Render

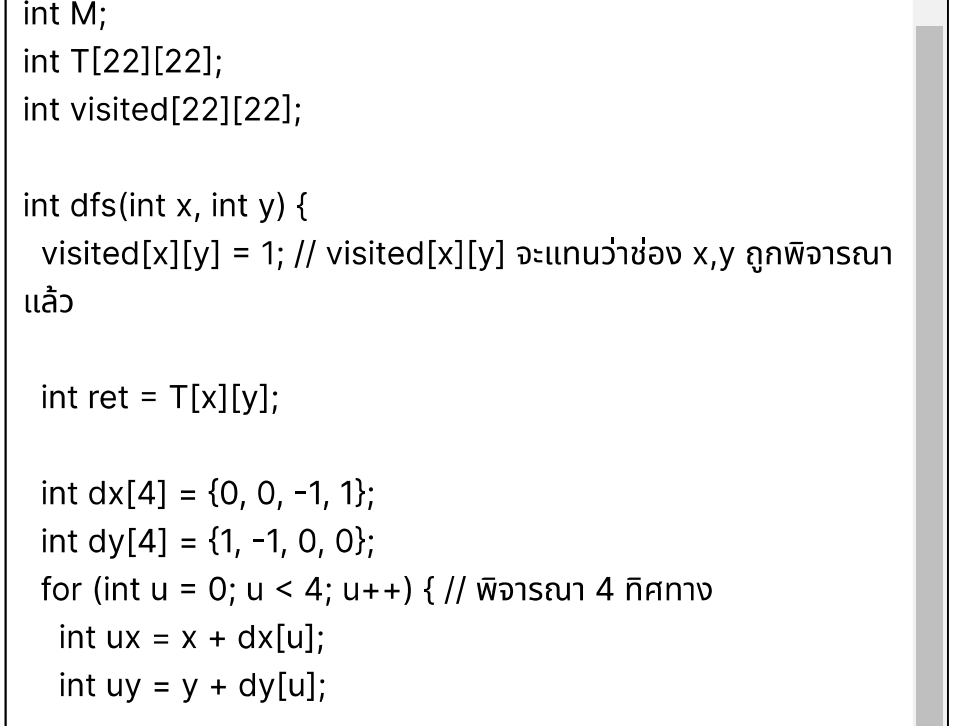
E สามารถไปมาซึ่งกันและกัน

ในการทำ State Space Search จะมีวิธีพื้นฐานหลักๆ สองแบบคือ Depth First Search (DFS) กับ Breadth First Search (BFS)

DFS

ใน DFS จะทำการค้นหาในรูปแบบ Recursive โดยสำหรับแต่ละ State ที่พิจารณา จะ DFS ลงไปใน Node ที่มี Edge ที่ยังได้ไม่ถูกพิจารณา

หากทำ DFS จาก State A ในตัวอย่างก่อนหน้านี้จะได้ดังในรูป (ลูกศรสีเขียวแทนการเรียก DFS แบบ Recursive และลูกศรสีแดงแทนการ Return กลับมา)



ในตัวอย่างนี้จะพิจารณา State ในลำดับ A,B,D,E,C,F,G

เมื่อนำมาใช้กับข้อนี้จะได้โค้ดดังนี้

```cpp
int M;
int T[22][22];
int visited[22][22];

int dfs(int x, int y) {
  visited[x][y] = 1; // visited[x][y] จะแทนว่าช่อง x,y ถูกพิจารณาแล้ว

  int ret = T[x][y];

  int dx[4] = {0, 0, -1, 1};
  int dy[4] = {1, -1, 0, 0};
  for (int u = 0; u < 4; u++) { // พิจารณา 4 ทิศทาง
    int ux = x + dx[u];
    int uy = y + dy[u];

    if (1 <= ux && ux <= M && 1 <= uy && uy <= M &&
!visited[ux][uy] &&
        T[ux][uy] != 100 &&
        T[ux][uy] > T[x][y]) // ช่องใหม่ต้องอยู่ในกรอบ ยังไม่ถูกพิจารณา และ
                             // ต้องมีอุณหภูมิที่มากกว่าช่องปัจจุบันและไม่ใช่ 100
      ret = max(dfs(ux, uy), ret); // ค่าที่มากที่สุดจะเป็นค่าที่มากสุดของช่องนี้หรือช่องที่สามารถไปจากช่องนี้
  }

  return ret;
}
```

