

## 9장 연습문제 정답

01.

(a)

① 트리가 아니다.

④ 트리가 아니다.

∴ 트리인 그래프는 ②, ③이다.

(b)

② 노드의 수  $v = 4$  ∴ 변의 수 3개

③ 노드의 수  $v = 17$  ∴ 변의 수 16개

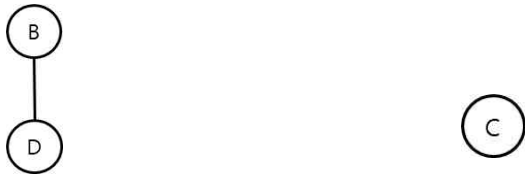
(c)

② 높이(깊이) 2

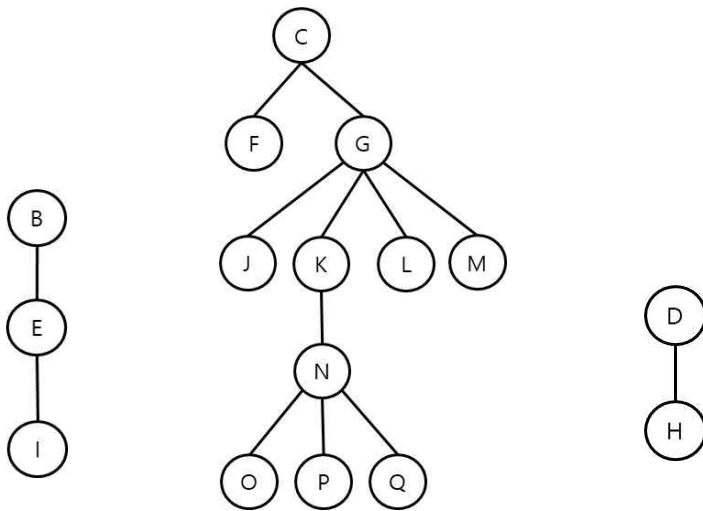
③ 높이(깊이) 6

(d)

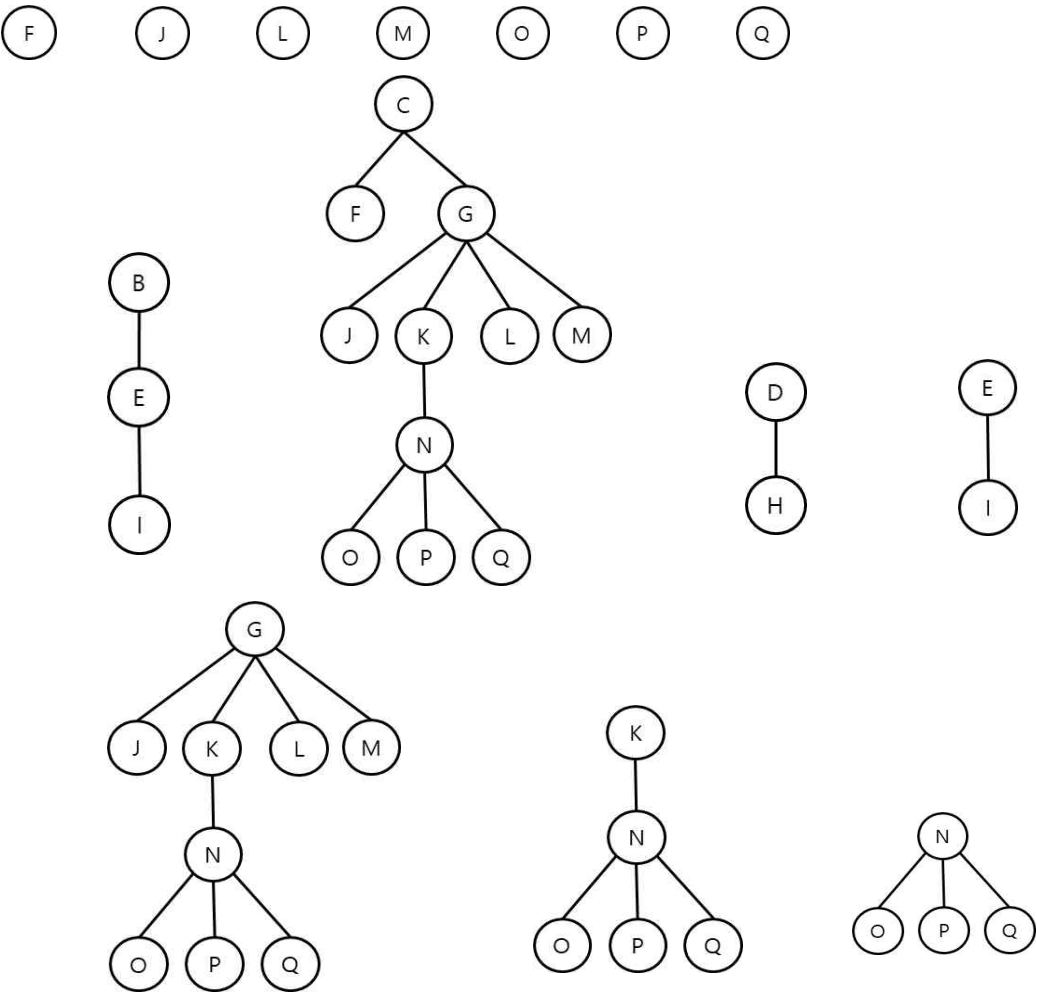
② 포레스트와 서브트리가 같다.



③ 포레스트



서브트리



02.

- (a)
- ② 루트노드 : A                      리프노드 : C, D
- ③ 루트노드 : A                      리프노드 : F, H, I, J, L, M, O, P, Q
- (b)
- ② 중간노드 : B
- ③ 리프노드 : B, C, D, E, G, K, N

(c)

②

노드	부모노드	자식노드	형제노드
A	없음	B, C	없음
B	A	D	C
C	A	없음	B
D	B	없음	없음

③

노드	부모노드	자식노드	형제노드
A	없음	B, C, D	없음
B	A	E	C, D
C	A	F, G	B, D
D	A	H	B, C
E	B	I	없음
F	C	없음	G
G	C	J, K, L, M	F
H	D	없음	없음
I	E	없음	없음
J	G	없음	K, L, M
K	G	N	J, L, M
L	G	없음	J, K, M
M	G	없음	J, K, L
N	K	O, P, Q	없음
O	N	없음	P, Q
P	N	없음	O, Q
Q	N	없음	O, P

(d)

②

노드	조상노드	자손노드
A	없음	B, C, D
B	A	D
C	A	없음
D	A, B	없음

③

노드	조상노드	자손노드
A	없음	B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q
B	A	E, I
C	A	F, G, J, K, L, M, N, O, P, Q
D	A	H
E	A, B	I
F	A, C	없음
G	A, C	J, K, L, M, N, O, P, Q
H	A, D	없음
I	A, B, E	없음
J	A, C, G	없음
K	A, C, G	N, O, P, Q
L	A, C, G	없음
M	A, C, G	없음
N	A, C, G, K	O, P, Q
O	A, C, B, K, N	없음
P	A, C, B, K, N	없음
Q	A, C, B, K, N	없음

(e)

② 레벨 0 : A                      레벨 1 : B, C                      레벨 2 : D

③ 레벨 0 : A                      레벨 1 : B, C, D  
레벨 2 : E, F, G, H              레벨 3 : I, J, K, L, M  
레벨 4 : N                      레벨 5 : O, P, Q

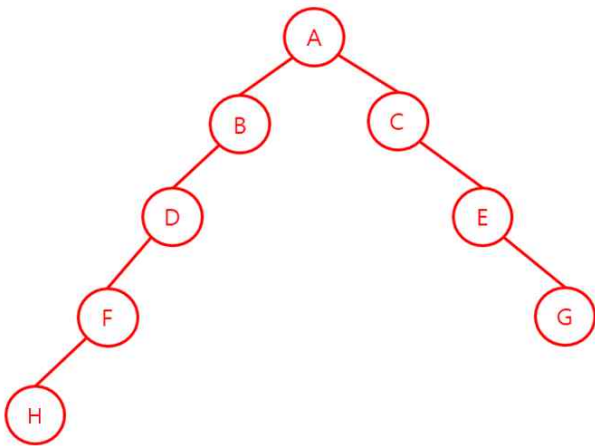
(f)

② 차수가 가장 높은 노드 : A(자식노드 B, C)  
차수가 가장 낮은 노드 : C, D(리프노드, 자식노드 없음)

③ 차수가 가장 높은 노드 : G(자식노드 J, K, L, M)  
차수가 가장 낮은 노드 : F, H, I, J, L, M, O, P, Q(리프노드, 자식노드 없음)

03.  
<<문제 수정>> ⑧번 그림을 아래 그림으로 수정합니다.

⑧



(a) ⑨ 연결그래프가 아니다.

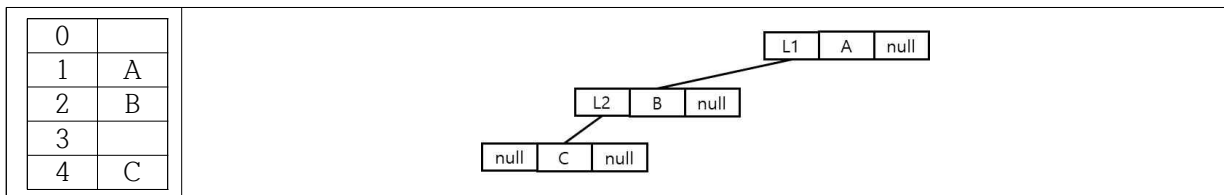
(b) ①

(c) ②, ⑦

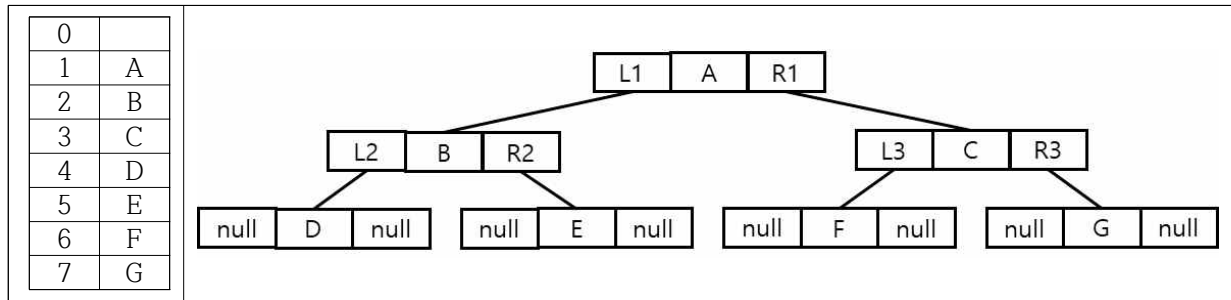
(d) ②

(e)

