

# 2D 게임 프로그래밍

- 반드시 카메라를 ON 하고 !
- 입장 이름은 "학번 이름"으로 설정 !
- 미리 수업 git 서버에서 자료를 Pull 해서 준비 !

# Lecture #15. 인공지능(행동트리)

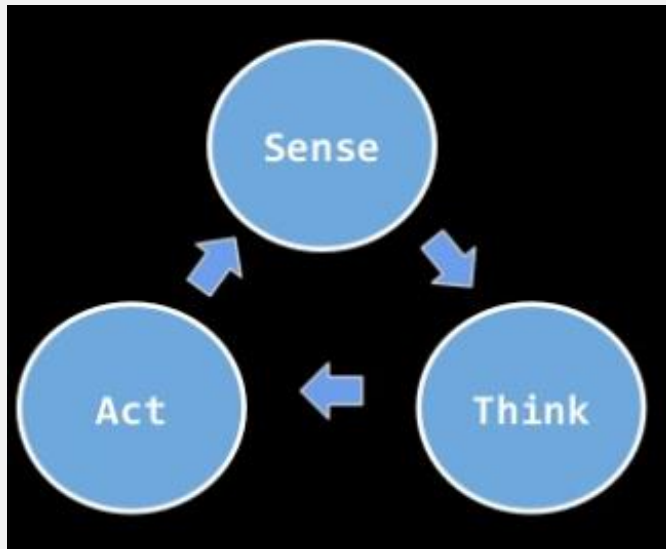
2D 게임 프로그래밍

이대현 교수

# 게임 인공지능

---

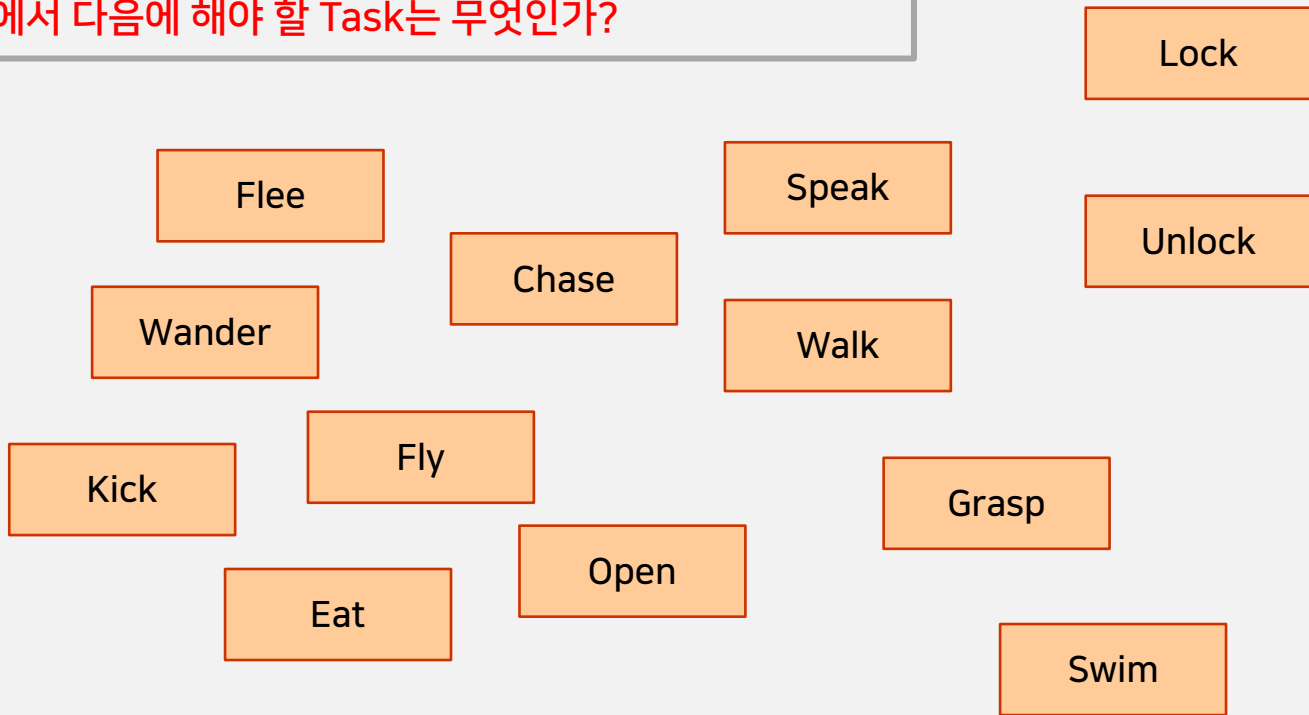
- 게임 객체는 주변의 상황을 인식(Sense)
- 인식된 결과를 바탕으로 행동을 결정(Think)
- 실제로 행동을 수행함(Act)



# Key Problems

---

Agent가 수행할 수 있는 수많은 Task들이 있을 때, Agent의 AI를 구현하기 위해 Task들을 어떤 순서로 실행할 것인가?  
현 상황에서 다음에 해야 할 Task는 무엇인가?



# 의사 결정

---

- 로직을 하드 코딩할 수도 있음.

