VF2 : A (Sub)Graph Isomorphism Algorithm for Matching Large Graphs

---

1. 환경 및 실행방법

- python >= 3.10

VF2 Matching

- `./run.sh <pattern graph> <target graph> <output file>`

```
da02 🦊  ~/workspace/vf2  main ±  ./run.sh tests/input_g1.txt tests/input_g2.txt output.txt && cat output.txt
True
1 1
2 2
3 3%
```

- 디버깅 모드
  - Candidate Pairs, Feasibility Failure, Rollback 등 동작에 대한 자세한 로그를 볼 수 있습니다.
  - `python3 main.py tests/input_g1.txt tests/input_g2.txt output1.txt --debug`

Checker

- `./run_checker.sh <pattern graph> <target graph> <output file>`

  +

```
✘ da02 🦊  ~/workspace/vf2  main ±  ./run_checker.sh tests/input_g1.txt tests/input_g2.txt output.txt
correct: match!
```

- Match & Check mode
  - Matching 과 Checker를 한번에 하고 싶을 때
  - `python3 main.py tests/input_g1.txt tests/input_g2.txt output1.txt --debug --checker`

---

2. Input/Output Format

Input Format

Input graph 는 Directed Graph 이며, 아래와 같이 nodes와 edges로 나누어져 있는 text 파일 형태입니다.

#nodes : 각 노드의 고유 ID (int)와 라벨(label) 을 정의합니다.

- `<Node ID> <Node Label>`

`#edges` : 노드 간의 매핑관계 (edge)을 정의합니다.

- `<출발 Node ID> <도착 Node ID>`

```
#nodes
1 A
2 B
3 C

#edges
1 2
2 3
```

Output Format

- 첫번째 line : Isomorphic 여부를 나타내는 값 (True, False)
- 이 후 : Matched Node ID Pairs

```
True
1 2
2 1
3 3
```

---

3. Testcase 및 동작 설명

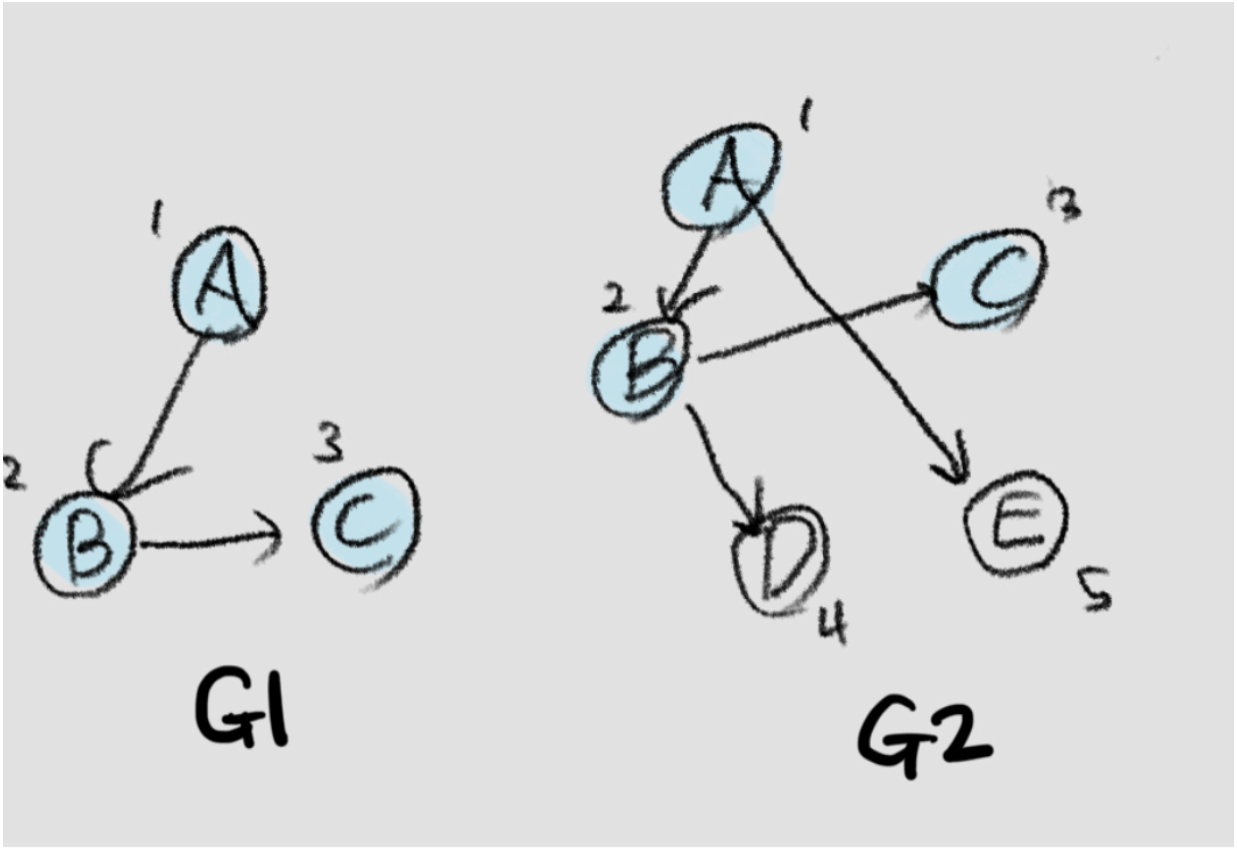
Subgraph isomorphism 과 관련된 Matched, UnMatched, Disconnected, Cycle Graph 등 다양한 테스트를 진행하였습니다.
각 TC 에 대한 동작 설명은 다음과 같습니다.