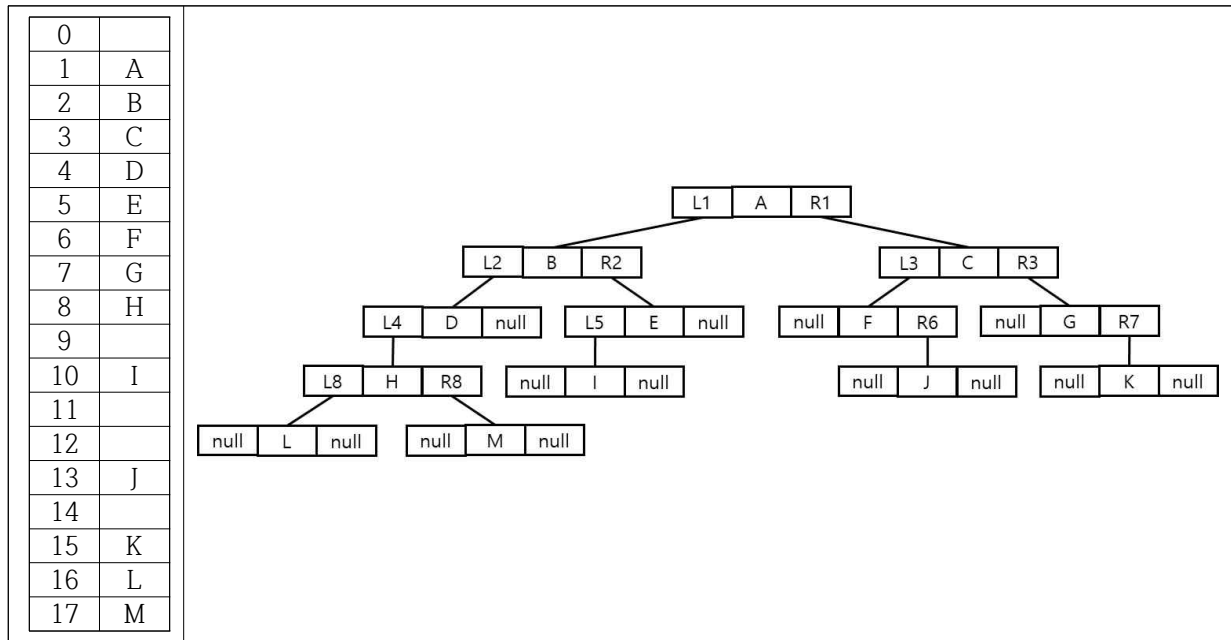
①



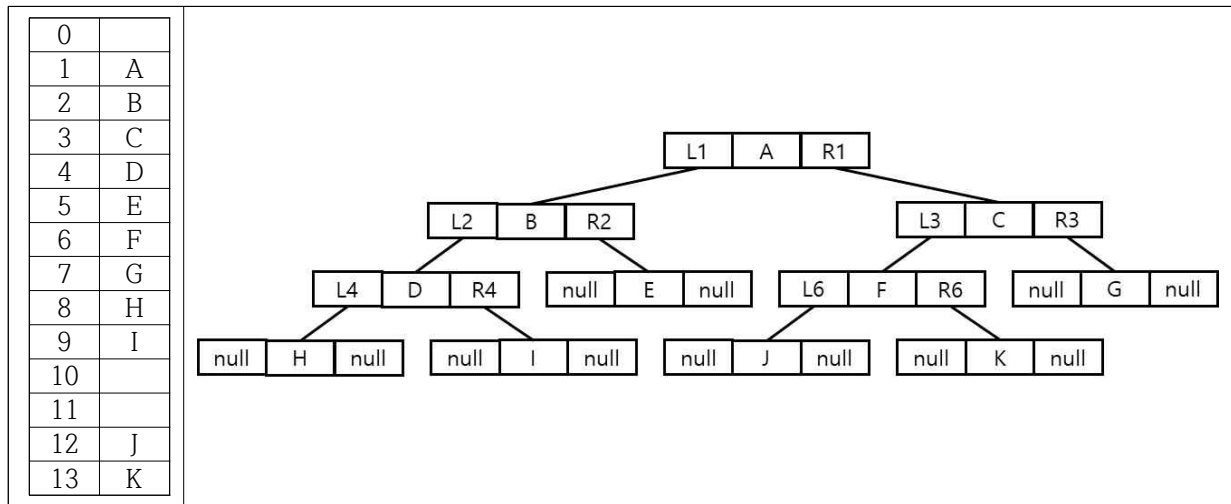
②



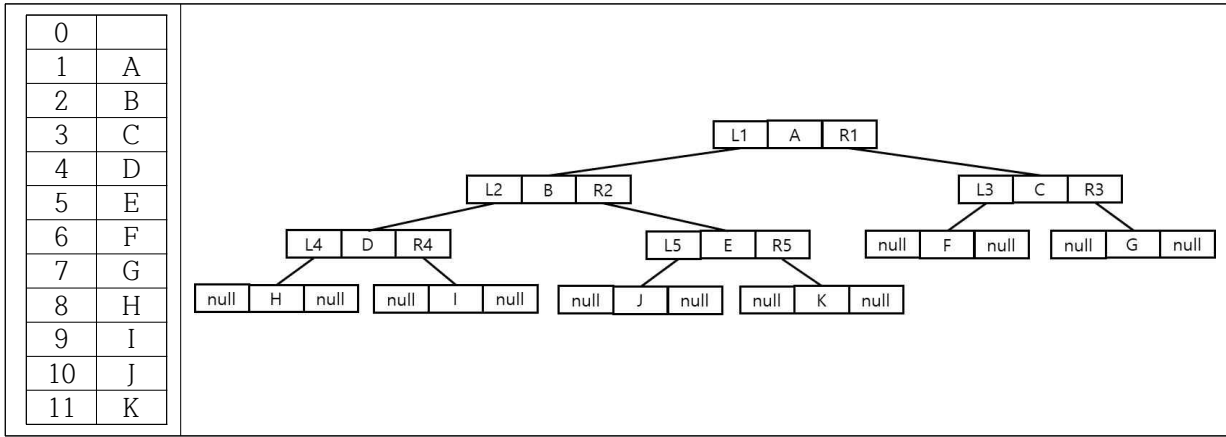
④



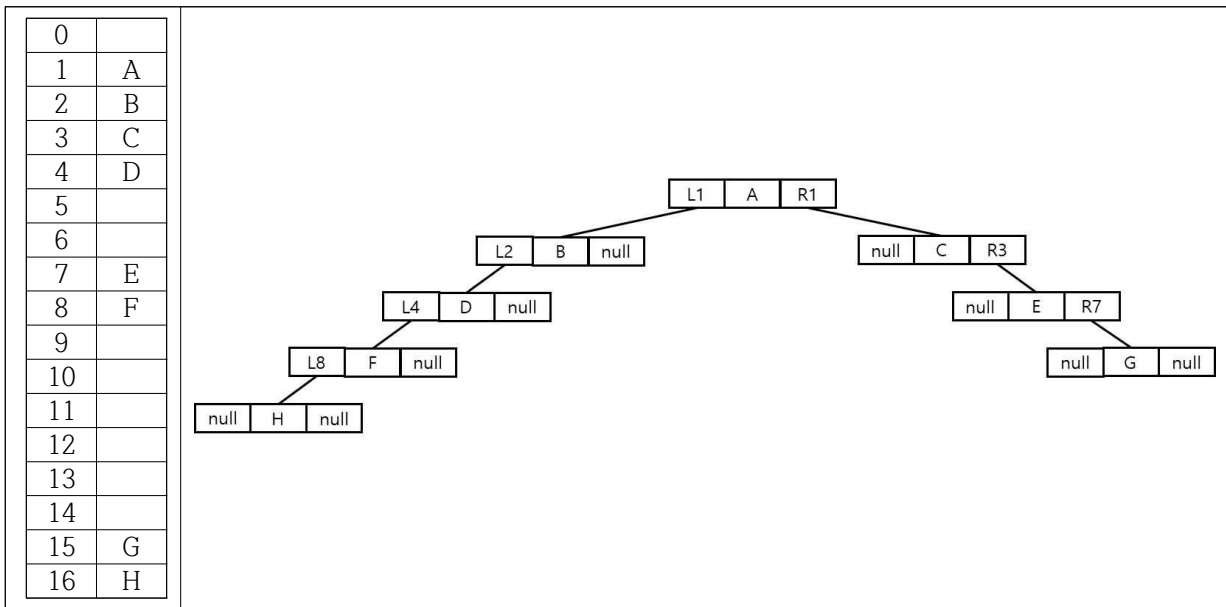
⑤



⑦



⑧



(f)

① 전위순회 : A - B - C      중위순회 : C - B - A      후위순회 : C - B - A

② 전위순회 : A - B - D - E - C - F - G  
 중위순회 : D - B - E - A - F - C - G  
 후위순회 : D - E - B - F - G - C - A

④ 전위순회 : A - B - D - H - L - M - E - I - C - F - J - G - K  
 중위순회 : L - H - M - D - H - I - E - A - F - J - C - G - K  
 후위순회 : L - M - H - D - I - E - B - J - F - K - G - C - A

⑤ 전위순회 : A - B - D - H - I - E - C - F - J - K - G  
 중위순회 : H - D - I - B - E - A - J - F - K - C - G  
 후위순회 : H - I - D - E - B - J - K - F - G - C - A

⑦ 전위순회 : A - B - D - H - I - E - J - K - C - F - G  
 중위순회 : H - D - I - B - J - E - K - A - F - C - G  
 후위순회 : H - I - D - J - K - E - B - F - G - C - A

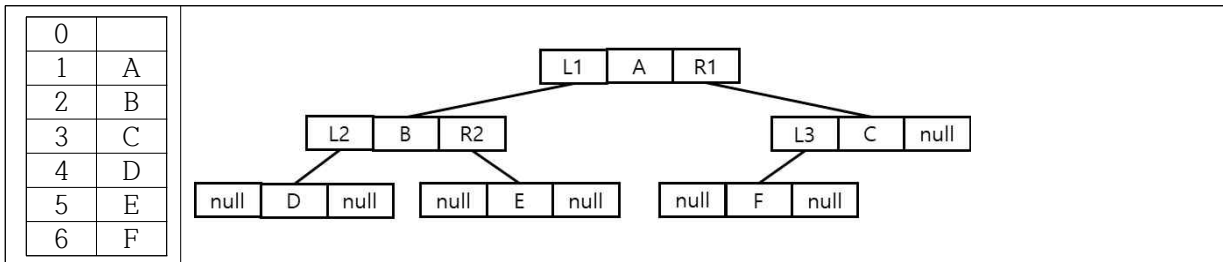
⑧ 전위순회 : A - B - D - F - H - C - E - G  
 중위순회 : H - F - D - B - A - C - E - G  
 후위순회 : H - F - D - B - G - E - C - A

04.

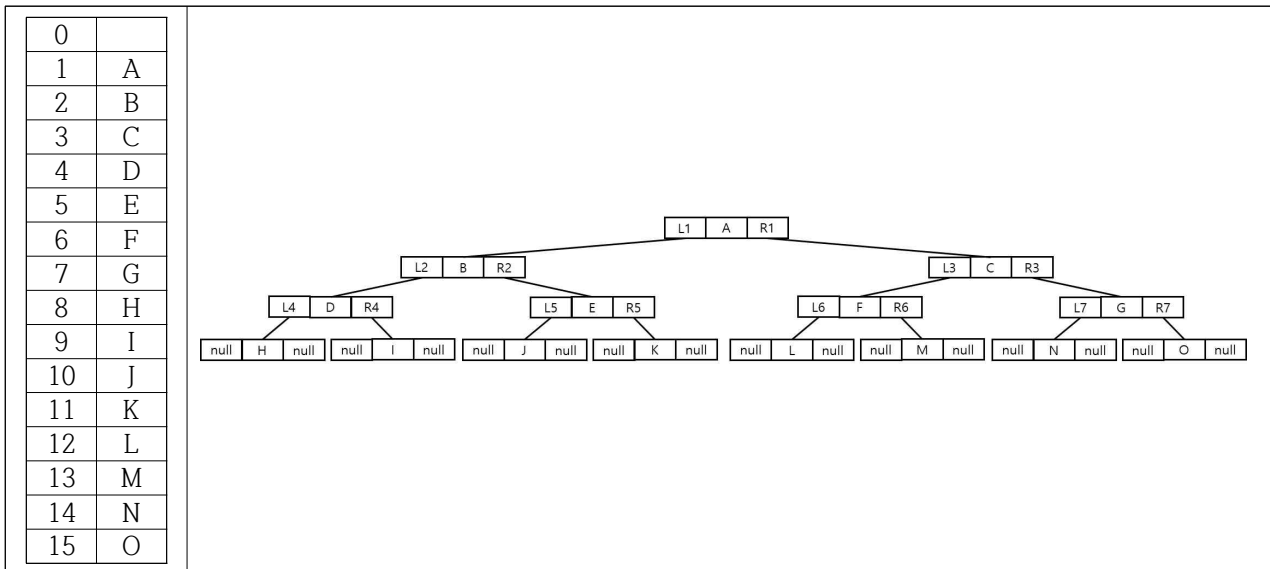
- (a) ②  
 (b) ③, ⑤, ⑥, ⑦  
 (c) ⑤  
 (d) ⑤  
 (e) ⑥, ⑦

(f)