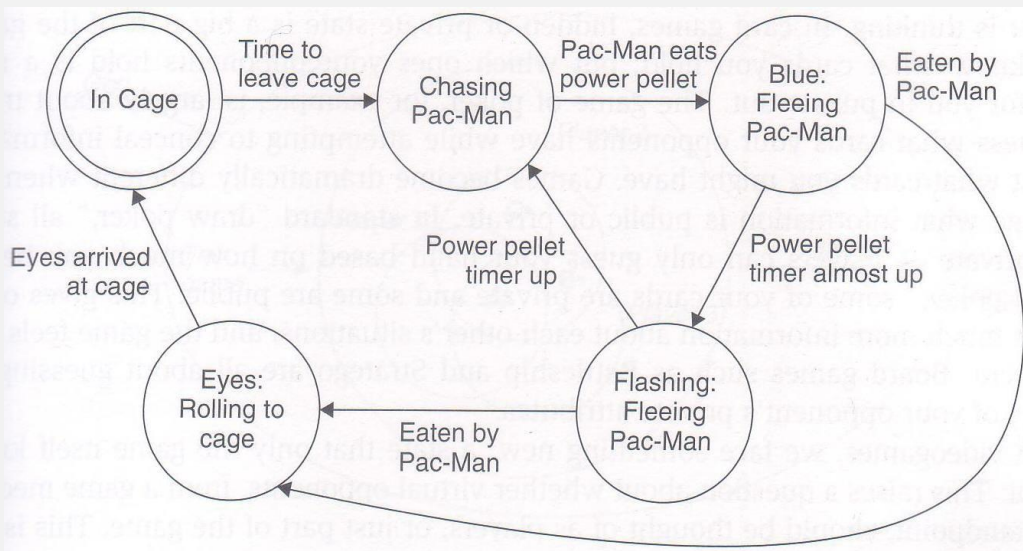
- 게임에 종속됨.

- 동일한 코드를 여기저기 복사해서 쓰게 됨.

- NPC의 의사 결정을 좀 더 구조적으로 할 수 있는 방법이 필요.

# FSM – 가장 전통적인 게임 AI 구현 방식

- 시스템의 변화를 모델링하는 다이어그램.
- 사건이나 시간에 따라 시스템 내의 객체들이 자신의 상태(state)를 바꾸는 과정을 모델링함.
- 상태의 개수가 늘어남에 따라, 와이어링(이벤트의 변화 추적)이 복잡해짐.
- 정확히 상태를 분리해서, 추출하는 것이 어려움.
- HFSM(Hierarchical FSM)이 실전에서는 사용됨.



# Behavior Tree

- 객체의 인공지능행동을 트리 구조로 구현한 것.
- FSM 방식 - 상태와 이벤트에 따라서, 다음 상태를 결정
- BT 방식 - Goal 을 달성하기 위한 Task들을 구성. 재사용이 쉽게 직관적임.
- HALO 에서 사용된 후, 기본 구조가 공개됨.
- GTA 등에서도 사용



# 기본 구조

## ■ 트리 구조

□ 말 그대로, 객체의 행위들을 tree 구조로 연결하여 나타냄.

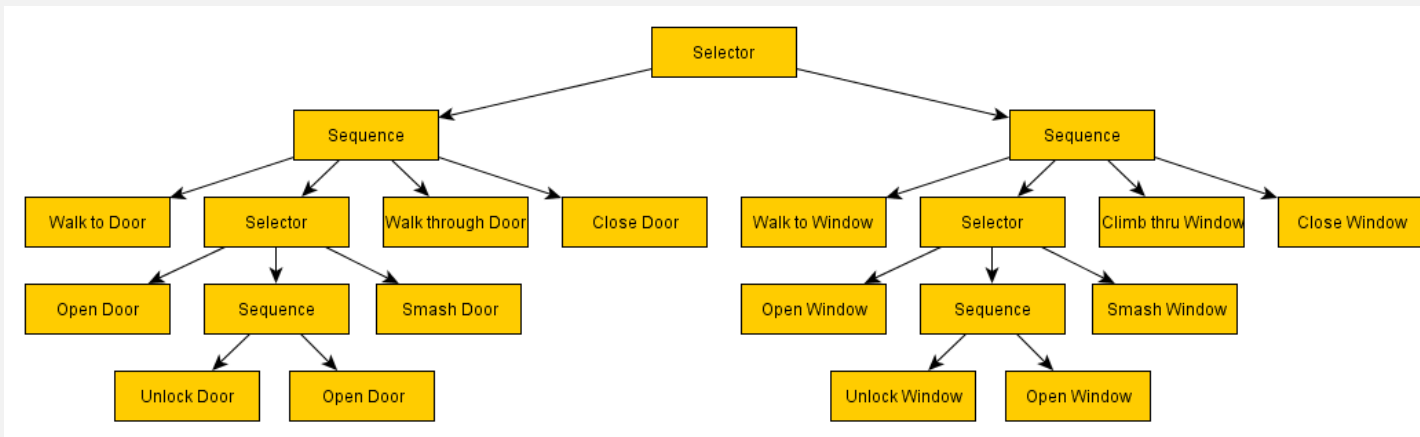
## ■ 매 프레임마다 tree 구조가 실행됨.

□ Root node 부터 시작해서, 아래로 실행되어 나감.