Testcase 1 : Matched Case

: G1이 G2의 Sub-Graph 인 케이스입니다. 해당 케이스에서는 Candidate Pair 생성과 관련하여 동작을 확인할 수 있습니다.

- Candidate Pairs 생성 로직
  - 초기 그래프의 경우, 모든 노드에 대해 Candidate를 생성

- 이후, Matched 를 진행하며 현재 그래프에서 out되는 노드인 T_{out} 으로 부터 Candidate 를 생성하고, T_{out} 이 존재하지 않을 경우 T_{in} 으로부터 Candidate를 생성합니다.
- 이 TC에서는 (3,3) from all node pairs -> (2,2) from T_{in}-> (1,1) from T_{in} 순서로 Candidate가 생성되도록 구성하였습니다.

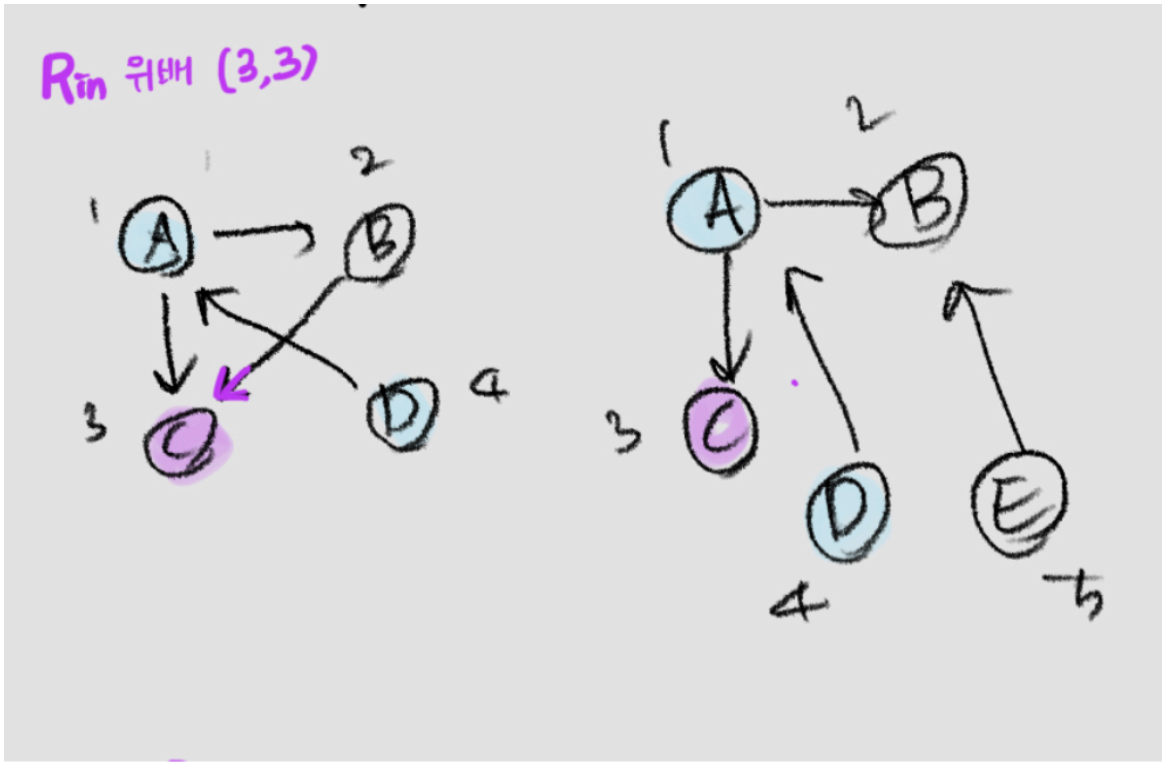



```
Candidate pair: 3, 3
Candidate pair: 2, 2
Candidate pair: 1, 1
[(Node(3, 'C'), Node(3, 'C')), (Node(2, 'B'), Node(2, 'B')), (Node(1, 'A'), Node(1, 'A'))]
```