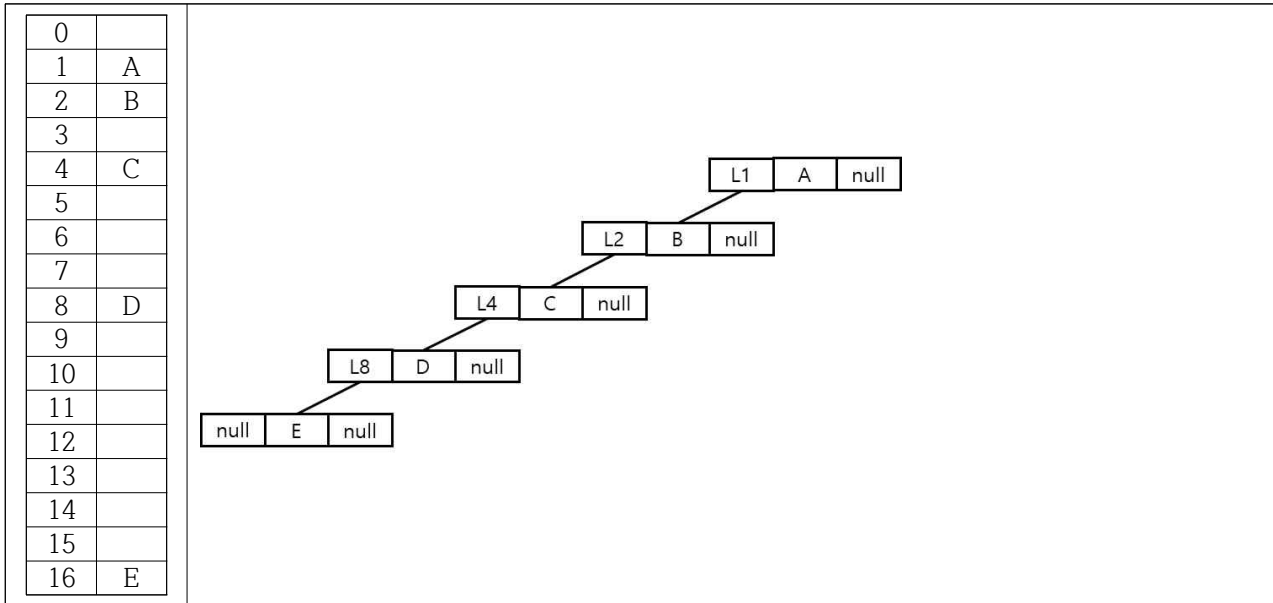
③



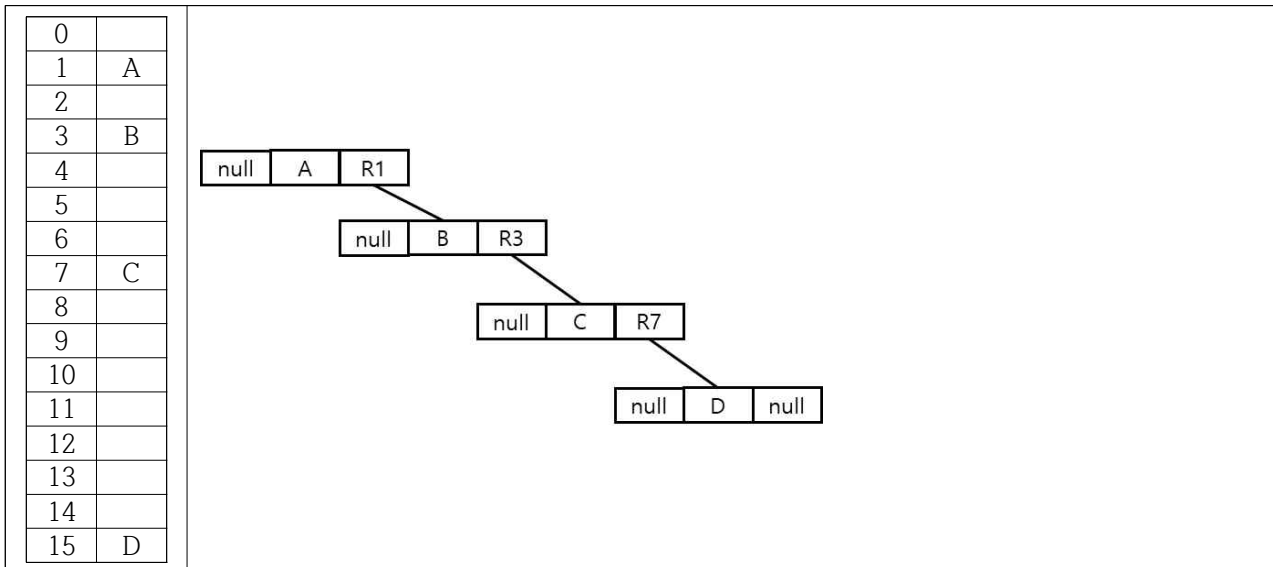
⑤



⑥



⑦



(g)

③ 전위순회 : A-B-D-E-C-F

중위순회 : D-B-E-A-F-C

후위순회 : D-E-B-F-C-A

⑤ 전위순회 : A-B-D-H-I-E-J-K-C-F-L-M-G-N-O

중위순회 : H-D-I-B-J-E-K-A-L-F-M-C-N-G-O

후위순회 : H-I-D-J-K-E-B-L-M-F-N-O-G-C-A

⑥ 전위순회 : A-B-C-D-E

중위순회 : E-D-C-B-A

후위순회 : E-D-C-B-A



- ⑦ 전위순회 : A-B-C-D  
 중위순회 : A-B-C-D  
 후위순회 : D-C-B-A

05.

- (a) 최대 노드 수 : 127개  
 최소 노드 수 : 7개
- (b) 최대 노드 수 : 8개  
 최소 노드 수 : 1개
- (c) 최대 노드 수 : 127개  
 최소 노드 수 : 65개
- (d) 256개

06.

- (a)
- ① 각 레벨에서 가질 수 있는 최소 노드 수는 1이므로 편향이진트리가 된다.
- ② 각 레벨이 모두 최대 노드 수를 가지면 포화이진트리이다.
- ③ 높이가 5일 때 마지막 레벨의 최대 노드 수는  $2^5 = 32$ 개  
 $\therefore$  완전이진트리
- ④ 높이가 4일 때 마지막 레벨의 최대 노드 수는  $2^4 = 16$ 개  
 $\therefore$  포화이진트리
- ⑤ 레벨 7에 포함될 수 있는 최대 노드 수 :  $2^7 = 128$ 개  
 마지막 레벨 7에 120개의 노드만 포함된다.  
 $\therefore$  완전이진트리
- (b)
- ① 높이가 3일 때 이진트리의 최소 노드 수가 편향이진트리의 총 노드 수가 된다.  
 $\therefore 3 + 1 = 4$ 개
- ② 높이가 3인 포화이진트리의 총 노드 수는 높이가 3인 이진트리의 최대 노드 수  
 $\therefore 2^{3+1} - 1 = 15$ 개
- ③ 높이가 4인 이진 트리의 최대 노드 수 :  $2^{4+1} - 1 = 31$   
 높이가 4인 이진 트리의 최대 노드 수 + 마지막 레벨의 노드의 수  
 $\therefore (2^{4+1} - 1) + 8 = 31 + 8 = 39$ 개

④ 높이가 4인 이진트리의 최대 노드 수 = 포화이진트리의 총 노드 수

$$\therefore 2^{4+1} - 1 = 31\text{개}$$

⑤ 높이가 6인 이진트리의 최대 노드 수 :  $2^{6+1} - 1 = 127\text{개}$

높이가 6인 이진트리의 최대 노드 수 + 마지막 레벨의 노드의 수

$$: (2^{6+1} - 1) + 120 = 127 + 120 = 147\text{개}$$

#### 07.

(a)

① 159

② 5

③ 8

(b)

① 1개

② 32개

③ 110개

(c)

① 편향이진트리

② 포화이진트리

③ 완전이진트리

#### 08.

(a) 높이 : 5, 총 노드 수 : 63개

(b) 인덱스가 27인 노드의 부모노드 인덱스 : 13

인덱스가 27인 노드의 왼쪽 자식노드 인덱스 : 54

인덱스가 27인 노드의 오른쪽 자식노드 인덱스 : 55

(c) 포화이진트리이므로 이진트리가 가질 수 있는 최대 수의 노드를 갖는다.

$$\therefore \text{전체 노드 수 : } 127\text{개, 변의 수 : } 126\text{개}$$

(d) 높이 : 7, 마지막 레벨의 노드 수 : 36개

#### 09.

(a) 노드 수 :  $2^{7+1} - 1 = 255$

변의 수 :  $255 - 1 = 254$

(b) 노드 수 :  $7+1=8$

변의 수 :  $8-1=7$

(c) 최소 노드 수 : 1개

최대 노드 수 :  $2^4 = 16\text{개}$

10.

- (a) 32개
- (b) 노드 인덱스 43은 레벨 5에 위치
- (c) 마지막 레벨의 첫 번째 노드의 인덱스 : 1024
- (d) 마지막 노드 인덱스 : 2047

11.

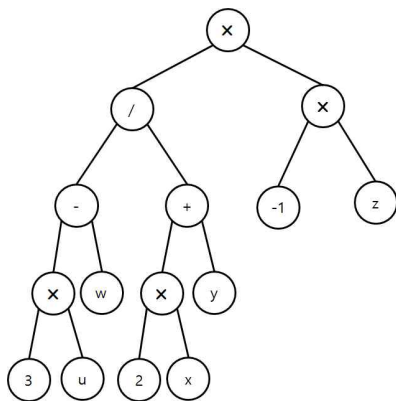
- (a) 높이 : 6
- (b) 마지막 레벨의 노드의 수 : 10개
- (c) 완전이진트리
- (d) 8개

12.

- (a) 높이 : 6
- (b) 포화이진트리
- (c) 노드 수 : 127개  
변의 수 : 126개

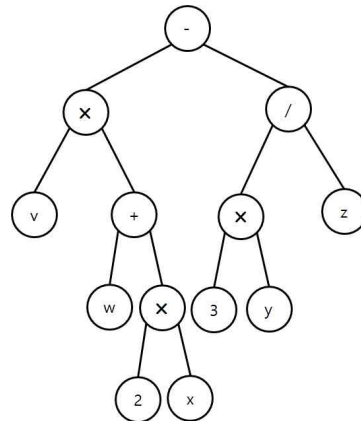
13.

(a)



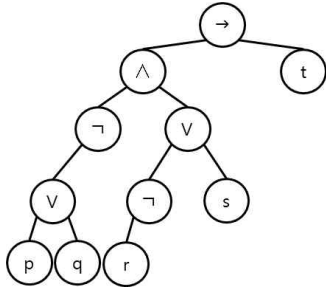
전위순회 :  $\times / - \times 3 u w + \times 2 x y \times -1 z$   
 중위순회 :  $3 \times u - w / 2 \times x + y \times -1 \times z$   
 후위순회 :  $3 u \times w - 2 x \times y + / -1 z \times \times$

(b)

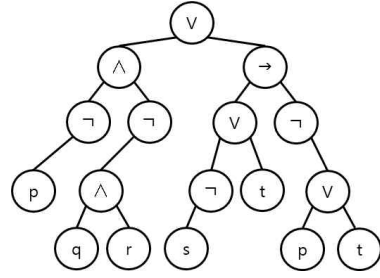


전위순회 :  $- \times v + w \times 2 x / \times 3 y z$   
 중위순회 :  $v \times w + 2 \times x - 3 \times y / z$   
 후위순회 :  $v w 2 x \times + \times 3 y \times z / -$

(c)

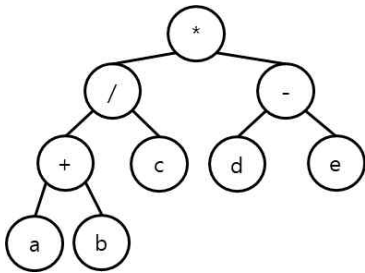
전위순회 :  $\rightarrow \wedge \neg \vee p q \vee \neg r s t$ 중위순회 :  $p \vee q \neg \wedge r \neg \vee s \rightarrow t$ 후위순회 :  $p q \vee r \neg \vee s \wedge t \rightarrow$ 

(d)

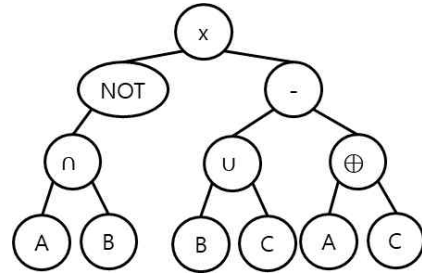
전위순회 :  $\vee \wedge \neg p \neg \wedge q r \rightarrow \vee \neg s t \neg \vee p t$ 중위순회 :  $p \neg \wedge q \wedge r \neg \vee s \neg \vee t \rightarrow \neg p \vee t$ 후위순회 :  $p \neg q r \wedge \neg \wedge s \neg t \vee p t \vee \neg \rightarrow \vee$ 

14.

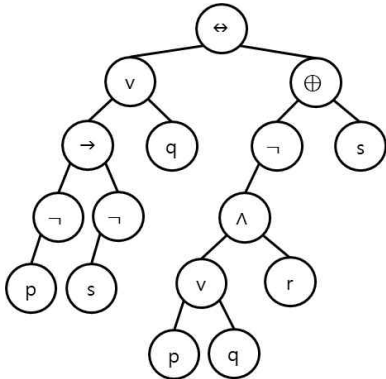
(a)

전위순회 :  $* / + a b c - d e$ 중위순회 :  $a + b / c * d - e$ 후위순회 :  $a b + c / d e - *$ 

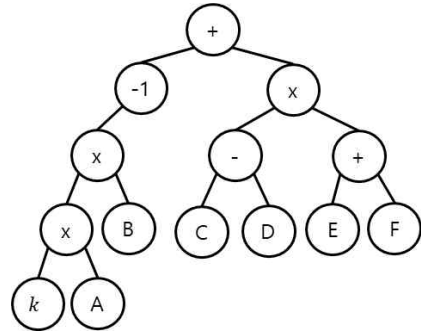
(b)

전위순회 :  $\times \text{NOT} \cap A B - \cup B C \oplus A C$ 중위순회 :  $A \cap B \text{NOT} \times B \cup C - A \oplus C$ 후위순회 :  $A B \cap \text{NOT} B C \cup A C \oplus - \times$ 

(c)

전위순회 :  $\leftrightarrow \vee \rightarrow \neg p \neg s q \oplus \neg \wedge \vee p q r s$ 중위순회 :  $p \neg \rightarrow s \neg \vee q \leftrightarrow p \vee q \wedge r \neg \oplus s$ 후위순회 :  $p \neg s \neg \rightarrow q \vee p q \vee r \wedge \neg s \oplus \leftrightarrow$ 

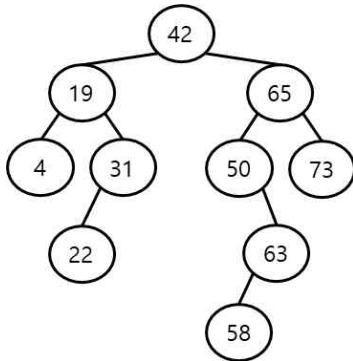
(d)

전위순회 :  $+ -1 \times \times k A B \times - C D + E F$ 중위순회 :  $k \times A \times B - 1 + C - D \times E + F$ 후위순회 :  $k A \times B \times -1 C D - E F + \times +$

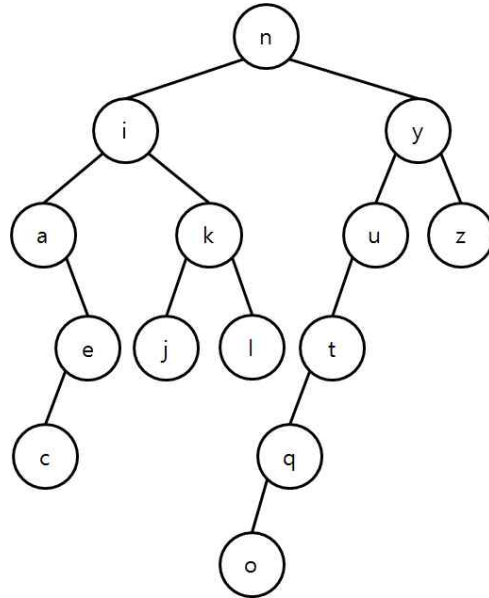
15.