## ■ node는 상태값을 반환함.

□ SUCCESS, FAIL, RUNNING

## ■ Node가 자식 노드가 있으면, 자식 노드들을 실행하고, 그 결과를 종합하여 노드의 최종 상태값을 결정함.





# Leaf Node

■ 단위 작업을 수행하는 노드로써, Action 또는 Condition 처리.

## ■ Action

- 어떤 일을 수행함.
- 이동, 공격 등등
- 목적을 달성하기 위해서 "매 프레임마다 해야 할 일"을 담음.
- 수행 결과는 세 종류 : SUCCESS, FAIL, RUNNING(Task의 수행이 진행 중임. SUCCESS/FAIL 판단 유보)

## ■ Condition

- 여러가지 주변 상황, 상태등을 검사함.
- 주인공과의 거리, 장애물 상태, 아이템 속성 등등
- 조건 검사 결과, SUCCESS 또는 FAIL을 return함.

Eat  
*Action*

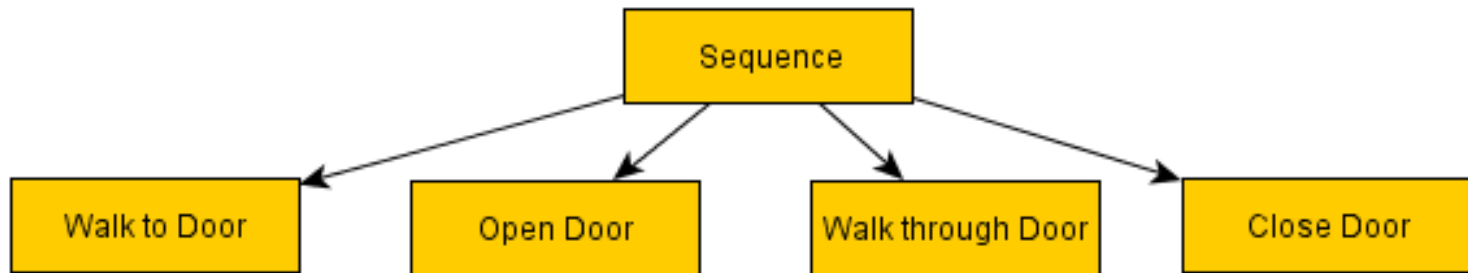
Sleep  
*Action*

Enemy near?  
*Condition*

Is it daytime?  
*Condition*

# Sequence Node

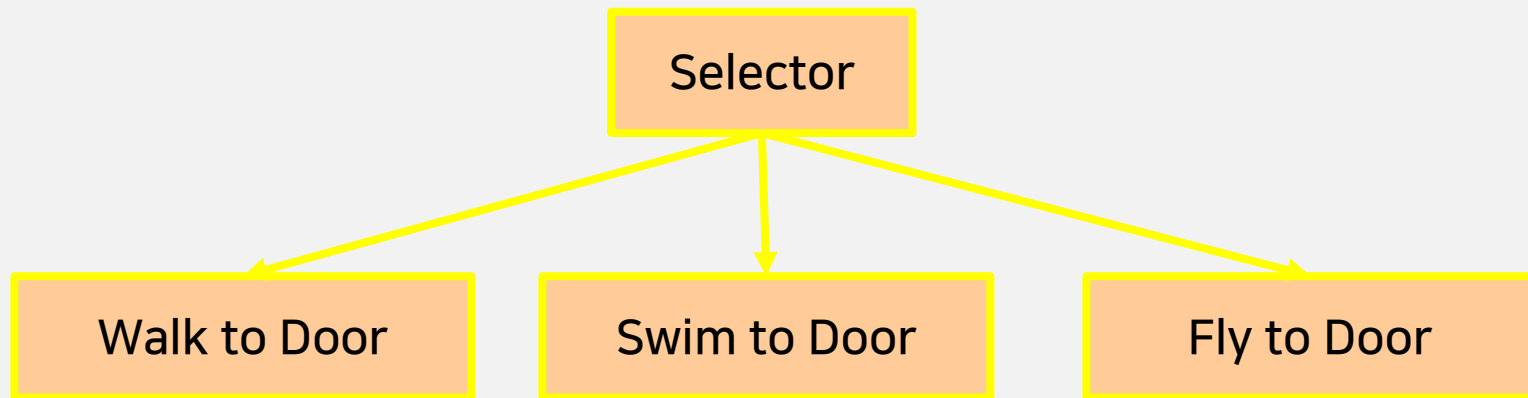
- 실행은, 맨 왼쪽 자식 노드부터 오른쪽으로 진행하면서 실행됨.
- 모든 자식 노드가 다 SUCCESS 되면, 노드도 성공
- 여러 개의 작업이 모두 다 차근 차근 진행되어야 하는 경우 - AND 조건
- 하나라도 FAIL 되면, 실행 중단. Sequence Node 도 FAIL
- 실행 결과, 처음으로 RUNNING이 나오면, 자식 노드의 위치를 기록함. 결과는 RUNNING임.
- 어떤 목표를 달성하기 위해 수행해야 하는 Task 들을 차례로 모두 완수해야 하는 경우에 사용됨.



