = double(end - start);
cout << "Time (ms): "<< time << endl;
cout << "path: " << path << endl;

// follow the path on the squares and display it
if(path.length() > 0) {
   char c;
       int m,n;
   int i = iStart;
   int j = jStart;
   squares[i][j] = 2;
   for(m = 0; m < path.length(); m++) {
      c = path.at(m);
      n = atoi(&c);
      i = i + iDir[n];
      j = j + jDir[n];
      squares[i][j] = 3;
   }
   squares[i][j] = 4;

   // display the squares with the path
```

```
      for(j = JDIM - 1; j >= 0; j--) {
         for(i = 0; i < IDIM; i++) {
            if(squares[i][j] == 0)
               cout << ".";
            else if(squares[i][j] == 1)
               cout << "O"; //obstacle
            else if(squares[i][j] == 2)
               cout << "I"; //Initial
            else if(squares[i][j] == 3)
               cout << "P"; //path
            else if(squares[i][j] == 4)
               cout << "F"; //final
             }
         cout << endl;
      }
   }
   return(0);
}
```