(a)

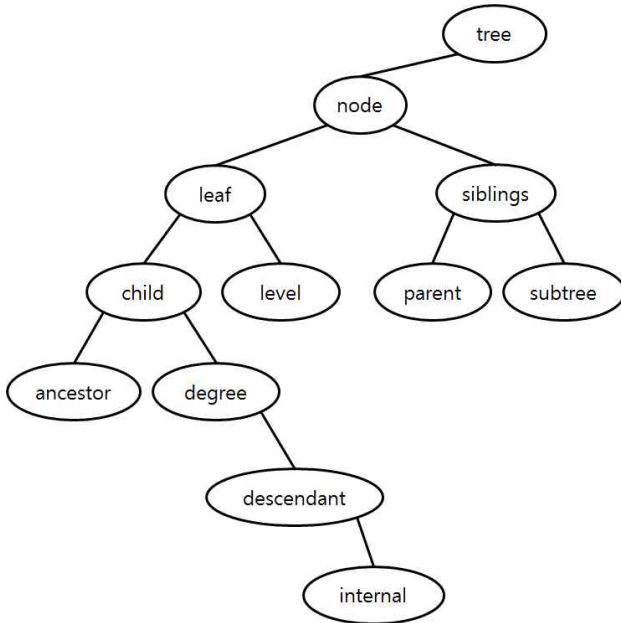
①



②



③



(b)

(i) (1) 31은 이 트리의 루트노드이면서 유일키인 42보다 작다.

: 왼쪽 서브트리 탐색

(2) 31은 왼쪽 서브트리의 루트노드이면서 유일키인 19보다 크다.

: 오른쪽 서브트리 탐색

(3) 31은 오른쪽 서브트리의 루트노드이다.

(4) 탐색을 종료한다.

(ii) (1) 4는 이 트리의 루트노드이면서 유일키인 42보다 작다.

: 왼쪽 서브트리 탐색

(2) 4는 왼쪽 서브트리의 루트노드이면서 유일키인 19보다 작다.

: 왼쪽 서브트리 탐색

(3) 4는 왼쪽 서브트리의 루트노드이다.

(4) 탐색을 종료한다.

(iii) (1) 58은 이 트리의 루트노드이면서 유일키인 42보다 크다.

: 오른쪽 서브트리 탐색

(2) 58은 오른쪽 서브트리의 루트노드이면서 유일키인 65보다 작다.

: 왼쪽 서브트리 탐색

(3) 58은 왼쪽 서브트리의 루트노드이면서 유일키인 50보다 크다

: 오른쪽 서브트리 탐색

(4) 58은 오른쪽 서브트리의 루트노드이면서 유일키인 63보다 작다

: 왼쪽 서브트리 탐색

(5) 58은 왼쪽 서브트리의 루트노드이다.

(6) 탐색을 종료한다.

(iv) (1) l은 이 트리의 루트노드이면서 유일키인 n보다 앞에 오는 문자다.

: 왼쪽 서브트리 탐색

(2) l은 왼쪽 서브트리의 루트노드이면서 유일키인 i보다 뒤에 오는 문자다.

: 오른쪽 서브트리 탐색

(3) l은 오른쪽 서브트리의 루트노드이면서 유일키인 k보다 뒤에 오는 문자다

: 오른쪽 서브트리 탐색

(4) l은 오른쪽 서브트리의 루트노드이다.

(6) 탐색을 종료한다.

(v) (1) q는 이 트리의 루트노드이면서 유일키인 n보다 뒤에 오는 문자다.

: 오른쪽 서브트리 탐색

(2) q는 오른쪽 서브트리의 루트노드이면서 유일키인 y보다 앞에 오는 문자다

: 왼쪽 서브트리 탐색

(3) q는 왼쪽 서브트리의 루트노드이면서 유일키인 u보다 앞에 오는 문자다.

: 왼쪽 서브트리 탐색

(4) q는 왼쪽 서브트리의 루트노드이면서 유일키인 t보다 앞에 오는 문자다.

: 왼쪽 서브트리 탐색

(5) q는 왼쪽 서브트리의 루트노드이다.

(6) 탐색을 종료한다.

(vi) (1) x는 이 트리의 루트노드이면서 유일키인 n보다 뒤에 오는 문자다.

: 오른쪽 서브트리 탐색

(2) x는 오른쪽 서브트리의 루트노드이면서 유일키인 y보다 앞에 오는 문자다

: 왼쪽 서브트리 탐색

(3) x는 왼쪽 서브트리의 루트노드이면서 유일키인 u보다 뒤에 오는 문자다.

: 오른쪽 서브트리 탐색

(4) x는 오른쪽 서브트리의 루트노드이면서 유일키인 t보다 뒤에 오는 문자다.

(5) t의 오른쪽 서브트리는 존재하지 않는다.

$\therefore$  이 트리에서 x를 찾을 수 없다.

(6) 탐색을 종료한다.

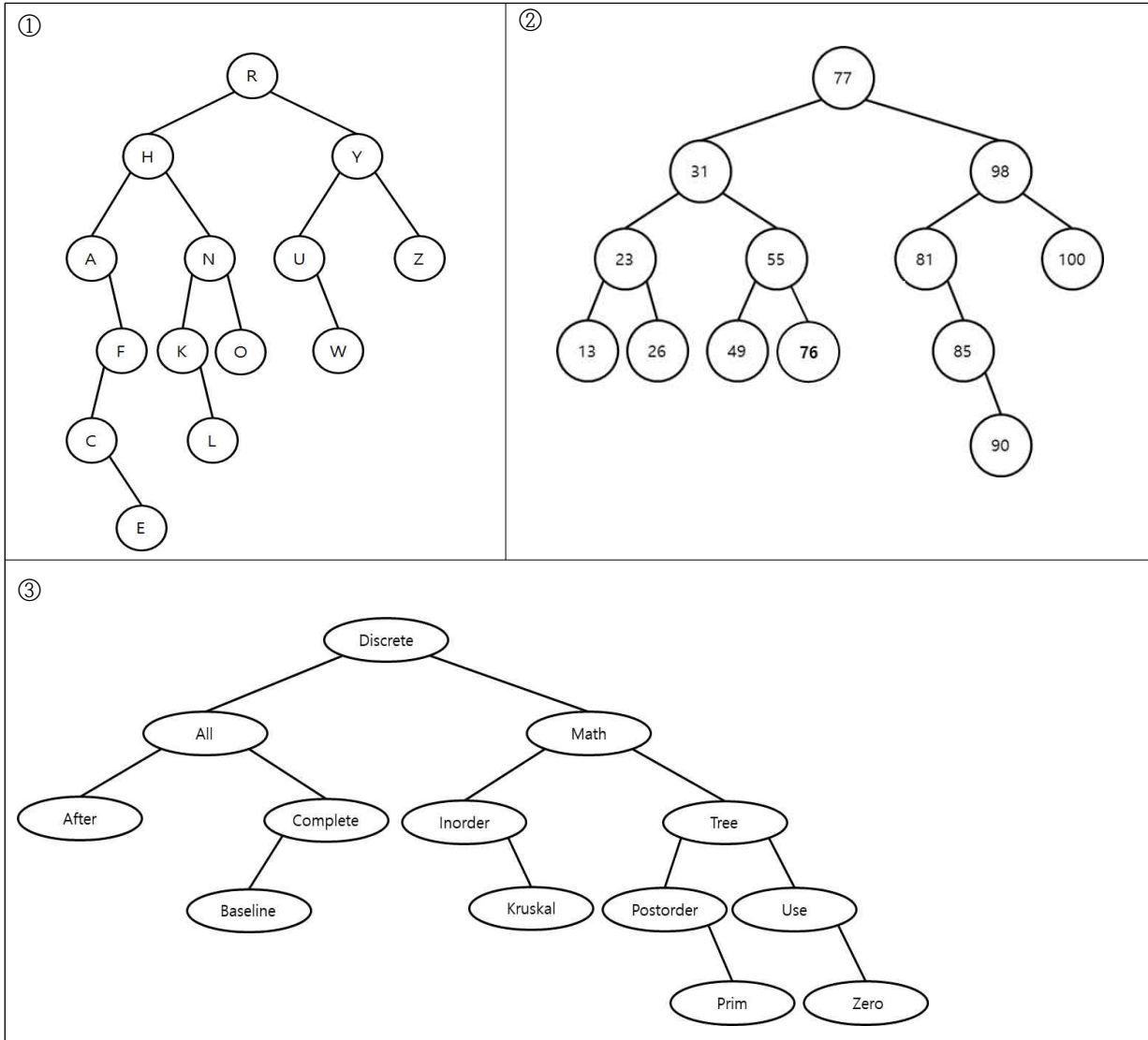
- (vii) (1) descendant는 이 트리의 루트노드이면서 유일키인 tree보다 앞에 오는 단어다.  
: 왼쪽 서브트리 탐색
- (2) descendant는 왼쪽 서브트리의 루트노드이면서 유일키인 node보다 앞에 오는 단어다.  
: 왼쪽 서브트리 탐색
- (3) descendant는 왼쪽 서브트리의 루트노드이면서 유일키인 leaf보다 앞에 오는 단어다.  
: 왼쪽 서브트리 탐색
- (4) descendant는 왼쪽 서브트리의 루트노드이면서 유일키인 child보다 뒤에 오는 단어다.  
: 오른쪽 서브트리 탐색
- (5) descendant는 오른쪽 서브트리의 루트노드이면서 유일키인 degree보다 뒤에 오는 단어다.  
: 오른쪽 서브트리 탐색
- (6) descendant는 오른쪽 서브트리의 루트노드이다.
- (7) 탐색을 종료한다.

- (viii) (1) child는 이 트리의 루트노드이면서 유일키인 tree보다 앞에 오는 단어다.  
: 왼쪽 서브트리 탐색
- (2) child는 왼쪽 서브트리의 루트노드이면서 유일키인 node보다 앞에 오는 단어다.  
: 왼쪽 서브트리 탐색
- (3) child는 왼쪽 서브트리의 루트노드이면서 유일키인 leaf보다 앞에 오는 단어다.  
: 왼쪽 서브트리 탐색
- (4) child는 왼쪽 서브트리의 루트노드이다.
- (5) 탐색을 종료한다.

- (ix) (1) subtree는 이 트리의 루트노드이면서 유일키인 tree보다 앞에 오는 단어다.  
: 왼쪽 서브트리 탐색
- (2) subtree는 왼쪽 트리의 루트노드이면서 유일키인 node보다 뒤에 오는 단어다.  
: 오른쪽 서브트리 탐색
- (3) subtree는 오른쪽 트리의 루트노드이면서 유일키인 sibling보다 뒤에 오는 단어다.  
: 오른쪽 서브트리 탐색
- (4) subtree는 오른쪽 트리의 루트노드이다.
- (5) 탐색을 종료한다.

16.

(a)



(b)

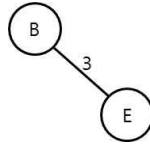
풀이 생략



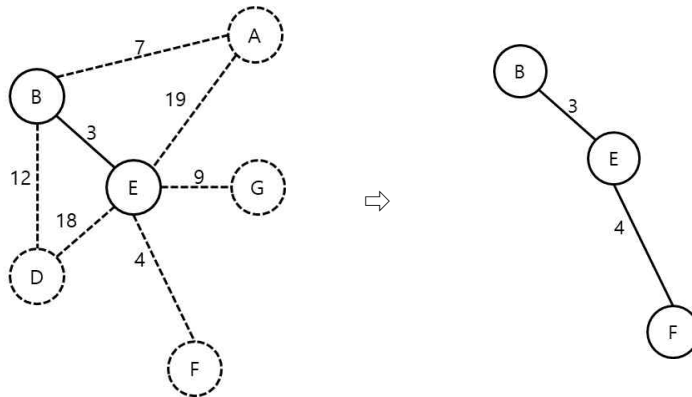
17.