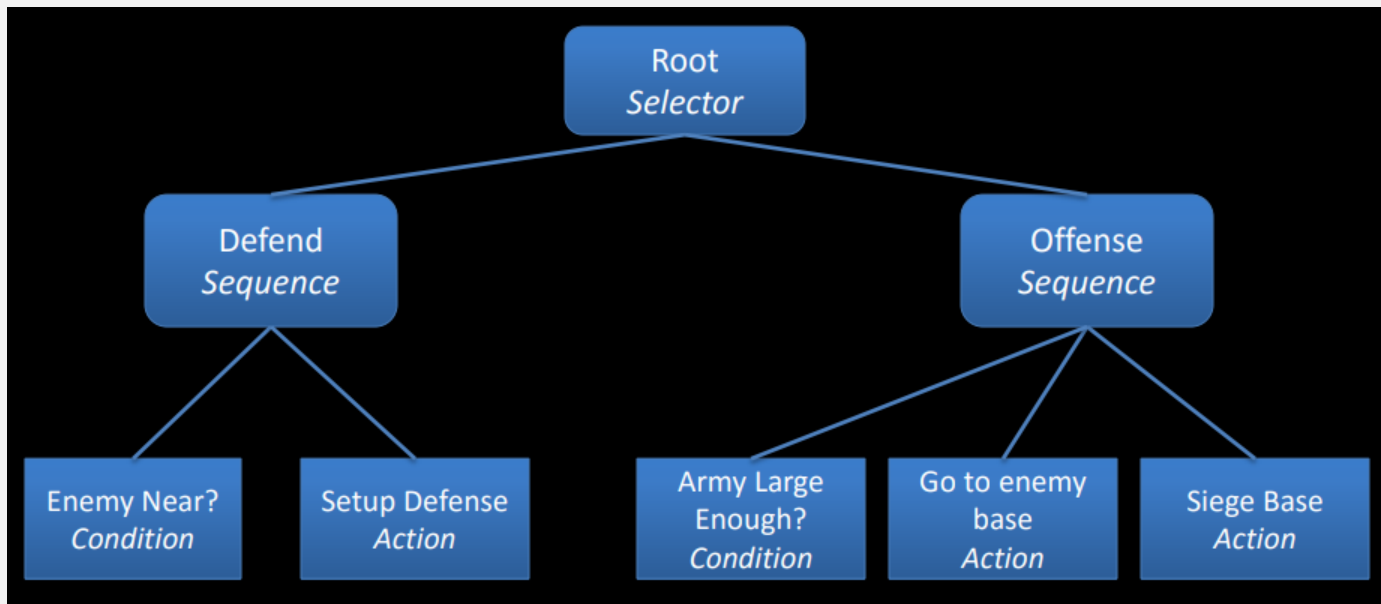
# Selector Node

---

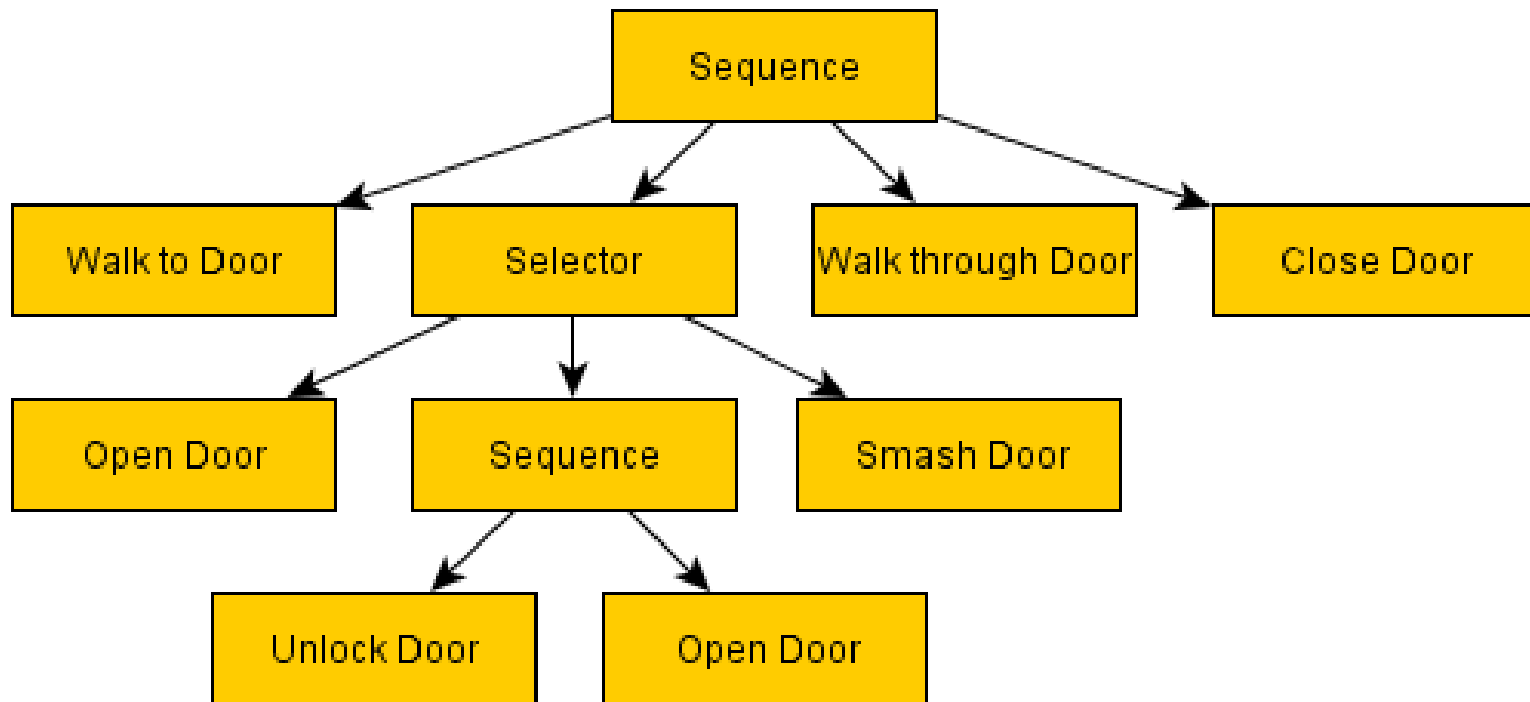
- 자식 노드 중, 하나만 성공하면 성공
- 여러 개의 작업 중, 하나를 선택하는 개념 - OR
- 실행은, 맨 왼쪽 자식 노드부터 오른쪽으로 진행하면서 실행됨.
- 실행 결과 처음으로 SUCCESS, 또는 RUNNING이 나오면 더 이상 진행되지 않으며, 노드의 결과는 SUCCESS 또는 RUNNING 이 됨.
- 모든 자식 노드가 다 FAIL이면, 노드의 결과도 FAIL임.
- 작업에 우선 순위를 부여할 때 사용됨. 즉, 왼쪽에 있는 노드가, 오른쪽에 있는 노드보다 우선 순위가 높음.



