

8장 연습문제 정답

01.

(a)

① $G = (V, E)$

$$V = \{a, b, c, d, e\}$$

$$E = \{(a, c), (b, c), (b, d), (b, e), (c, d), (d, e)\}$$

② $G = (V, E)$

$$V = \{a, b, c, d, e, f\}$$

$$E = \{(a, b), (b, d), (b, e), (c, d), (c, e), (d, e), (c, f)\}$$

③ $G = \langle V, E \rangle$

$$V = \{a, b, c, d, e, f\}$$

$$E = \{\langle a, b \rangle, \langle a, c \rangle, \langle a, f \rangle, \langle b, a \rangle, \langle b, d \rangle, \langle b, e \rangle, \langle c, f \rangle, \langle d, b \rangle, \langle d, f \rangle, \langle e, c \rangle, \langle e, f \rangle, \langle f, a \rangle, \langle f, c \rangle, \langle f, e \rangle\}$$

④ $G = \langle V, E \rangle$

$$V = \{a, b, c, d, e\}$$

$$E = \{\langle a, c \rangle, \langle a, d \rangle, \langle b, a \rangle, \langle b, e \rangle, \langle c, b \rangle, \langle c, e \rangle, \langle d, b \rangle, \langle d, c \rangle, \langle e, d \rangle\}$$

(b)

①

$$A_G = \begin{matrix} & \begin{matrix} a & b & c & d & e \end{matrix} \\ \begin{matrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

②

$$A_G = \begin{matrix} & \begin{matrix} a & b & c & d & e & f \end{matrix} \\ \begin{matrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \\ f \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

③

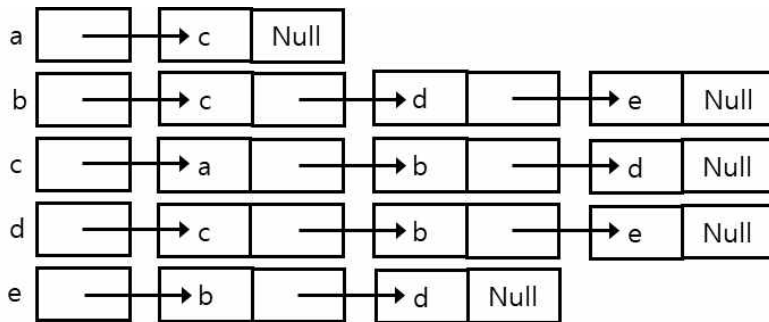
$$A_G = \begin{matrix} & \begin{matrix} a & b & c & d & e & f \end{matrix} \\ \begin{matrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \\ f \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

④

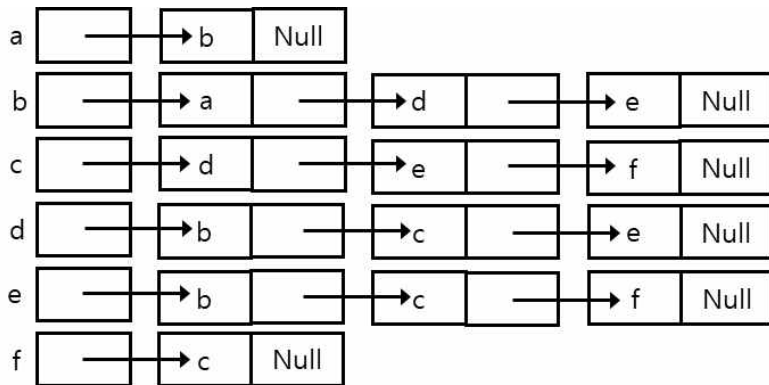
$$A_G = \begin{matrix} & \begin{matrix} a & b & c & d & e \end{matrix} \\ \begin{matrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

(c)

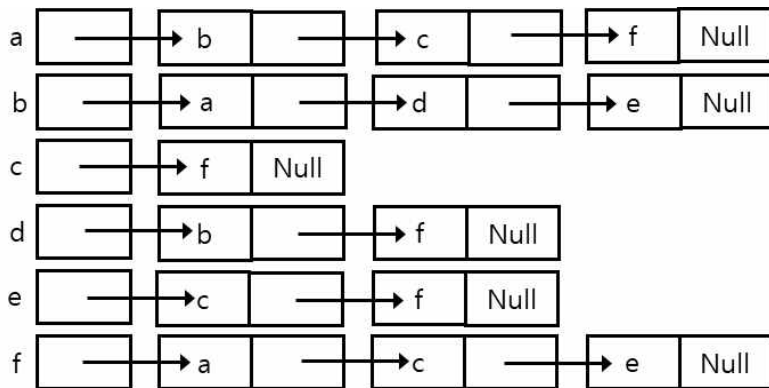
①



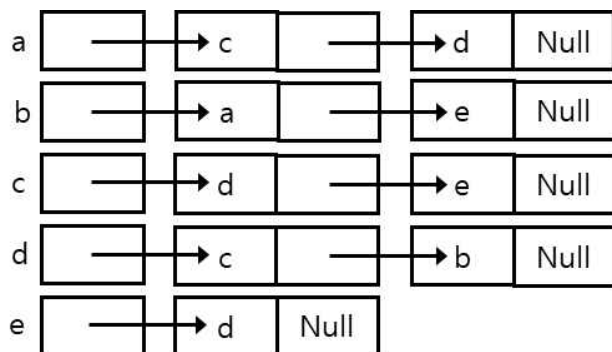
②



③



④



(d)

