

实验1.1

算法主要思想

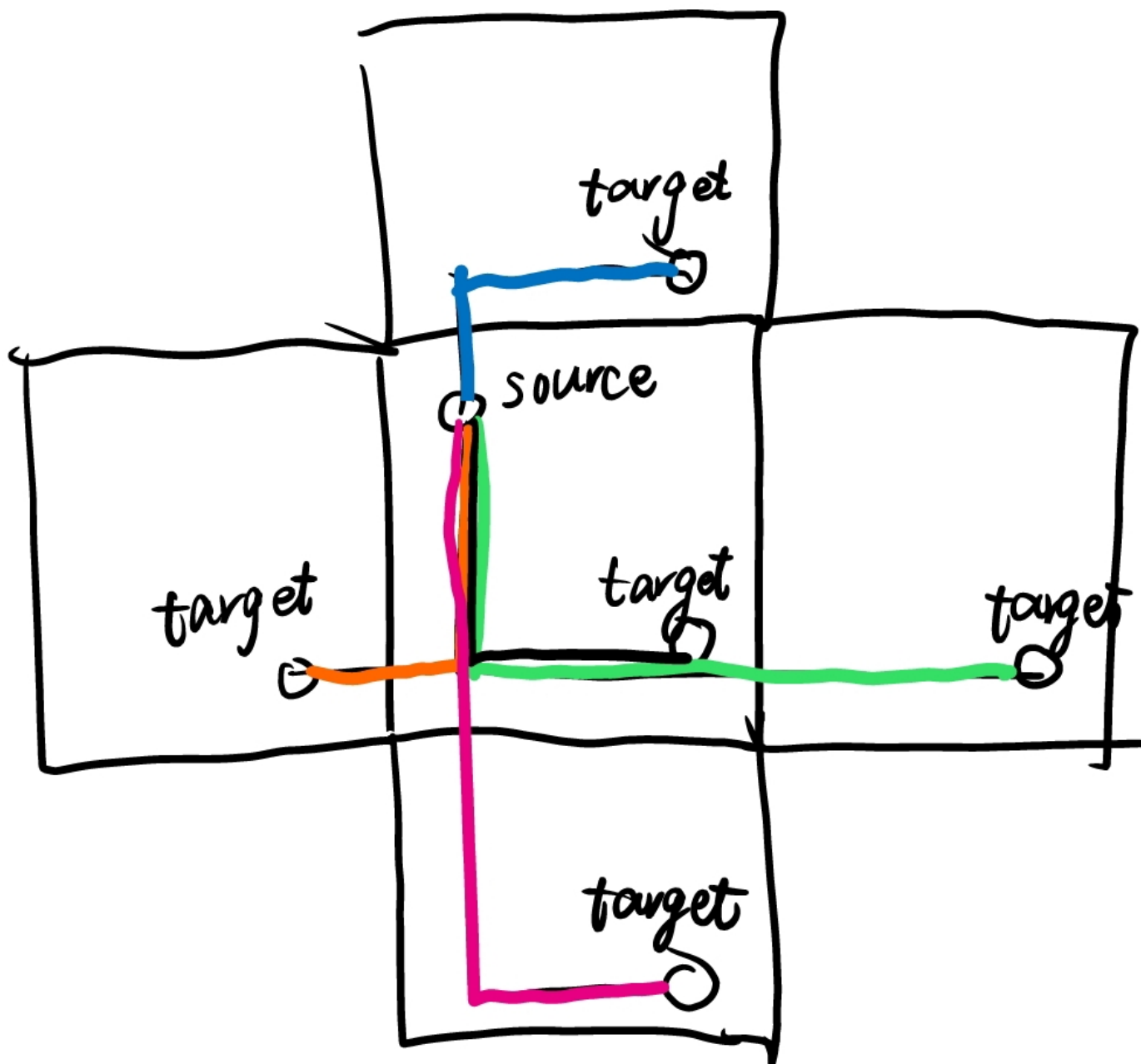
A*算法

通过不断对节点的一致性代价 $g(n)$ 和 $h(n)$ 相加得到评估结果 $eval$ ，然后不断选择 $eval$ 最小的节点进行拓展，来搜索整个状态空间，如果达到目标状态，则为最优解，返回结果节点并返回路径。在此过程中，使用 `closed_list` 记录已经访问过的节点。如果`expand`得到的结果 $eval$ 在`closed_list`中存在，且小于`closed_list`中的节点 $eval$ ，需要从`closed_list`中消除该点并重新添加到`open_list`中。如果`expand`得到的节点在`open_list`中，且比`open_list`中的 $eval$ 要小，则也需要从`open_list`中删除 $eval$ 大的节点并插入新节点。