(a)

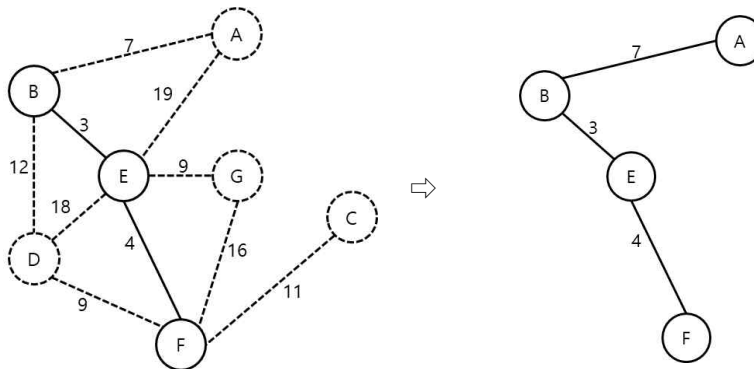
- ① (1) 임의의 정점 B를 선택, B와 연결된 변의 가중치가 가장 작은 변인 B와 E를 연결하는 변 선택  
(연결된 변의 수 1개)



- (2) 노드 B와 E에 연결된 변과 노드들 중 가중치가 가장 작은 변인 노드 E와 F를 연결하는 변 선택  
(연결된 변의 수 2개)

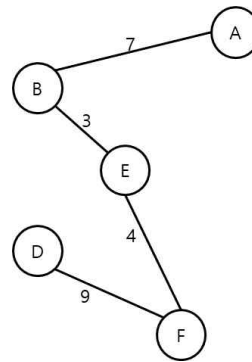


- (3) 노드 B, E, F와 연결된 변과 노드들 중 가중치가 가장 작은 변인 노드 A와 B를 연결하는 변 선택  
(연결된 변의 수 3개)



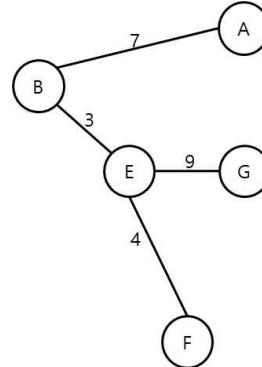
- (4) 노드 A, B, E, F와 연결된 변과 노드들 중(순환이 발생하는 변 제거) 가중치가 가장 작은 변은  
노드 D와 F를 연결하는 변과 E와 G를 연결하는 변이 있다. 둘 중 하나를 선택한다.  
(연결된 변의 수 4개)

노드 D와 F를 연결하는 변을 선택한 경우



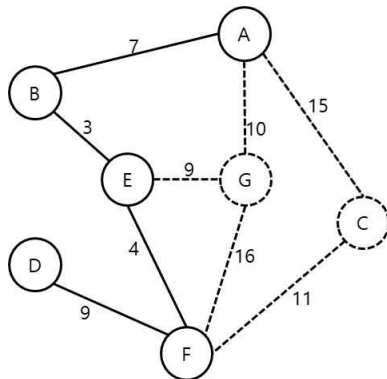
⇒

노드 E와 G를 연결하는 변을 선택한 경우

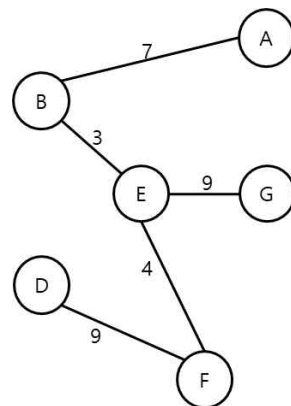


- (5) 노드 A, B, E, F와 D 또는 G와 연결된 변과 노드들 중(순환이 발생하는 변 제거) 가중치가 가장 작은 변인 노드 D와 F를 연결하는 변 또는 E와 G를 연결하는 변을 선택 (연결된 변의 수 5개)

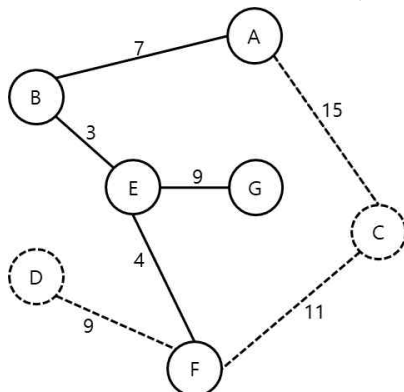
노드 D와 F를 연결하는 변을 선택한 경우



⇒

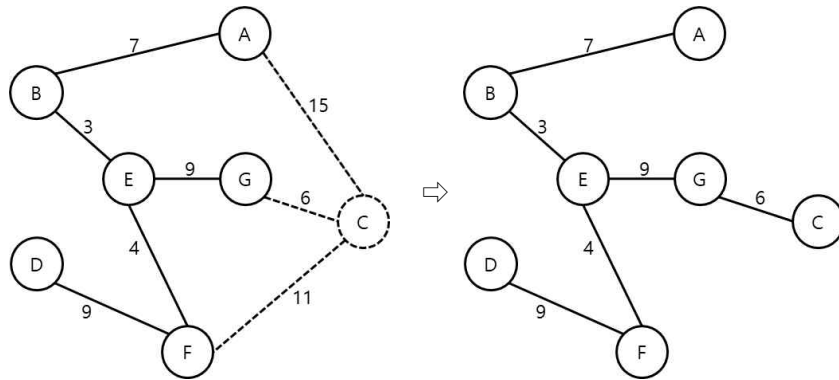


노드 E와 G를 연결하는 변을 선택한 경우



⇒

(6) 노드 A, B, D, E, F, G와 연결된 변과 노드들 중(순환이 발생하는 변 제거) 가중치가 가장 작은 변인 노드 C, G를 연결하는 변을 선택(연결된 변의 수 6개)

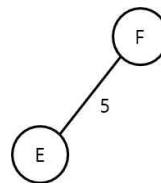
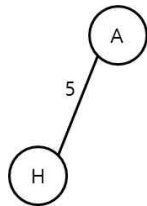


(7) 최소신장트리의 변의 수(6)가 노드 수 - 1(7-1)이므로 실행을 종료한다. 완성된 최소신장트리의 가중치는 다음과 같다.

$$3 + 4 + 7 + 9 + 9 + 6 = 38$$

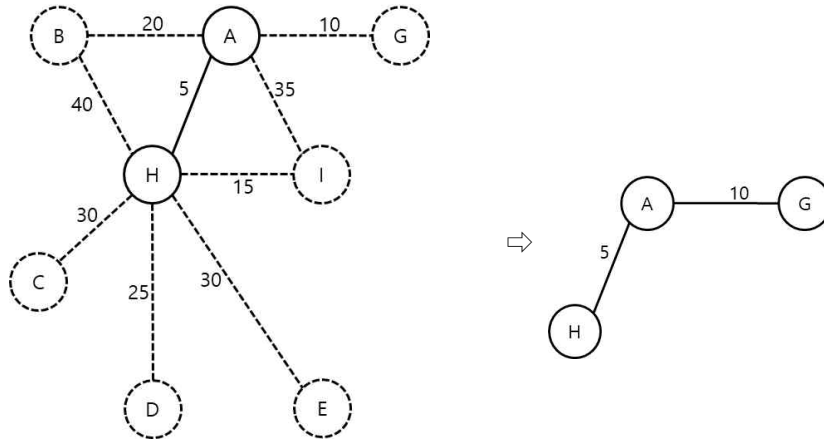
② (1) 임의의 정점 A 또는 E를 선택, A 또는 E와 연결된 변의 가중치가 가장 작은 변인 A와 H를 연결하는 변 또는 E와 F를 연결하는 변 선택(연결된 변의 수 1개)

노드 A와 H를 연결하는 변을 선택한 경우      노드 E와 F를 연결하는 변을 선택한 경우

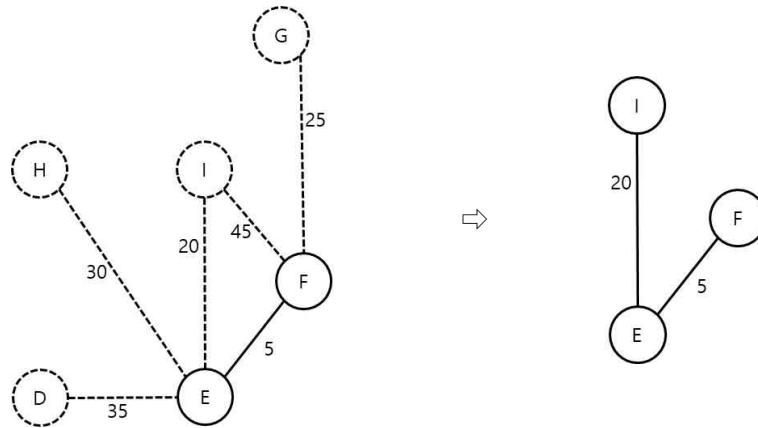


(2) 노드 A, H 또는 노드 E, F를 연결하는 변들과 노드들 중 가중치가 가장 작은 변인 노드 A, G 또는 노드 E, I를 연결하는 변을 선택(연결된 변의 수 2개)

노드 A와 H를 연결하는 변을 선택한 경우

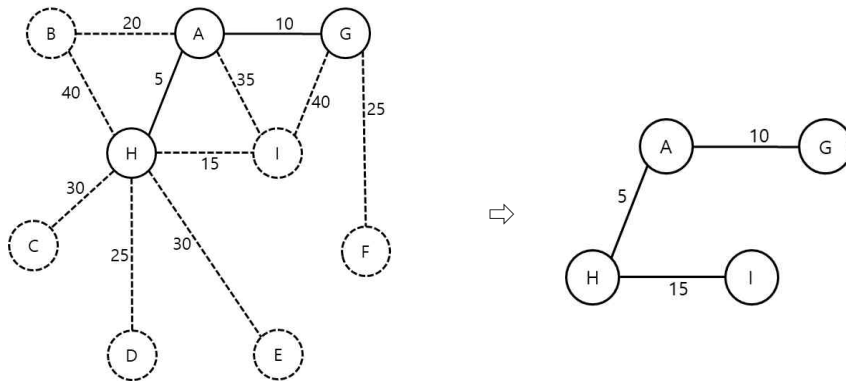


노드 E와 F를 연결하는 변을 선택한 경우

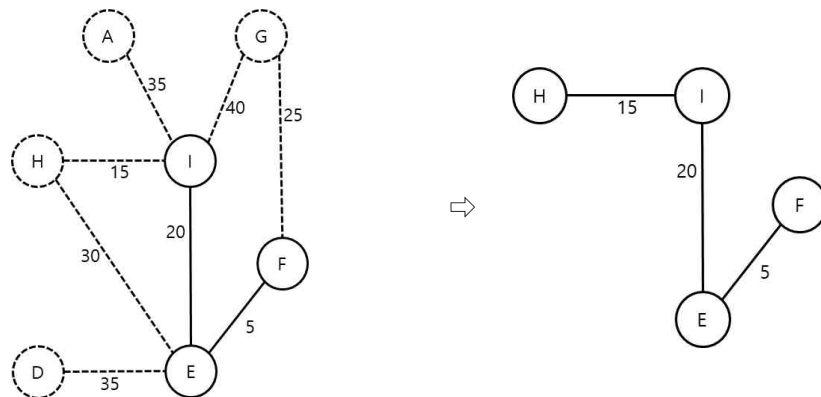


(3) 노드 A, G, H 또는 노드 E, F, I를 연결하는 변들과 노드들 중(순환이 발생하는 변 제거) 가중치가 가장 작은 변인 노드 H, I를 연결하는 변을 선택(연결된 변의 수 3개)

노드 A와 H를 연결하는 변을 선택한 경우

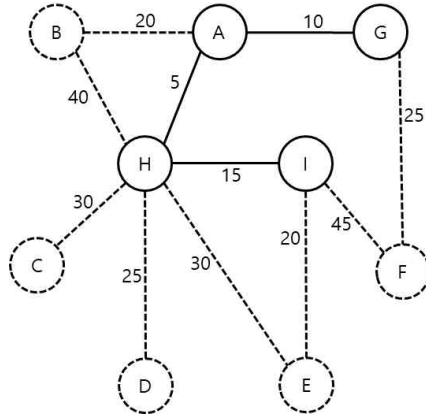


노드 E와 F를 연결하는 변을 선택한 경우

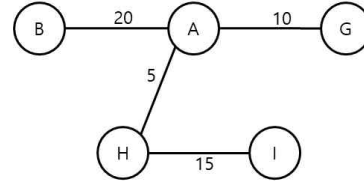


- (4) 노드 A, G, H, I 또는 노드 E, F, H, I를 연결하는 변들과 노드들 중(순환이 발생하는 변 제거)  
가중치가 가장 작은 변은 다음과 같이 선택할 수 있다.(연결된 변의 수 4개)
- ㉠ 노드 A, H를 선택한 경우, 노드 A, B를 연결하는 변 또는 노드 E, I를 연결하는 변
  - ㉡ 노드 E, F를 선택한 경우, 노드 A, H를 연결하는 변