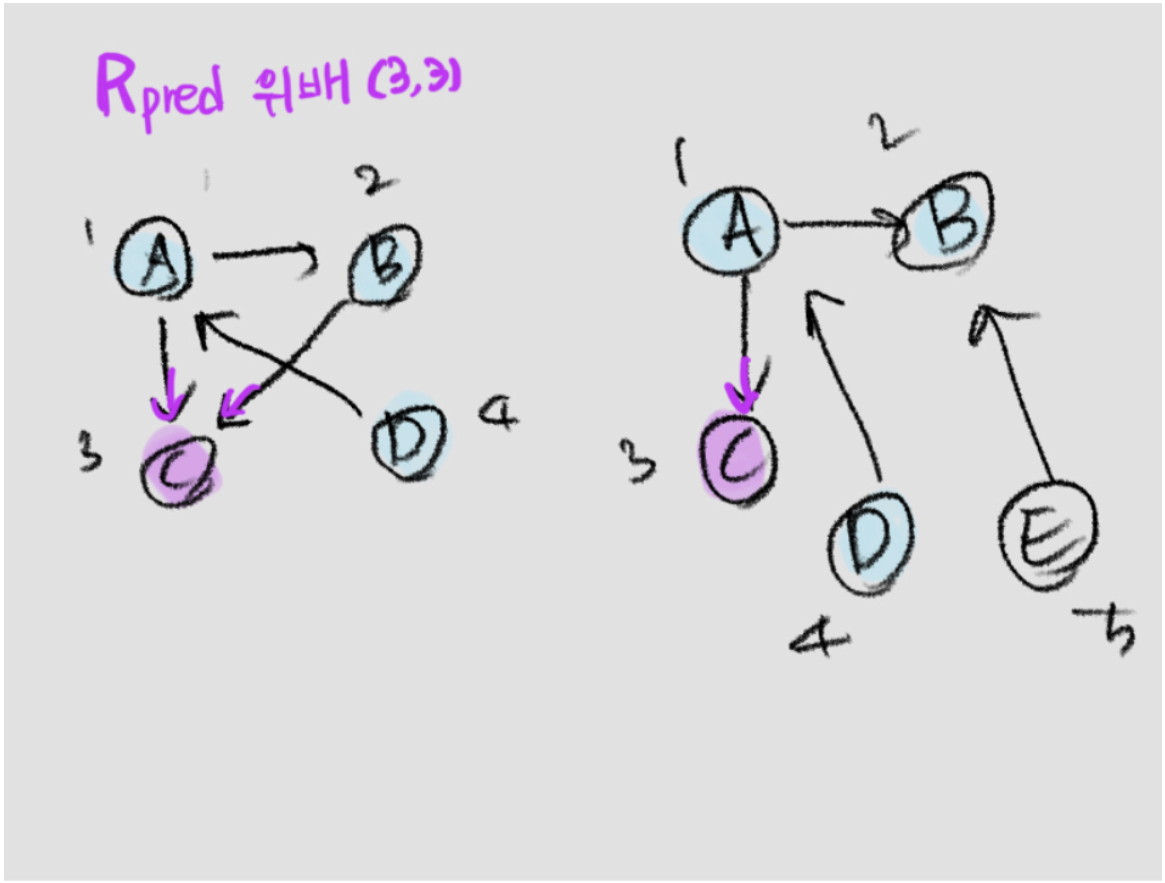
Testcase 2 : UnMatched Case

: G1이 G2의 Sub-Graph가 아닌 케이스입니다. 해당 테스트 케이스를 통해 다양한 Feasibility 위배 동작을 살펴볼 수 있습니다.