ในโค้ดตัวอย่างนี้จะพิจารณาแต่ละช่องที่อยู่ด้าน บน ล่าง ซ้าย หรือ ขวาว่าเข้าเงื่อนไขที่จะสามารถไปจากช่องปัจจุบันไหมและหากสามารถไปจะเรียก DFS แบบ Recursive

DFS จะใช้ Memory ใน Stack ตามความยาวของ Path ที่ทำ

ข้อนี้ให้ค่าอุณหภูมิในตาราง $N \times N$ $(N \leq 20)$ และกำหนดว่าจากช่องใดๆ จะสามารถขยับไปช่องรอบๆ ที่มีอุณหภูมิที่สูงกว่าเท่านั้น โดยมีบางช่องที่ค่าอุณหภูมิเป็น 100 ซึ่งจะเข้าไม่ได้เลย

แนวคิด

สำหรับข้อนี้เราสามารถมองว่าแต่ละช่องของเป็นตารางที่ไม่ได้มีค่าอุณหภูมิเป็น 100 เป็น Node และระหว่างสองช่องที่ติดกันจะมี Edge ที่มีทิศทางจากช่องที่มีอุณหภูมิน้อยกว่าไปยังช่องที่มีอุณหภูมิมากกว่า

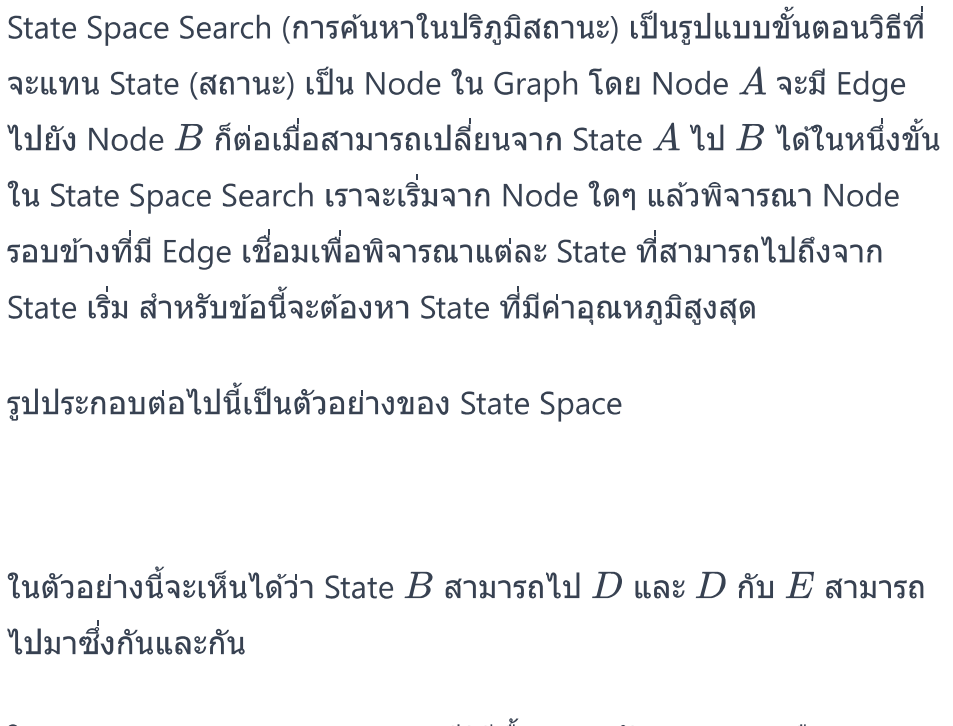
จากนั้นหากทำ State Space Search เพื่อหาว่า Node ใดในตารางบ้างที่มี Path ที่เป็นไปได้จากช่องเริ่มต้นและเอาอันที่มีอุณหภูมิสูงสุดจะได้คำตอบที่ต้องการ

เช่นในตัวอย่างประกอบในโจทย์สามารถวาด Edge ได้ดังในรูป

State Space Search

State Space Search (การค้นหาในปริภูมิสถานะ) เป็นรูปแบบขั้นตอนวิธีที่จะแทน State (สถานะ) เป็น Node ใน Graph โดย Node A จะมี Edge ไปยัง Node B ก็ต่อเมื่อสามารถเปลี่ยนจาก State A ไป B ได้ในหนึ่งขั้น ใน State Space Search เราจะเริ่มจาก Node ใดๆ แล้วพิจารณา Node รอบข้างที่มี Edge เชื่อมเพื่อพิจารณาแต่ละ State ที่สามารถไปถึงจาก State เริ่ม สำหรับข้อนี้จะต้องหา State ที่มีค่าอุณหภูมิสูงสุด