# BT 예제 #1



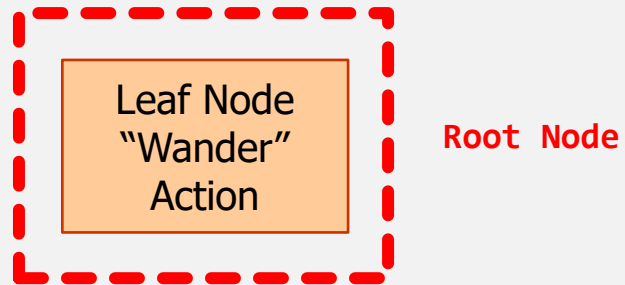
## BT 예제 #2





Wander BT

배치

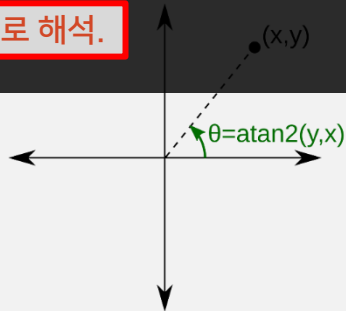




```
def wander(self):  
    self.speed = RUN_SPEED_PPS  
    self.timer -= game_framework.frame_time  
    if self.timer <= 0:  
        self.timer = 1.0  
        self.dir = random.random() * 2 * math.pi  
        return BehaviorTree.SUCCESS  
    else:  
        return BehaviorTree.RUNNING
```

1초마다, 방향을 랜덤하게 바꿔야 함.

dir 을 radian 으로 해석.







```
def build_behavior_tree(self):
```

wander\_node를 생성

self.wander 함수를 연결

```
wander_node = LeafNode("Wander", self.wander)
```

```
self.bt = BehaviorTree(wander_node)
```

wander\_node를 BT의 root node로 지정.



```
def update(self):  
    self.bt.run()  
    self.frame = (self.frame +  
        FRAMES_PER_ACTION * ACTION_PER_TIME * game_framework.frame_time) % FRAMES_PER_ACTION  
    self.x += self.speed * math.cos(self.dir) * game_framework.frame_time  
    self.y += self.speed * math.sin(self.dir) * game_framework.frame_time  
    self.x = clamp(50, self.x, 1280 - 50)  
    self.y = clamp(50, self.y, 1024 - 50)
```

좀비의 업데이트는 BT를 통해 진행됨.

매 프레임마다 BT를 실행함.

따라서, BT의 노드는 매 프레임마다 실행될  
내용이 들어가야 함.

# BehaviorTree

---

```
class BehaviorTree:
    FAIL, RUNNING, SUCCESS = -1, 0, 1

    def __init__(self, root_node):
        self.root = root_node

    def run(self):
        self.root.run()
```

# BehaviorTree.py (1)

---

```
class Node:

    def add_child(self, child):
        self.children.append(child)

    def add_children(self, *children):
        for child in children:
            self.children.append(child)
```

## BehaviorTree.py (2)

---

```
class LeafNode(Node):  
  
    def __init__(self, name, func):  
        self.name = name  
        self.func = func  
  
    def run(self):  
        return self.func()
```

# BehaviorTree.py (3)

---

```
class SequenceNode(Node):
    def run(self):
        for pos in range(self.prev_running_pos, len(self.children)):
            result = self.children[pos].run()
            if BehaviorTree.RUNNING == result:
                self.prev_running_pos = pos
                return BehaviorTree.RUNNING
            elif BehaviorTree.FAIL == result:
                self.prev_running_pos = 0
                return BehaviorTree.FAIL
        self.prev_running_pos = 0
        return BehaviorTree.SUCCESS
```