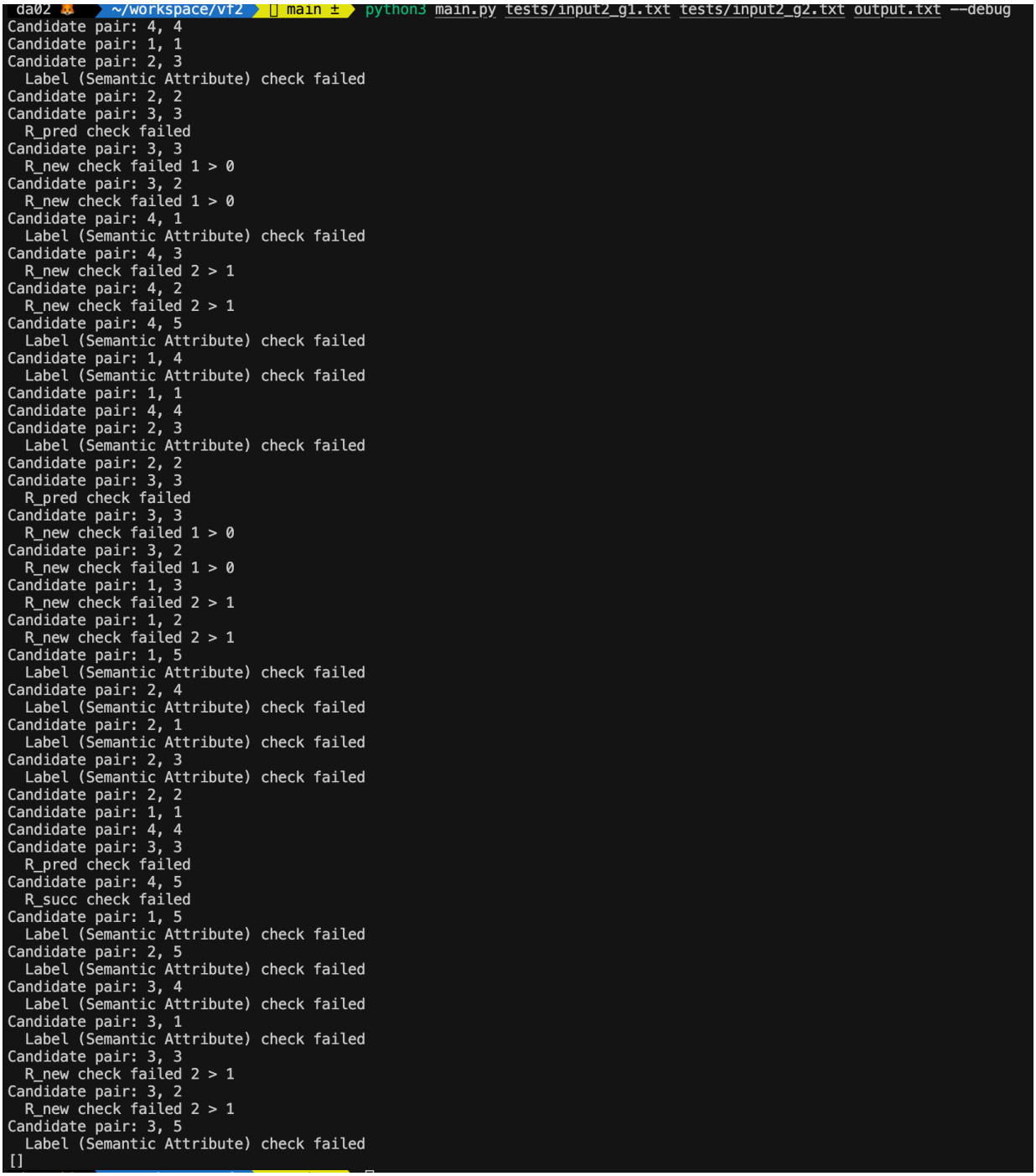
- Match loop 상세
  - step1) (4,4) : 구조적 feasibility와 semantic feasibility (D=D) 모두 만족 -> add matched `M`
  - step2) (1,1) : add matched M
  - step3) (3,3) : R_{in} 위배
    - Node 3으로 들어오는 in-node의 개수 ($T_{in} \cap Pred$) 가 G1 > G2 (1 > 0)



- step4) (3,2) R_{in} 위배
- step5) (2,3) 구조적 feasibility는 만족하나, label 이 다름 ($B \neq C$)
- step6) (2,2) add matched M
- step7) (3,3) R_{pred} 위배
  - Matched 된 Predecessor 조건을 만족하지 않음 $A, B \notin A$