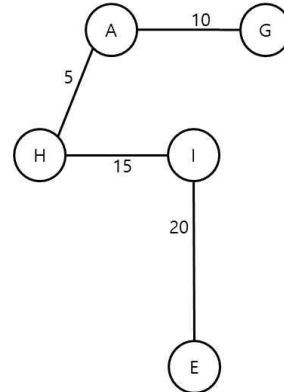
노드 A와 H를 연결하는 변을 선택한 경우



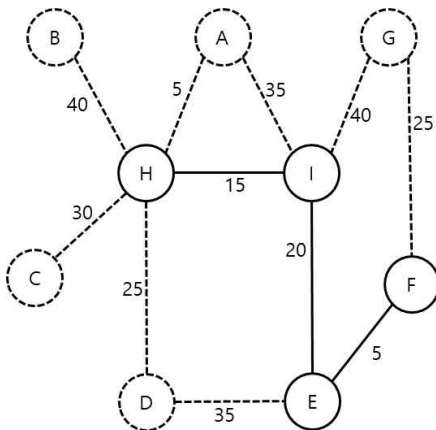
노드 A와 B를 연결하는 변을 선택한 경우



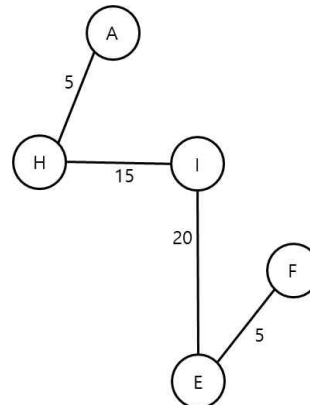
노드 E와 I를 연결하는 변을 선택한 경우



노드 E와 F를 연결하는 변을 선택한 경우



⇒



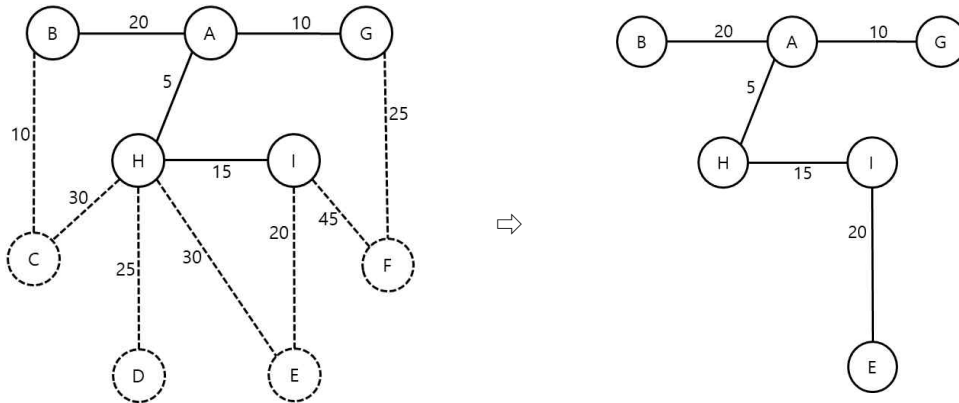
(5) 노드 A, B, G, H, I 또는 노드 A, E, G, H, I 또는 노드 A, E, F, H, I를 연결하는 변들과 노드들 중(순환이 발생하는 변 제거) 가중치가 가장 작은 변은 다음과 같이 선택한다. (연결된 변의 수 4개)

㉠ 노드 A, H와 노드 A, B를 선택한 경우 : 노드 B, C를 연결하는 변 선택

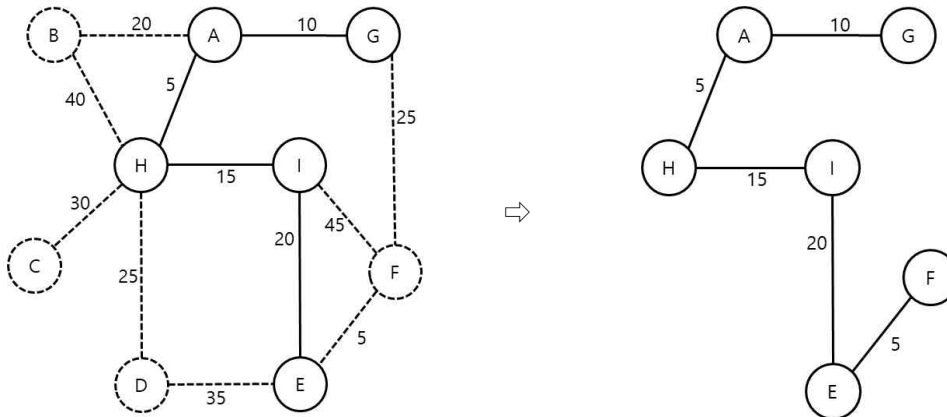
㉡ 노드 A, H와 노드 E, I를 선택한 경우 : E, F를 연결하는 변 선택

㉢ 노드 E, F와 노드 A, H를 선택한 경우 : A, G를 연결하는 변 선택

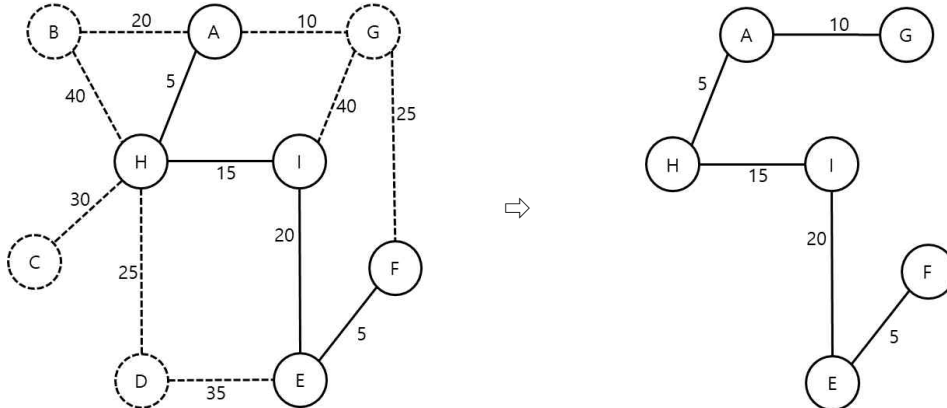
노드 A, H와 노드 A, B를 선택한 경우



노드 A, H와 노드 E, I를 선택한 경우



노드 E, F와 노드 A, H를 선택한 경우

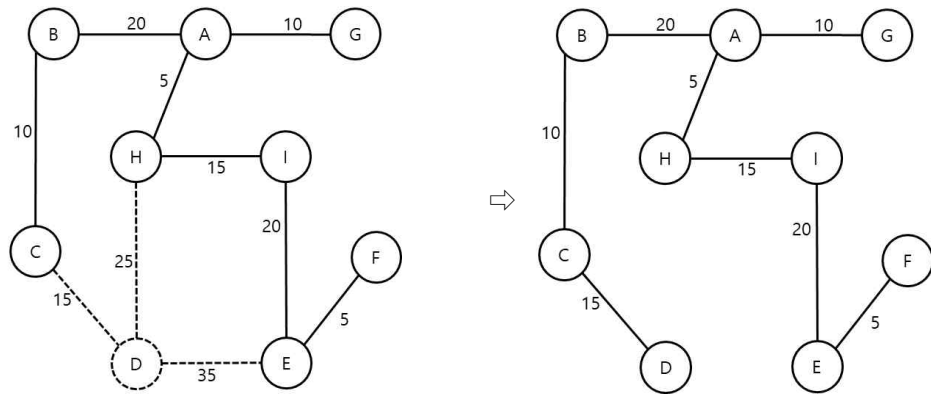


※ 노드 A, H와 노드 E, I를 선택한 경우와 노드 E, F와 노드 A, H를 선택한 경우의 최소신장트리가 같아진다.





(8) 노드 A, B, C, E, F, G, H, I를 연결하는 변들과 노드들 중(순환이 발생하는 변 제거) 가중치가 가장 작은 변인 노드 C, D를 연결하는 변을 선택한다.(연결된 변의 수 8개)



(9) 최소신장트리의 변의 수(8)가 노드 수 - 1(9-1)이므로 실행을 종료한다. 완성된 최소 신장 트리의 가중치는 다음과 같다.

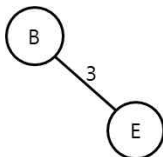
$$5 + 5 + 10 + 10 + 15 + 15 + 20 + 20 = 100$$

(b)

① 그래프를 구성하는 각 변의 가중치를 정리하면 다음과 같다.

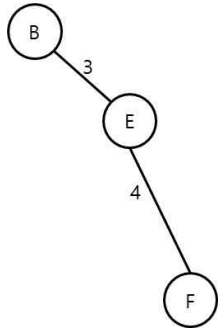
노드 연결	가중치	노드 연결	가중치
A-B	7	A-C	15
A-E	19	A-G	10
B-D	12	B-E	3
C-F	11	C-G	6
D-E	18	D-F	9
E-F	4	E-G	9
F-G	16		

(1) 가장 작은 가중치를 갖는 노드 B, E를 연결하는 변을 선택(연결된 변의 수 1개)



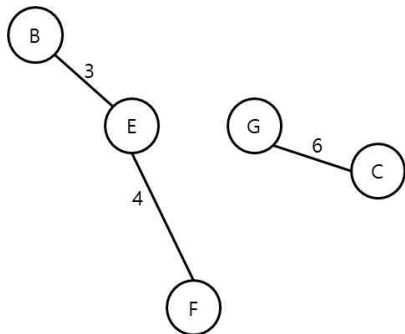
노드 연결	가중치	노드 연결	가중치
A-B	7	A-C	15
A-E	19	A-G	10
B-D	12	<del>B-E</del>	<del>3</del>
C-F	11	C-G	6
D-E	18	D-F	9
E-F	4	E-G	9
F-G	16		

(2) 남은 변들 중 가중치가 가장 작은 노드 E, F를 연결하는 변 선택(연결된 변의 수 2개)



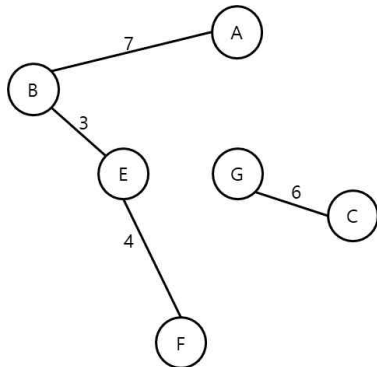
노드 연결	가중치	노드 연결	가중치
A-B	7	A-C	15
A-E	19	A-G	10
B-D	12	<del>B-E</del>	<del>3</del>
C-F	11	C-G	6
D-E	18	D-F	9
<del>E-F</del>	<del>4</del>	E-G	9
F-G	16		

(3) 남은 변들 중 가중치가 가장 작은 노드 C, G를 연결하는 변 선택(연결된 변의 수 3개)



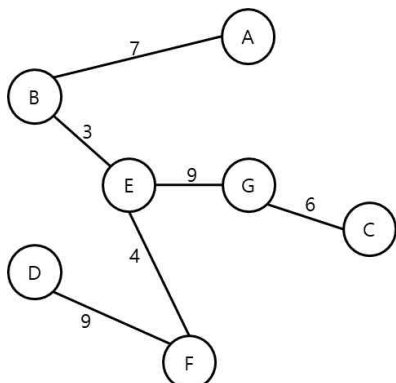
노드 연결	가중치	노드 연결	가중치
A-B	7	A-C	15
A-E	19	A-G	10
B-D	12	<del>B-E</del>	<del>3</del>
C-F	11	<del>C-G</del>	<del>6</del>
D-E	18	D-F	9
<del>E-F</del>	<del>4</del>	E-G	9
F-G	16		

(4) 남은 변들 중 가중치가 가장 작은 노드 A, B를 연결하는 변 선택(연결된 변의 수 4개)



노드 연결	가중치	노드 연결	가중치
<del>A-B</del>	<del>7</del>	A-C	15
A-E	19	A-G	10
B-D	12	<del>B-E</del>	<del>3</del>
C-F	11	<del>C-G</del>	<del>6</del>
D-E	18	D-F	9
<del>E-F</del>	<del>4</del>	E-G	9
F-G	16		

(5) 남은 변들 중 가중치가 가장 작은 노드 D, F와 노드 E, G를 연결하는 변 선택(연결된 변의 수 6개)



노드 연결	가중치	노드 연결	가중치
<del>A-B</del>	<del>7</del>	A-C	15
A-E	19	A-G	10
B-D	12	<del>B-E</del>	<del>3</del>
C-F	11	<del>C-G</del>	<del>6</del>
D-E	18	<del>D-F</del>	<del>9</del>
<del>E-F</del>	<del>4</del>	<del>E-G</del>	<del>9</del>
F-G	16		

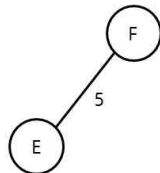
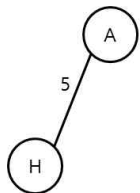
(6) 최소신장트리의 변의 수(6)가 노드 수 - 1(7-1)이므로 실행을 종료한다. 완성된 최소신장트리의 가중치는 다음과 같다.

$$3 + 4 + 7 + 9 + 9 + 6 = 38$$

② 그래프를 구성하는 각 변의 가중치를 정리하면 다음과 같다.