# BehaviorTree.py (4)

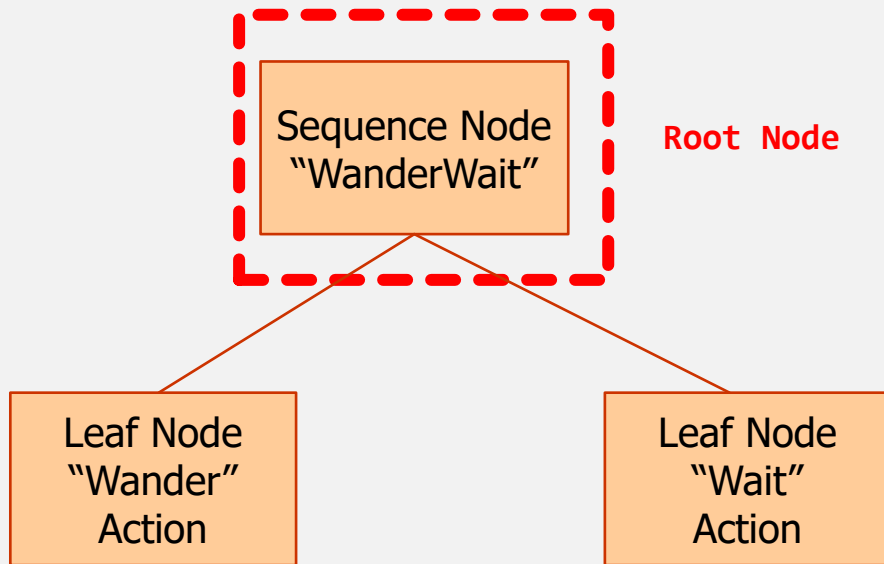
---

```
class SelectorNode(Node):
    def run(self):
        for pos in range(self.prev_running_pos, len(self.children)):
            result = self.children[pos].run()
            if BehaviorTree.RUNNING == result:
                self.prev_running_pos = pos
                return BehaviorTree.RUNNING
            elif BehaviorTree.SUCCESS == result:
                self.prev_running_pos = 0
                return BehaviorTree.SUCCESS
        self.prev_running_pos = 0
        return BehaviorTree.FAIL
```



Wander and wait BT  
배치 후 대기







```
def wait(self):
    self.speed = 0
    self.wait_timer -= game_framework.frame_time
    if self.wait_timer <= 0:
        self.wait_timer = 2.0
        return BehaviorTree.SUCCESS

    return BehaviorTree.RUNNING
```

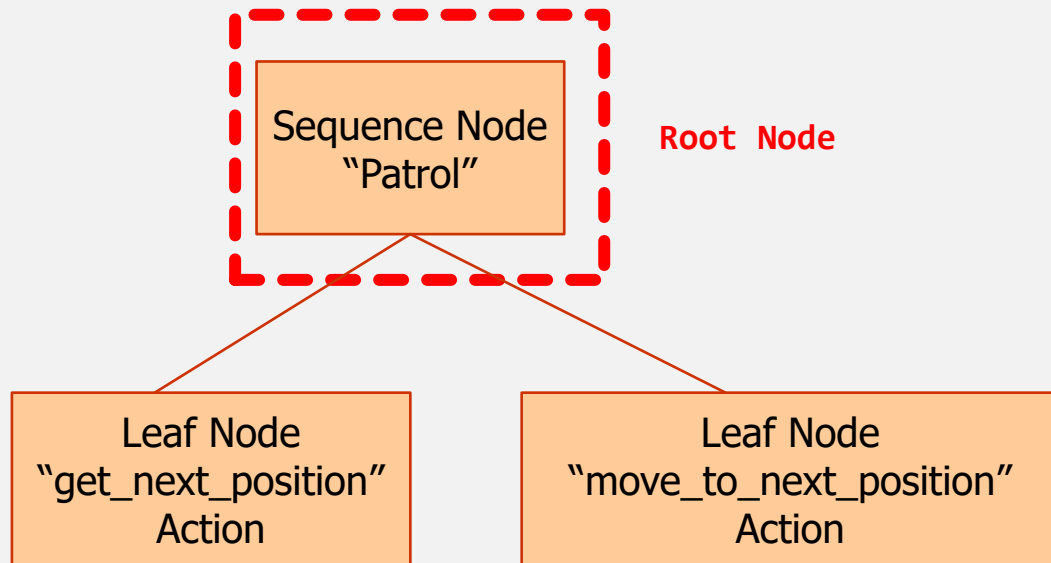


```
def build_behavior_tree(self):  
    wander_node = LeafNode('Wander', self.wander)  
    wait_node = LeafNode('Wait', self.wait)  
    wander_wait_node = SequenceNode('WanderWait')  
    wander_wait_node.add_children(wander_node, wait_node)  
  
    self.bt = BehaviorTree(wander_wait_node)
```



Patrol BT  
순찰 준비







```
def prepare_patrol_points(self):
    # positions for origin at top, left
    positions = [(43, 750), (1118, 750), (1050, 530), (575, 220), (235, 33), (575, 220), (1050, 530), (1118, 750)]
    self.patrol_positions = []
    for p in positions:
        self.patrol_positions.append((p[0], 1024-p[1])) # convert for origin at bottom, left
```

순찰 위치 계산 및 초기화.