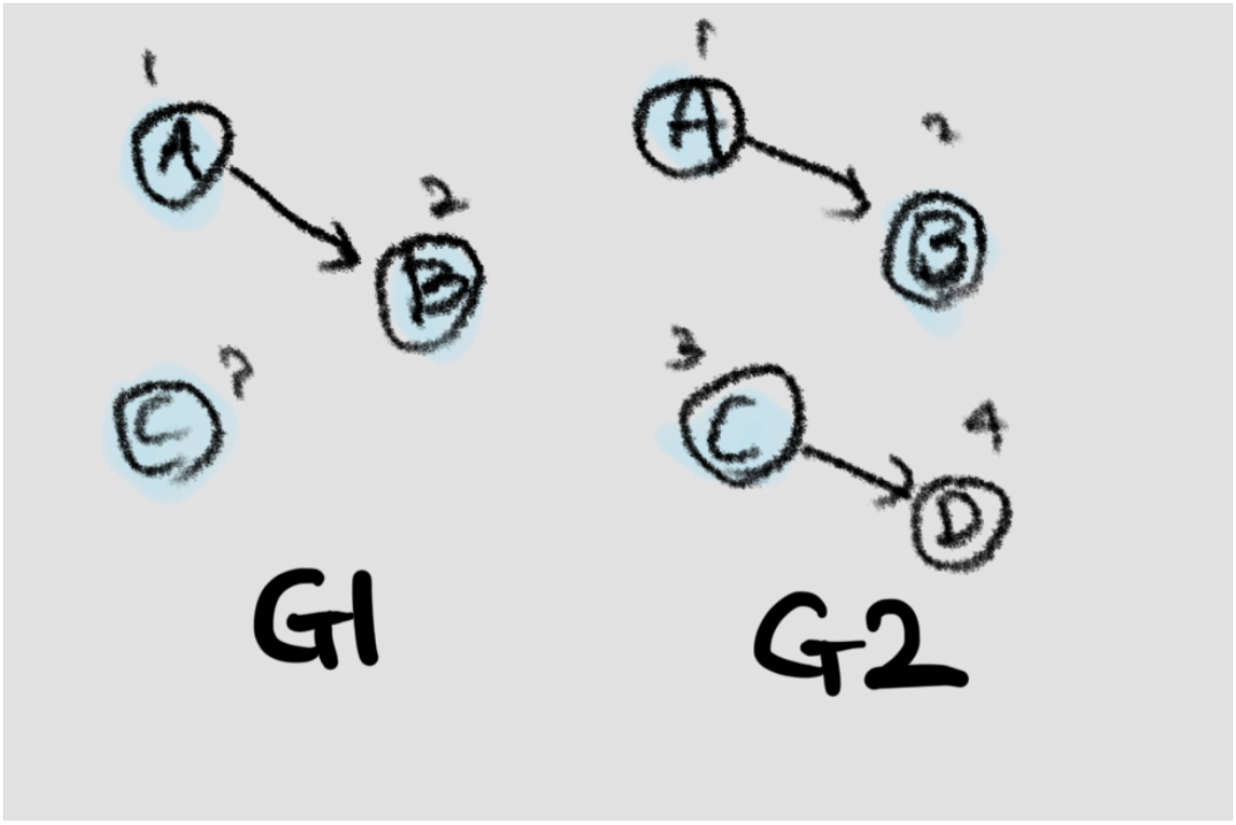


- 이후 step 생략
- 최종 Unmatched (non-isomorphic case)



Testcase 3 : Matched Case (Disconnected)

- Disconnected Graph 에서 해당 알고리즘이 잘 동작함을 보여주는 Testcase입니다.
- R_{new} 의 경우, Disconnected Graph 의 경우에도 구조적으로 동일한지를 확인하는 feasiblity 입니다.




```
da02 🦊  ~/workspace/vf2  main ±  python3 main.py tests/input3_g1.txt tests/input3_g2.txt output.txt --debug
Candidate pair: 1, 1
Candidate pair: 2, 2
Candidate pair: 3, 3
[(Node(1, 'A'), Node(1, 'A')), (Node(2, 'B'), Node(2, 'B')), (Node(3, 'C'), Node(3, 'C'))]
```

---

4. Checker 설명

- check_label(), check_children() 함수는 match에서 짝지어진 node의 label이 일치하는지, g1(smaller graph) node의 children node가 모두 g2(bigger graph) node의 children set에 포함되는지 확인합니다.
- check_true()에서는 이 두 함수를 이용해 vf2의 결과가 true일 때 match가 정확한지 확인합니다.
- check_false()에서는 가능한 모든 node pair를 만든다. 이를 check_true의 match에 input으로 넣어 g1이 g2의 subgraph가 아닌 것이 맞는지 확인합니다.