รูปประกอบต่อไปนี้เป็นตัวอย่างของ State Space



ในตัวอย่างนี้จะเห็นได้ว่า State B สามารถไป D และ D กับ E สามารถไปมาซึ่งกันและกัน

ในการทำ State Space Search จะมีวิธีพื้นฐานหลักๆ สองแบบคือ Depth First Search (DFS) กับ Breadth First Search (BFS)

DFS

ใน DFS จะทำการค้นหาในรูปแบบ Recursive โดยสำหรับแต่ละ State ที่พิจารณา จะ DFS ลงไปใน Node ที่มี Edge ที่ยังได้ไม่ถูกพิจารณา

หากทำ DFS จาก State A ในตัวอย่างก่อนหน้านี้จะได้ดังในรูป (ลูกศรสีเขียวแทนการเรียก DFS แบบ Recursive และลูกศรสีแดงแทนการ Return กลับมา)

ในตัวอย่างนี้จะพิจารณา State ในลำดับ A, B, D, E, C, F, G

เมื่อนำมาใช้กับข้อนี้จะได้โค้ดดังนี้

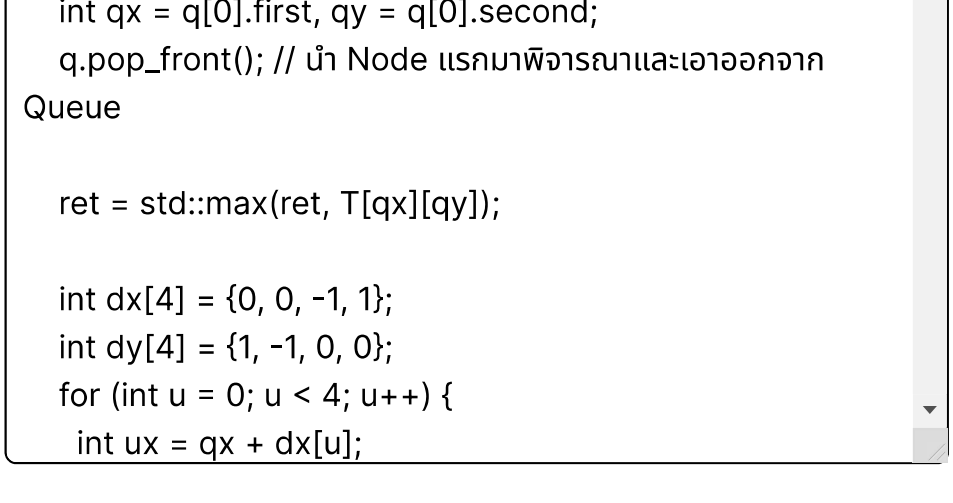
```cpp
int M;
```

Recursion ซึ่งสำหรับข้อนี้เป็นได้อย่างมาก $\mathcal{O}(M^2)$ และจะใช้ Time Complexity ตามจำนวน Node และ Edge ที่ถูกพิจารณาซึ่งสำหรับข้อนี้เป็น $\mathcal{O}(M^2)$ เช่นกัน

BFS

สำหรับ BFS จะต่างจาก DFS ตรงที่เมื่อเจอ Edge ที่ไปได้แล้วจะไม่นำมาพิจารณาทันทีแต่ละนำเข้า Queue ก่อน โดยการพิจารณาแต่ละ Node จะเรียงตามลำดับใน Queue