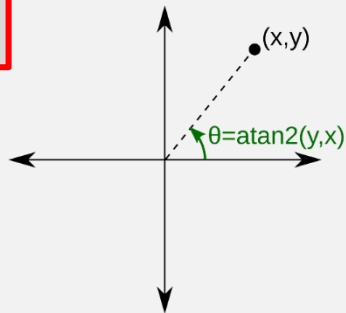
```
def __init__(self):
    self.prepare_patrol_points()
    self.patrol_order = 1
    self.x, self.y = self.patrol_positions[0]
    self.load_images()
    self.dir = random.random()*2*math.pi # random moving direction
    self.speed = 0
    self.timer = 1.0 # change direction every 1 sec when wandering
    self.wait_timer = 2.0
    self.frame = 0
    self.build_behavior_tree()
```





```
def get_next_position(self):
    self.target_x, self.target_y =
        self.patrol_positions[self.patrol_order % len(self.patrol_positions)]
    self.patrol_order += 1
    self.dir = math.atan2(self.target_y - self.y, self.target_x - self.x)
    return BehaviorTree.SUCCESS
```

atan2를 이용하여,  
각도 계산





```
def move_to_target(self):
    self.speed = RUN_SPEED_PPS

    distance = (self.target_x - self.x)**2 + (self.target_y - self.y)**2

    if distance < PIXEL_PER_METER**2:
        return BehaviorTree.SUCCESS
    else:
        return BehaviorTree.RUNNING
```

남은 거리 계산.

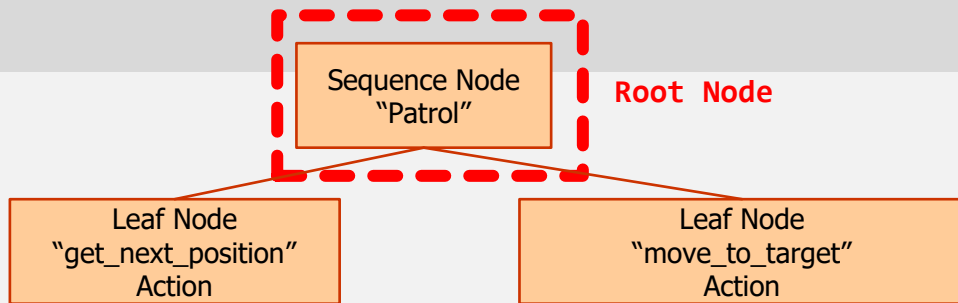
거의 근접했으면, SUCCESS,

아직 남았으면, 다음 프레임에서 계속  
진행하도록 하기 위해서 RUNNING을  
리턴



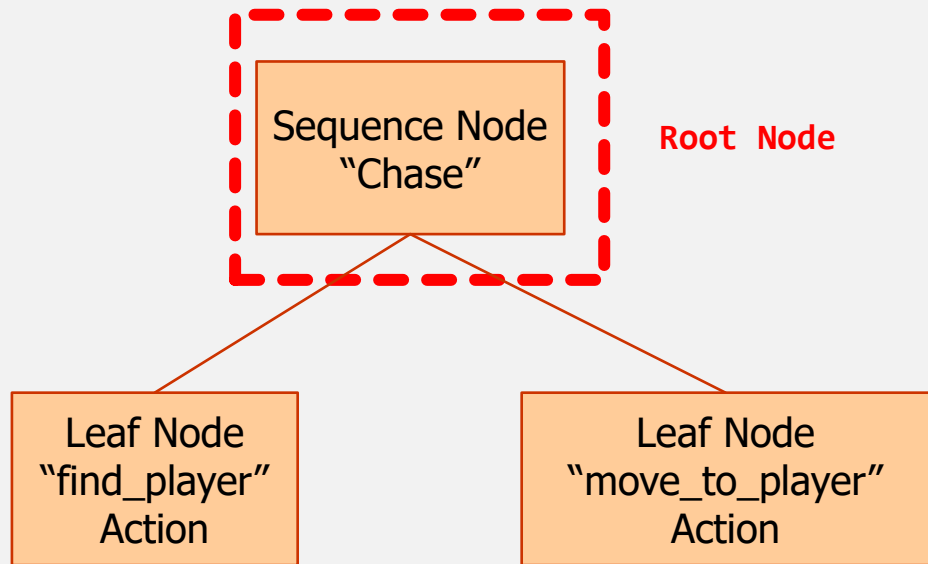
## BT 구성

```
def build_behavior_tree(self):  
    get_next_position_node = LeafNode("Get Next Position", self.get_next_position)  
    move_to_target_node = LeafNode("Move to Target", self.move_to_target)  
    patrol_node = SequenceNode("Patrol")  
    patrol_node.add_children(get_next_position_node, move_to_target_node)  
    self.bt = BehaviorTree(patrol_node)
```