IDA*算法

使用迭代加深的深度优先算法，但是限制深度 $d_limit = eval$ ，当出现比限制深度 d_limit 还要大的点 $eval'$ 时，忽略该点，并且如果 $eval' < next_d_limit$ ，则将 $next_d_limit$ 赋值为 $eval'$ ；对于小于限制深度的点，判断是否为目标节点，若是，则返回，否则继续拓展并加入`list`的`top`端。当`list`空时，进行下一轮迭代。整体上通过限制搜索深度防止深度优先的盲目搜索。

启发式函数 h_2 定义为每个星球的绝对曼哈顿距离之和。如下图所示。



对于每个点，假设当前位置为 $\{i, j\}$ ，目标位置为 $\{x, y\}$
则绝对曼哈顿距离定义为 $\min\{|i-x|, 5-|i-x|\} + \min\{|j-y|, 5-|j-y|\}$

简单来说，就是在边界上将隧道全部打通，飞船可以在任何边界上进行跳跃。

因为每个点必须通过飞船才能移动，而该点到达目标点的最短距离就是上面的绝对曼哈顿距离，另外，由于飞船每次只能移动一个点，所以不会对其他点有影响。并且由于隧道的位置限制，可能存在弯路的情况。

因此，所有星球的绝对曼哈顿距离之和一定小于真实移动步数。即admissible

运行结果

A_h1

样例编号	运行时间(s)	移动序列	移动步数
0	0.001677	DDRUR	5
1	0.001601	ULLUULDD	8
2	0.001167	DDLUULLURR	10
3	0.00655	DLDRRURRRUUURR	14
4	0.007314	LUUURULLURDDRDR	15
5	0.009574	LLUURRRUURDDDDLURDD	20
6	0.027783	DRDLLULULUUURDRURDRDRRR	23
7	0.004779	URRRRDLLLLDRRRRDLLLLDRRRR	25
8	0.111556	DLLDRUUUULDRRRRULDDDDRULDR	27
9	1.348464	RDRDLUUUURDRDDRUUULLDRULURR	28
10	0.074612	DDRRUUUULLULLUULLLLLLUURRDDDDRR	30
11	5.364917	DRUURDRRDRUULDULDLDRDLDRURDRURD	32

A_h2

样例编号	运行时间(s)	移动序列	移动步数
0	0.001355	DDRUR	5
1	0.001449	ULLUULDD	8
2	0.001091	DDLUULLURR	10
3	0.0021	DLDRRURRRUUURR	14
4	0.002092	LUUURULLURDDRDR	15
5	0.002166	LLUURRRUURDDDDLURDD	20
6	0.010596	DRDLLULULUUURDRURDRDRRR	23

样例编号	运行时间(s)	移动序列	移动步数
7	0.00187	URRRRDLLLLDRRRRDLLLLDRRRR	25
8	0.00866	DRDLULLLD RUUUULDRRRRULDDDRD	27
9	0.11677	RDRDLUUUURRUUUURDRUUULDLDDDDR	28
10	0.008887	DDRRUUUULLULLUULLLLLLUURRDDDDRR	30
11	0.359282	DRUURDRRDRUULDLULDLDRDLDRURDRURD	32

IDA_h1

样例编号	运行时间(s)	移动序列	移动步数
0	0.001205	DDRUR	5
1	0.001108	ULLUULDD	8
2	0.00108	DDL UULLURR	10
3	0.002163	DLDRRU RRRUUURR	14
4	0.006362	LUUURULLURDDRDR	15
5	0.008778	LLUURRRUURDDDDL UURDD	20
6	0.026368	DRDLLULULUUURDRURDRDRRR	23
7	0.005022	URRRRDLLLLDRRRRDLLLLDRRRR	25
8	0.063069	DDRULLLLDRUUUULDRRRRULDDDDR	27
9	0.904966	RDRDLUUUURDRDDR UUULLDRULURR	28
10	0.069074	DDRRUUUULLULLUULLLLLLUURRDDDDRR	30
11	2.582178	DRUURDRRDRUULDLULDLDRDLDRURDRURD	32

IDA_h2

样例编号	运行时间(s)	移动序列	移动步数
0	0.001165	DDRUR	5
1	0.001205	ULLUULDD	8

样例编号	运行时间(s)	移动序列	移动步数
2	0.002187	DDLUULLURR	10
3	0.001441	DLDRRURRRUUURR	14
4	0.001373	LUUURULLURDDRDR	15
5	0.002065	LLUURRRUURDDDDLURDD	20
6	0.008369	DRDLLULULUUURDRURDRDRR	23
7	0.002552	URRRRDLLLLDRRRRDLLLLDRRRR	25
8	0.006412	DDRULLLLDRUUUULDRRRRULDDDDR	27
9	0.145316	RDRDLUUUURRDRDDR UUULLDRULURR	28
10	0.012537	DDRRUUUULLULLUULLLLL UURRDDDDR	30
11	0.28185	DRUURDRRDRUULDLULDLDRDLDRURDRURD	32