ตัวอย่างดังภาพ



ในตัวอย่างนี้จะพิจารณาเป็นลำดับ A,B,C,D,E,F,G ตามลูกศรสีเขียว

โค้ด BFS ตัวอย่างสำหรับข้อนี้

```cpp
int M;
int T[22][22];

int bfs(int x, int y) {
  int queued[22][22];
  queued[x][y] = 1;
  std::deque<std::pair<int, int>> q; // Queue สำหรับการเก็บแต่ละ Node

  q.push_back(std::make_pair(x, y)); // นำ Node เริ่มต้นเข้า Queue

  int ret = T[x][y];

  while (!q.empty()) {
    int qx = q[0].first, qy = q[0].second;
    q.pop_front(); // นำ Node แรกมาพิจารณาและเอาออกจาก Queue

    ret = std::max(ret, T[qx][qy]);

    int dx[4] = {0, 0, -1, 1};
    int dy[4] = {1, -1, 0, 0};
    for (int u = 0; u < 4; u++) {
      int ux = qx + dx[u];
```

```cpp
int T[22][22];
int visited[22][22];

int dfs(int x, int y) {
  visited[x][y] = 1; // visited[x][y] จะแทนว่าช่อง x,y ถู

  int ret = T[x][y];

  int dx[4] = {0, 0, -1, 1};
  int dy[4] = {1, -1, 0, 0};
  for (int u = 0; u < 4; u++) { // พิจารณา 4 ทิศทาง
    int ux = x + dx[u];
    int uy = y + dy[u];

    if (1 <= ux && ux <= M && 1 <= uy && uy <= M && !
        T[ux][uy] != 100 &&
        T[ux][uy] > T[x][y]) // ช่องใหม่ต้องอยู่ในกรอบ ยังไม่ถ
                             // ต้องมีอุณหภูมิที่มากกว่าช่องปัจจ
      ret = max(dfs(ux, uy), ret); // ค่าที่มากที่สุดจะเป็นค่า
  }
```

```
    return ret;
  }
```

ในโค้ดตัวอย่างนี้จะพิจารณาแต่ละช่องที่อยู่ด้าน บน ล่าง ซ้าย หรือ ขวา ว่าเข้าเงื่อนไขที่จะสามารถไปจากช่องปัจจุบันไหมและหากสามารถไปจะเรียก DFS แบบ Recursive

DFS จะใช้ Memory ใน Stack ตามความยาวของ Path ที่ทำ Recursion ซึ่งสำหรับข้อนี้เป็นได้อย่างมาก $\mathcal{O}(M^2)$ และจะใช้ Time Complexity ตามจำนวน Node และ Edge ที่ถูกพิจารณาซึ่งสำหรับข้อนี้เป็น $\mathcal{O}(M^2)$ เช่นกัน

BFS

สำหรับ BFS จะต่างจาก DFS ตรงที่เมื่อเจอ Edge ที่ไปได้แล้วจะไม่นำมาพิจารณาทันทีแต่ละนำเข้า Queue ก่อน โดยการพิจารณาแต่ละ Node จะเรียงตามลำดับใน Queue

ตัวอย่างดังภาพ

ในตัวอย่างนี้จะพิจารณาเป็นลำดับ A, B, C, D, E, F, G ตามลูกศรสีเขียว

โค้ด BFS ตัวอย่างสำหรับข้อนี้

```
int M;
int T[22][22];

int bfs(int x, int y) {
  int queued[22][22];
  queued[x][y] = 1;
  std::deque<std::pair<int, int>> q; // Queue สำหรับการ

  q.push_back(std::make_pair(x, y)); // นำ Node เริ่มต้นเข

  int ret = T[x][y];

  while (!q.empty()) {
    int qx = q[0].first, qy = q[0].second;
    q.pop_front(); // นำ Node แรกมาพิจารณาและเอาออกจาก Q

    ret = std::max(ret, T[qx][qy]);

    int dx[4] = {0, 0, -1, 1};
    int dy[4] = {1, -1, 0, 0};
    for (int u = 0; u < 4; u++) {
      int ux = qx + dx[u];
      int uy = qy + dy[u];

      if (1 <= ux && ux <= M && 1 <= uy && uy <= M &&
          T[ux][uy] != 100 && T[ux][uy] > T[qx][qy])
        q.push_back(std::make_pair(ux, uy)); // ใส่ Noc
        queued[ux][uy] = 1;
      }
    }
  }

  return ret;
}
```

สังเกตว่าในโค้ดนี้จะเรียก BFS เพียงรอบเดียวต่างจาก DFS โดยจะนำ Node มาใส่ Queue แทนการใช้ Recursion

BFS จะใช้ Memory ตามจำนวน Node ที่อยู่ใน Queue และเวลาตามจำนวน Node / Edge ที่ถูกพิจารณา

ดังนั้นทั้งคู่จะเป็น $\mathcal{O}(M^2)$ สำหรับข้อนี้