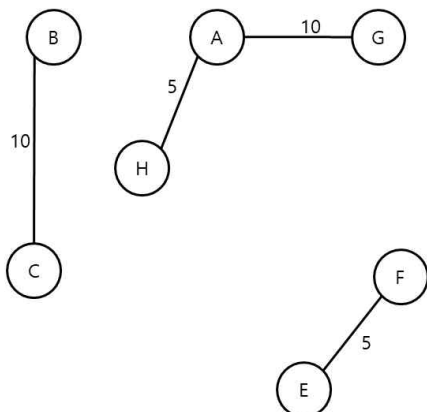
노드 연결	가중치	노드 연결	가중치
A-B	20	A-G	10
A-H	5	A-I	35
B-C	10	B-H	40
C-D	15	C-H	30
D-E	35	D-H	25
E-F	5	E-H	30
E-I	20	F-G	25
F-I	45	G-I	40
H-I	15		

(1) 가장 작은 가중치를 갖는 노드 A, H와 노드 E, F를 연결하는 변을 선택(연결된 변의 수 2개)



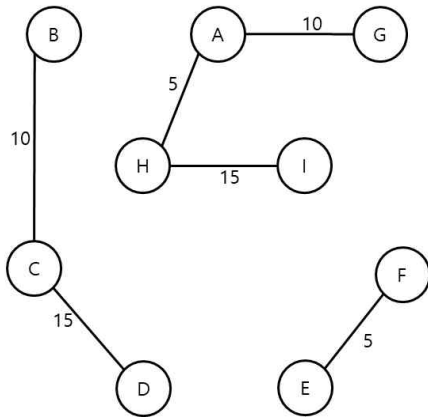
노드 연결	가중치	노드 연결	가중치
A-B	20	A-G	10
<del>A-H</del>	<del>5</del>	A-I	35
B-C	10	B-H	40
C-D	15	C-H	30
D-E	35	D-H	25
<del>E-F</del>	<del>5</del>	E-H	30
E-I	20	F-G	25
F-I	45	G-I	40
H-I	15		

(2) 가장 작은 가중치를 갖는 노드 A, G와 노드 B, C를 연결하는 변을 선택(연결된 변의 수 4개)



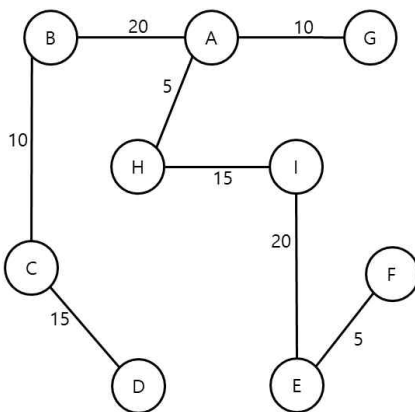
노드 연결	가중치	노드 연결	가중치
A-B	20	<del>A-G</del>	<del>10</del>
<del>A-H</del>	<del>5</del>	A-I	35
<del>B-C</del>	<del>10</del>	B-H	40
C-D	15	C-H	30
D-E	35	D-H	25
<del>E-F</del>	<del>5</del>	E-H	30
E-I	20	F-G	25
F-I	45	G-I	40
H-I	15		

(3) 가장 작은 가중치를 갖는 노드 C, D와 노드 H, I를 연결하는 변을 선택(연결된 변의 수 6개)



노드 연결	가중치	노드 연결	가중치
A-B	20	<del>A-G</del>	<del>10</del>
<del>A-H</del>	<del>5</del>	A-I	35
<del>B-C</del>	<del>10</del>	B-H	40
<del>C-D</del>	<del>15</del>	C-H	30
D-E	35	D-H	25
<del>E-F</del>	<del>5</del>	E-H	30
E-I	20	F-G	25
F-I	45	G-I	40
<del>H-I</del>	<del>15</del>		

(4) 가장 작은 가중치를 갖는 노드 A, B와 노드 E, I를 연결하는 변을 선택(연결된 변의 수 8개)



노드 연결	가중치	노드 연결	가중치
A-B	20	<del>A-G</del>	<del>10</del>
<del>A-H</del>	<del>5</del>	A-I	35
<del>B-C</del>	<del>10</del>	B-H	40
<del>C-D</del>	<del>15</del>	C-H	30
D-E	35	D-H	25
<del>E-F</del>	<del>5</del>	E-H	30
E-I	20	F-G	25
F-I	45	G-I	40
<del>H-I</del>	<del>15</del>		

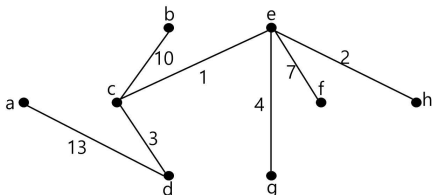
(5) 최소신장트리의 변의 수(8)가 노드 수 - 1(9-1)이므로 실행을 종료한다. 완성된 최소신장트리의 가중치는 다음과 같다.

$$5 + 5 + 10 + 10 + 15 + 15 + 20 + 20 = 100$$

18.

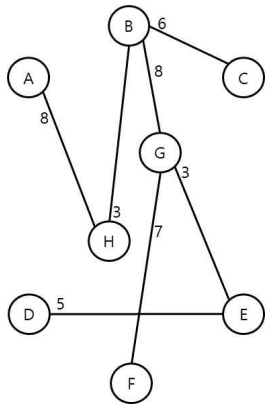
(a)

①



완성된 최소신장트리의 가중치는 40이다.

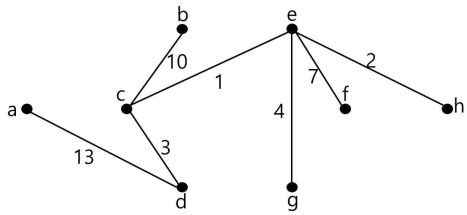
②



완성된 최소신장트리의 가중치는 40이다.

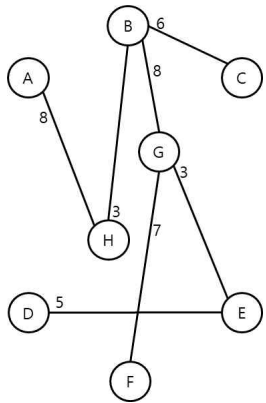
(b)

①



완성된 최소신장트리의 가중치는 40이다.

②



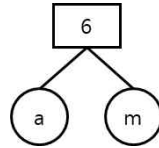
완성된 최소신장트리의 가중치는 40이다.

19.

(a)  $(3 + 15 + 20 + 8 + 3 + 11 + 7 + 12 + 18 + 9) \times 7 = 742$ 비트

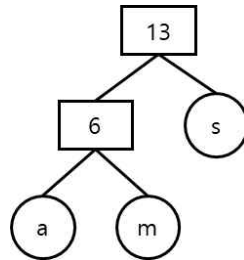
(b)

(1) 빈도가 가장 낮은 문자 a, m : a를 왼쪽 노드, m을 오른쪽 노드



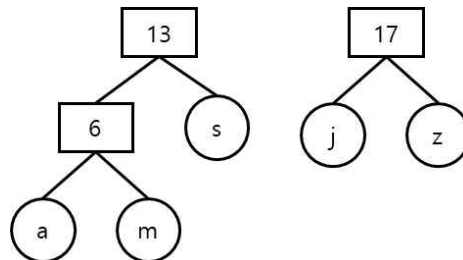
문자	d	g	j	o	s	v	x	z	a/m
빈도수	15	20	8	11	7	12	18	9	6

(2) 다음으로 빈도가 가장 낮은 문자 s와 서브트리 a/m : a/m를 왼쪽 노드, s를 오른쪽 노드



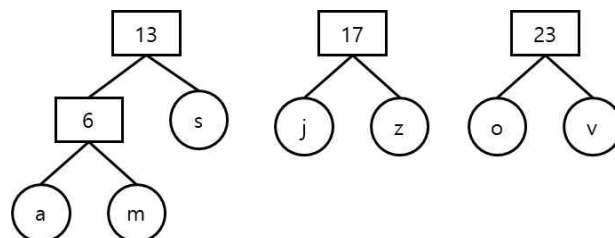
문자	d	g	j	o	v	x	z	a/m/s
빈도수	15	20	8	11	12	18	9	13

(3) 다음으로 빈도가 가장 낮은 문자 j, z : j를 왼쪽 노드, z를 오른쪽 노드



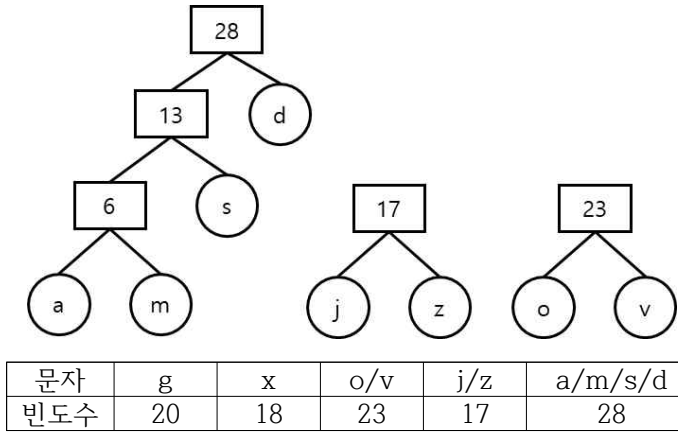
문자	d	g	o	v	x	j/z	a/m/s
빈도수	15	20	11	12	18	17	13

(4) 다음으로 빈도가 가장 낮은 문자 o, v : o를 왼쪽 노드, v를 오른쪽 노드

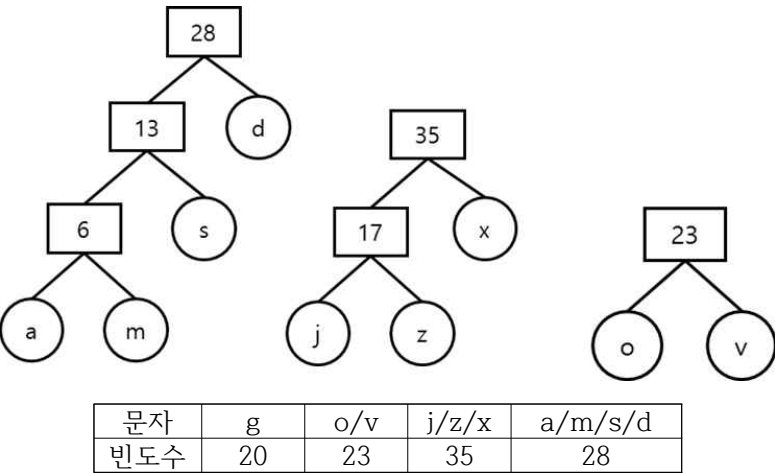


문자	d	g	x	o/v	j/z	a/m/s
빈도수	15	20	18	23	17	13

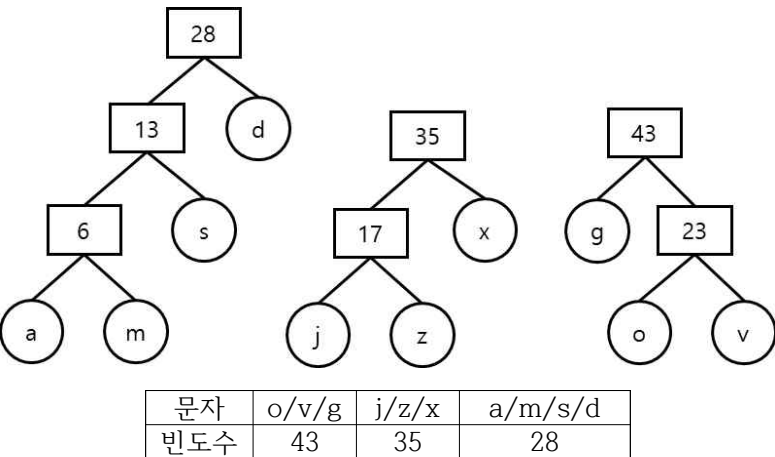
(5) 다음으로 빈도가 가장 낮은 문자 d, 서브트리 a/m/s : 서브트리 a/m/s를 왼쪽 노드, d를 오른쪽 노드



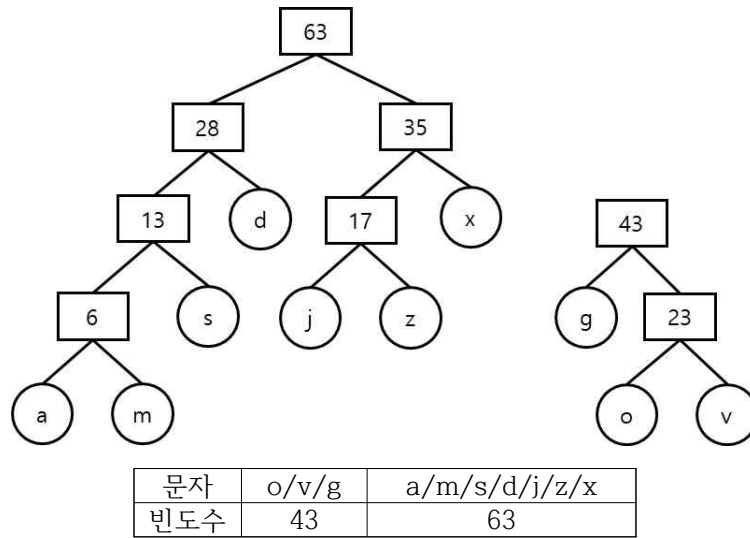
(6) 다음으로 빈도가 가장 낮은 문자 x, 서브트리 j/z : 서브트리 j/z를 왼쪽 노드, x를 오른쪽 노드