优化方法

在A*算法中

运行时间上，如果一个节点a状态在open_list中已经出现，但是评估结果 > open_list中的那个节点的eval，则删除open_list中的那个节点，将a节点添加到open_list中，这样可以避免一些eval较大的节点的不必要插入。如果节点a在closed_list中出现，而且也比closed_list中的eval要大，则也删除该节点。

另外，在输入时就将每个点能够走的方向(WalkAbility)确定下来，之后在进行expand生成后继节点时只要进行查表即可。

最重要的一点优化是在进行expand时，根据生成该节点时采用的方向，不生成反方向的节点，因为反方向一定没有用的。如果从上往下走，则扩展节点一定不会从下回到上。该优化将时间从大概190s降低至5,6s

运行程序备注

程序只输出给定input和target情况下的行动序列

如果需要时间统计以及运行结果等输出，请使用 `g++ -DOUT a.cpp` 的方式生成可执行文件， `data` 输入文件夹与 `src` 文件夹同级

实验1.2

集合

变量集合：每天每人的情况

值域集合：1.RELAX(表示休息)。2.WORK(表示工作)

赋值除了以上两个还包括UNASSIGNED表示未赋值

约束集合：题中所给限制

1. 每个工人每周必须两天或两天以上休息
2. 工人不可以连续休息3天
3. 每天至少X个人值班
4. 每天至少一个senior工人
5. 有一些工人不想同一天上班

算法主要思路

```

bool backtrack(State &s, CSP &csp) {
    if (csp.checkComplete(s)) // 检查是否全部已经赋值了
        return true;
    auto var = csp.selectUnassignedVar(s);
    auto value_list = csp.orderDomainValues(var);
    for (auto value: value_list) {
        auto old_v = s.assignment[var.day][var.emp];
        s.assignment[var.day][var.emp] = value;
        // 检查赋值是否满足约束
        if (csp.checkConsistent(s)) {
            // 保留推理删除的值，以便恢复
            auto infer = csp.inference(s); // 推理部分会删除一些变量的可取值
            if (!infer.failure) { // 推理结果中没有变量可取值为0个
                auto result = backtrack(s, csp);
                if (result) {
                    return true;
                }
            }

            // 恢复
            csp.recoverFromInfer(infer);
        }

        // 恢复
        s.assignment[var.day][var.emp] = old_v;
    }
    return false;
}

```

1. checkComplete 检查是否已经全部赋值，若全部赋值，则已经找到结果（进行check之前，保证s是consistent）
2. selectUnassignedVar 选择未赋值的变量（这里首先选择未赋值的senior相关变量，然后再选择值域少的变量）
3. orderDomainValues 对变量的值域进行排序（这里优先选择RELAX，可以尽早满足relax 2天的约束，并且尽快排除不满足连续休息小于3天的约束的状态。
4. for (auto value: value_list) 对于值域中的所有值
 1. s.assignment[var.day][var.emp] = value 对变量进行赋值
 2. checkConsistent 检查是否consistent，对于UNASSIGNED的情况有特殊处理，详见 checkStateGeneral 函数注释
 3. inference 根据工人冲突情况 conflict1, conflict2 进行推理，删除其他变量值域中的一些值
 4. infer.failure == true 如果存在某个变量值域个数为0,则说明该赋值不可行，需要恢复
 5. auto result = backtrack() 递归进行backtrack
 6. 若backtrack失败，则需要恢复

7. `recoverFromInfer` 将infer删除的值集合恢复

8. `a.assignment[var.day][var.emp] = old_v` 对第1小步变量的赋值进行恢复

checkStateGeneral

检查是否满足每个工人休息 ≥ 2 , 连续休息 < 3 , 每天 $\geq \text{at_least_count}$ 个人值班, 每天至少一个senior值班, 对于unassigned的情况特殊处理

如果一天中有人未赋值, 则一天至少中有 at_least_count 个工人约束成立, 如果一天中有一个人工作, 则不论是否有unassigned, 该条件都成立

如果工人一周中在检测到3天连续休息之前有unassigned的情况, 则没有连续3天休息成立

如果有unassigned的情况, 则工人有两天休息一定成立。

优化方法

MRV

在选择变量时, 如果没有UNASSIGNED的senior相关变量, 则首先选择值域少的变量。可以减少树的深度, 尽早发现不满足约束的情况。

度启发式

由于senior关联的约束更多, 所以在选择变量时优先考虑senior相关变量。这样可以在较早判断是否满足senior至少一个的约束。

前向检验

在infer时将assigned的variable相关联的变量值域进行更新 (在这里就是工人之间冲突的情况, 在某个工人在某天完成赋值后, 对另一个工人的值域进行更新), 如果有变量值域个数为0, 则failure。这样可以提前发现冲突问题, 尽早规避。