플레이어를 추적하는  
좀비 AI





```
def find_player(self):
    distance = (server.boy.x - self.x)**2 + (server.boy.y - self.y)**2
    if distance < (PIXEL_PER_METER * 10)**2:
        return BehaviorTree.SUCCESS
    else:
        self.speed = 0
        return BehaviorTree.FAIL
```

# zombie.py – move\_to\_player



```
def move_to_player(self):  
    self.speed = RUN_SPEED_PPS  
    self.dir = math.atan2(server.boy.y - self.y, server.boy.x - self.x)  
    return BehaviorTree.SUCCESS
```

# zombie.py – behavior tree 구성

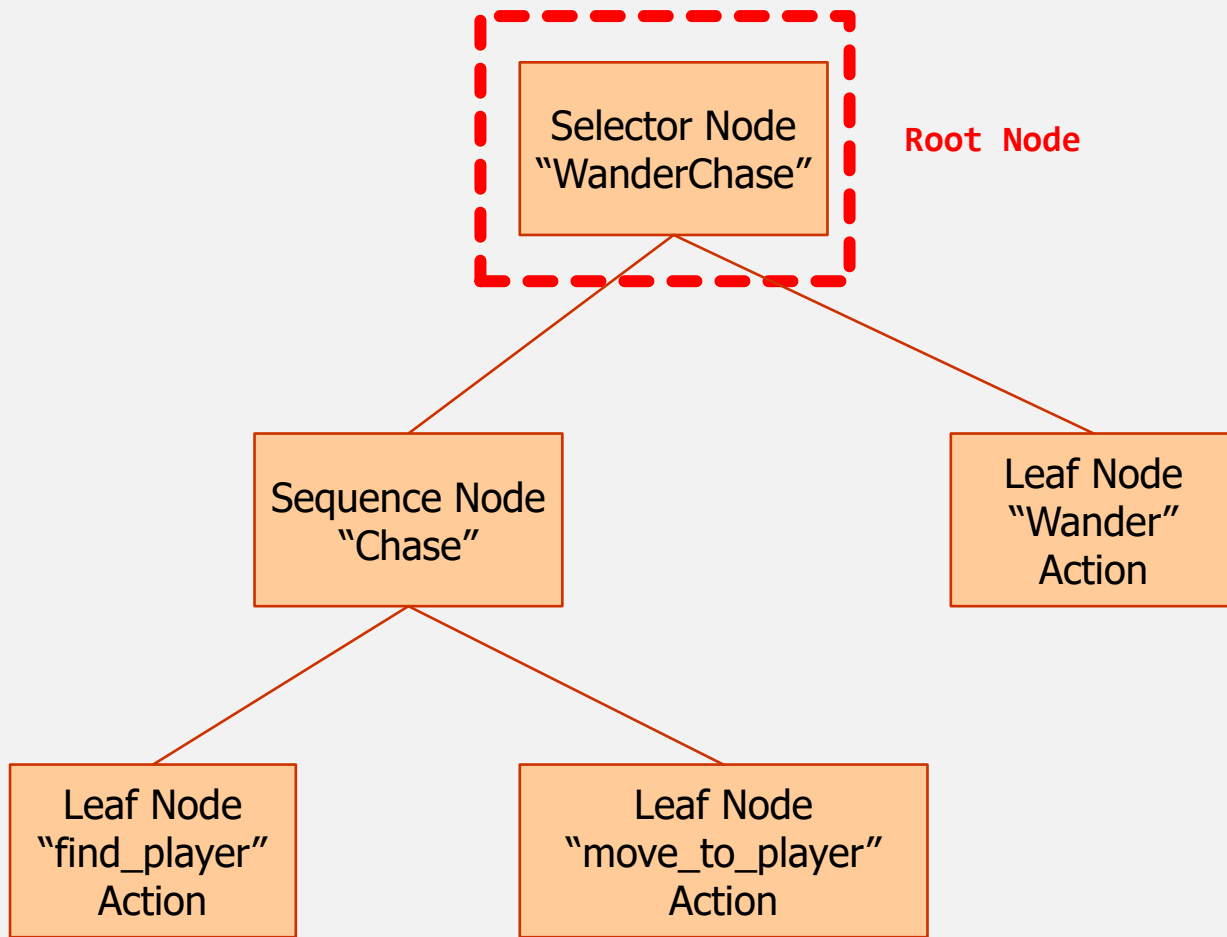


```
def build_behavior_tree(self):  
    find_player_node = LeafNode("Find Player", self.find_player)  
    move_to_player_node = LeafNode("Move to Player", self.move_to_player)  
    chase_node = SequenceNode("Chase")  
    chase_node.add_children(find_player_node, move_to_player_node)  
  
    self.bt = BehaviorTree(chase_node)
```





배치 및 추적하는  
좀비 AI



# zombie.py – behavior tree 구성



```
def build_behavior_tree(self):
    wander_node = LeafNode("Wander", self.wander)
    find_player_node = LeafNode("Find Player", self.find_player)
    move_to_player_node = LeafNode("Move to Player", self.move_to_player)
    chase_node = SequenceNode("Chase")
    chase_node.add_children(find_player_node, move_to_player_node)
    wander_chase_node = SelectorNode("WanderChase")
    wander_chase_node.add_children(chase_node, wander_node)
    self.bt = BehaviorTree(wander_chase_node)
```