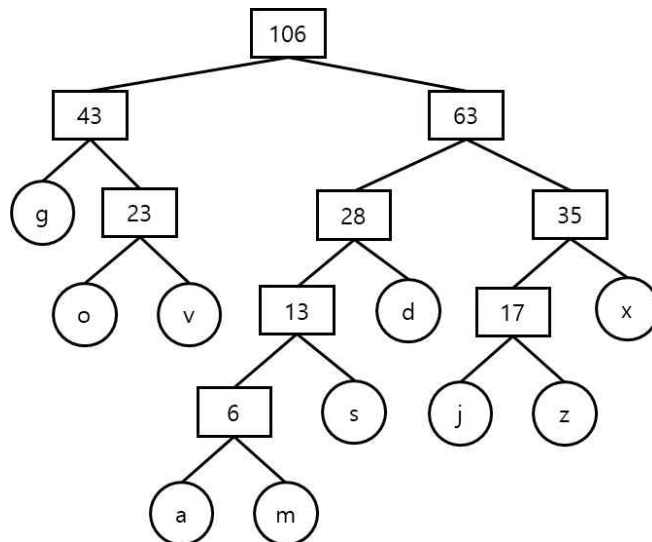
(7) 다음으로 빈도가 가장 낮은 문자 g, 서브트리 o/v : 문자 g를 왼쪽 노드, o/v를 오른쪽 노드



(8) 다음으로 빈도가 가장 낮은 서브트리 j/z/x, 서브트리 a/m/s/d : 서브트리 a/m/s/d를 왼쪽 노드, 서브트리 j/z/x를 오른쪽 노드

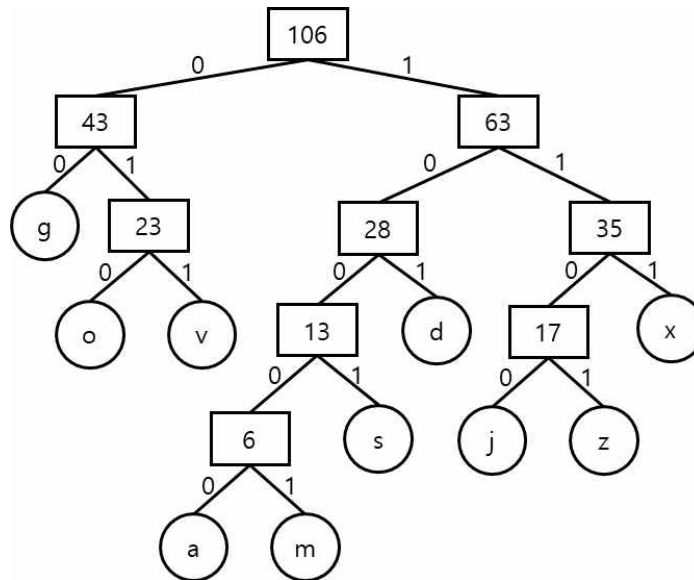


(9) 두 개의 서브트리 연결 : 서브트리 o/v/g를 왼쪽 노드, 서브트리 a/m/s/d/j/z/x를 오른쪽 노드





(c)



트리레벨	2	3				4			5	
문자	g	o	v	d	x	s	j	z	a	m
허프만 코드	00	010	011	101	111	1001	1100	1101	10000	10001

(d)

문자 : a d g j m o s v x z  
비트 : 5 3 2 4 5 3 4 3 3 4  
빈도 : 3 15 20 8 3 11 7 12 18 9

$$(3 \times 5) + (3 \times 15) + (2 \times 20) + (4 \times 8) + (5 \times 3) + (3 \times 11) + (4 \times 7) + (3 \times 12) + (3 \times 18) + (4 \times 9)$$

$$= 15 + 45 + 40 + 32 + 15 + 33 + 28 + 36 + 54 + 36 = 334 \text{ 비트}$$

(e)

(i)

(1) 1101로 구성되는 문자는 z : 허프만 코드표에 1 또는 11 또는 110으로 구성된 문자가 없다.

1101	110101110001100001000101001000101011111
z	

(2) 1101로 구성되는 문자는 z

1101	1101	01110001100001000101001000101011111
z	z	

(3) 011로 구성되는 문자는 v : 허프만 코드표에 0 또는 01로 구성된 문자가 없다.

1101	1101	011	10001100001000101001000101011111
z	z	v	

(4) 10001로 구성되는 문자는 m : 허프만 코드표에 1 또는 10, 100, 1000으로 구성된 문자가 없다.

1101	1101	011	10001	100001000101001000101011111
z	z	v	m	

(5) 10000로 구성되는 문자는 a : 허프만 코드표에 1 또는 10, 100, 1000으로 구성된 문자가 없다.

1101	1101	011	10001	10000	1000101001000101011111
z	z	v	m	a	

(6) 10001로 구성되는 문자는 m

1101	1101	011	10001	10000	10001	01001000101011111
z	z	v	m	a	m	

(7) 010로 구성되는 문자는 o : 허프만 코드표에 0 또는 01로 구성된 문자가 없다.

1101	1101	011	10001	10000	10001	010	01000101011111
z	z	v	m	a	m	o	

(8) 010로 구성되는 문자는 o

1101	1101	011	10001	10000	10001	010	010	00101011111
z	z	v	m	a	m	o	o	

(9) 00로 구성되는 문자는 g

1101	1101	011	10001	10000	10001	010	010	00	101011111
z	z	v	m	a	m	o	o	g	

(10) 101로 구성되는 문자는 d

1101	1101	011	10001	10000	10001	010	010	00	101	011111
z	z	v	m	a	m	o	o	g	d	

(11) 011로 구성되는 문자는 v

1101	1101	011	10001	10000	10001	010	010	00	101	011	111
z	z	v	m	a	m	o	o	g	d	v	

(12) 111로 구성되는 문자는 x

1101	1101	011	10001	10000	10001	010	010	00	101	011	111
z	z	v	m	a	m	o	o	g	d	v	x

(ii)

(1) 010로 구성되는 문자는 o

010	001000000001111101011010010100000000101101101100001001010101110110111100
o	

(2) 00로 구성되는 문자는 g

010	00	1000000001111101011010010100000000101101101100001001010101110110111100
o	g	

(3) 10000로 구성되는 문자는 a

010	00	10000	00001111101011010010100000000101101101100001001010101110110111100
o	g	a	

(4) 00로 구성되는 문자는 g

010	00	10000	00	001111101011010010100000000101101101100001001010101110110111100
o	g	a	g	

(5) 00으로 구성되는 문자는 g

010	00	10000	00	00	1111101011010010100000000101101101100001001010101110110111100
o	g	a	g	g	

(6) 111로 구성되는 문자는 x

010	00	10000	00	00	111	11010110100101000000000101101101100001001010101110110111100
o	g	a	g	g	x	

(7) 1101로 구성되는 문자는 z

010	00	10000	00	00	111	1101	0110100101000000000101101101100001001010101110110111100
o	g	a	g	g	x	z	

(8) 011로 구성되는 문자는 v

010	00	10000	00	00	111	1101	011	010010100000000101101101100001001010101110110111100
o	g	a	g	g	x	z	v	

(9) 010으로 구성되는 문자는 o

010	00	10000	00	00	111	1101	011	010	0101000000000101101101100001001010101110110111100
o	g	a	g	g	x	z	v	o	

(10) 010으로 구성되는 문자는 o

010	00	10000	00	00	111	1101	011	010	010	100000000101101101100001001010101110110111100
o	g	a	g	g	x	z	v	o	o	

(11) 10000으로 구성되는 문자는 a

010	00	10000	00	00	111	1101	011	010	010	10000	0000101101101100001001010101110110111100
o	g	a	g	g	x	z	v	o	o	a	

(12) 00으로 구성되는 문자는 g

010	00	10000	00	00	111	1101	011	010	010	10000	00	00101101101100001001010101110110111100
o	g	a	g	g	x	z	v	o	o	a	g	

(13) 00으로 구성되는 문자는 g

010	00	10000	00	00	111	1101	011	010	010	10000	00	00	101101101100001001010101110110111100
o	g	a	g	g	x	z	v	o	o	a	g	g	

(14) 101로 구성되는 문자는 d

010	00	10000	00	00	111	1101	011	010	010	10000	00	00	101	101101100001001010101110110111100
o	g	a	g	g	x	z	v	o	o	a	g	g	d	

(15) 101로 구성되는 문자는 d

010	00	10000	00	00	111	1101	011	010	010	10000	00	00	101	101	101100001001010101110110111100	
o	g	a		g	g	x	z	v	o	o	a		g	g	d d	

(16) 101로 구성되는 문자는 d

010	00	10000	00	00	111	1101	011	010	010	10000	00	00	101	101	101	100001001010101110110111100
o	g	a		g	g	x	z	v	o	o	a		g	g	d d d	

(17) 10000로 구성되는 문자는 a

010	00	10000	00	00	111	1101	011	010	010	10000	00	00	101	101	101	10000	1001010101110110111100
o	g	a		g	g	x	z	v	o	o	a		g	g	d d d	a	

(18) 1001로 구성되는 문자는 s

010	00	10000	00	00	111	1101	011	010	010	10000	00	00	101	101	101	10000	1001	010101110110111100
o	g	a		g	g	x	z	v	o	o	a		g	g	d d d	a	s	

(19) 010으로 구성되는 문자는 o

010	00	10000	00	00	111	1101	011	010	010	10000	00	00	101	101	101	10000	1001	010	101110110111100
o	g	a		g	g	x	z	v	o	o	a		g	g	d d d	a	s	o	

(20) 101로 구성되는 문자는 d

010	00	10000	00	00	111	1101	011	010	010	10000	00	00	101	101	101	10000	1001	010	101	110110111100
o	g	a		g	g	x	z	v	o	o	a		g	g	d d d	a	s	o	d	

(21) 1101로 구성되는 문자는 z

010	00	10000	00	00	111	1101	011	010	010	10000	00	00	101	101	101	10000	1001	010	101	1101	10111100
o	g	a		g	g	x	z	v	o	o	a		g	g	d d d	a	s	o	d	z	

(22) 101로 구성되는 문자는 d

010	00	10000	00	00	111	1101	011	010	010	10000	00	00	101	101	101	10000	1001	010	101	1101	101	11100
o	g	a		g	g	x	z	v	o	o	a		g	g	d d d	a	s	o	d	z	d	

(23) 111로 구성되는 문자는 x

010	00	10000	00	00	111	1101	011	010	010	10000	00	00	101	101	101	10000	1001	010	101	1101	101	111	00
o	g	a		g	g	x	z	v	o	o	a		g	g	d d d	a	s	o	d	z	d	x	

(24) 00로 구성되는 문자는 g

010	00	10000	00	00	111	1101	011	010	010	10000	00	00	101	101	101	10000	1001	010	101	1101	101	111	00
o	g	a		g	g	x	z	v	o	o	a		g	g	d d d	a	s	o	d	z	d	x	g

∴ ogaggxzvooaggdddasodzdxdg

(f)

( i )

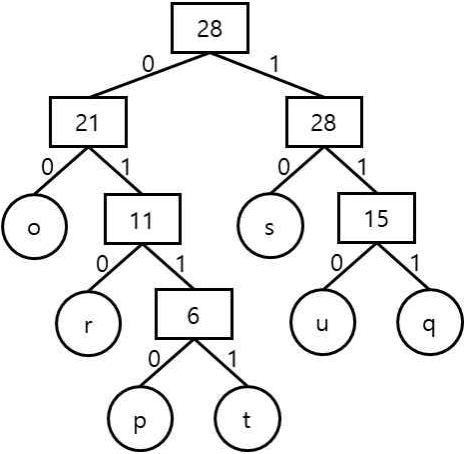
$\frac{a}{10000} \frac{d}{101} \frac{d}{101} \frac{m}{10001} \frac{o}{010} \frac{m}{10001} \frac{s}{1001} \frac{s}{1001} \frac{v}{011} \frac{x}{111} \frac{g}{00} \frac{z}{1101} \frac{j}{1100} \frac{z}{1101} \frac{x}{111} \frac{x}{111}$   
 $\therefore 100001011011000101010001100110010111110011011100110111111$

( ii )

$\frac{j}{1100} \frac{j}{1100} \frac{m}{10001} \frac{o}{010} \frac{s}{1001} \frac{v}{011} \frac{a}{10000} \frac{x}{111} \frac{z}{1101} \frac{g}{00} \frac{v}{011} \frac{a}{10000} \frac{x}{111} \frac{m}{10001} \frac{d}{101} \frac{d}{101} \frac{o}{010} \frac{s}{1001} \frac{g}{00}$   
 $\therefore 11001100100010101001011100001111101000111000011110001101101010100100$

20.

(a)



(b)

트리레벨	2		3			4	
문자	o	s	r	u	q	p	t
허프만 코드	00	10	010	110	111	0110	0111

(c)

( i ) tqsspoostru

( ii ) upqoruotpsqosp

(d)

( i ) 00101000011011101011101111101000

( ii ) 110110011011111111101001010011101100010001011001001110110