$$\textcircled{1} |E| = 6, \sum_{v \in V} d(v) = 2|E| = 12$$

$$\textcircled{2} |E| = 7, \sum_{v \in V} d(v) = 2|E| = 14$$

$$\textcircled{3} |E| = 14, \sum_{v \in V} d(v) = \sum_{v \in V} d_{out}(v) + d_{in}(v) = 2|E| = 28$$

$$\textcircled{4} |E| = 9, \sum_{v \in V} d(v) = \sum_{v \in V} d_{out}(v) + d_{in}(v) = 2|E| = 18$$

(e)

$$\textcircled{1} d(a) = 1, d(b) = 3, d(c) = 3, d(d) = 3, d(e) = 2$$

$$\therefore \sum_{v \in V} d(v) = d(a) + d(b) + d(c) + d(d) + d(e) = 1 + 3 + 3 + 3 + 2 = 12$$

$$\textcircled{2} d(a) = 1, d(b) = 3, d(c) = 3, d(d) = 3, d(e) = 3, d(f) = 1$$

$$\therefore \sum_{v \in V} d(v) = d(a) + d(b) + d(c) + d(d) + d(e) + d(f) = 1 + 3 + 3 + 3 + 3 + 1 = 14$$

$$\textcircled{3} d_{out}(a) = 3, d_{out}(b) = 3, d_{out}(c) = 1, d_{out}(d) = 2, d_{out}(e) = 2, d_{out}(f) = 3$$

$$d_{in}(a) = 2, d_{in}(b) = 2, d_{in}(c) = 3, d_{in}(d) = 1, d_{in}(e) = 2, d_{in}(f) = 4$$

$$d(a) = d_{out}(a) + d_{in}(a) = 5$$

$$d(b) = d_{out}(b) + d_{in}(b) = 5$$

$$d(c) = d_{out}(c) + d_{in}(c) = 4$$

$$d(d) = d_{out}(d) + d_{in}(d) = 3$$

$$d(e) = d_{out}(e) + d_{in}(e) = 4$$

$$d(f) = d_{out}(f) + d_{in}(f) = 7$$

$$\therefore \sum_{v \in V} d(v) = d(a) + d(b) + d(c) + d(d) + d(e) + d(f) = 5 + 4 + 4 + 5 + 3 + 7 = 28$$

$$\textcircled{4} d_{out}(a) = 2, d_{out}(b) = 2, d_{out}(c) = 2, d_{out}(d) = 2, d_{out}(e) = 1$$

$$d_{in}(a) = 1, d_{in}(b) = 2, d_{in}(c) = 2, d_{in}(d) = 2, d_{in}(e) = 2$$

$$d(a) = d_{out}(a) + d_{in}(a) = 3$$

$$d(b) = d_{out}(b) + d_{in}(b) = 4$$

$$d(c) = d_{out}(c) + d_{in}(c) = 4$$

$$d(d) = d_{out}(d) + d_{in}(d) = 4$$

$$d(e) = d_{out}(e) + d_{in}(e) = 3$$

$$\therefore \sum_{v \in V} d(v) = d(a) + d(b) + d(c) + d(d) + d(e) = 3 + 4 + 4 + 4 + 3 = 18$$

02.

(a)

$$\textcircled{1} G = (V, E)$$

$$V = \{a, b, c, d, e\}$$

$$E = \{(a, a), (a, c), (a, d), (b, b), (b, c), (b, d), (c, d), (c, d), (c, e), (d, e)\}$$

$$\textcircled{2} G = (V, E)$$

$$V = \{a, b, c, d, e\}$$

$$E = \{(a, b), (a, e), (b, e), (c, e), (c, d), (d, e)\}$$

③ $G = (V, E)$

$$V = \{a, b, c, d, e\}$$

$$E = \{(a, c), (a, d), (a, d), (b, d), (b, d), (b, d), (b, c), (b, e), (b, e), (b, e)\}$$

④ $G = \langle V, E \rangle$

$$V = \{a, b, c, d, e\}$$

$$E = \{\langle a, c \rangle, \langle a, d \rangle, \langle b, d \rangle, \langle b, e \rangle, \langle c, b \rangle, \langle d, c \rangle, \langle e, a \rangle, \langle e, d \rangle\}$$

⑤ $G = \langle V, E \rangle$

$$V = \{a, b, c, d, e, f\}$$

$$E = \{\langle a, c \rangle, \langle a, d \rangle, \langle b, a \rangle, \langle b, e \rangle, \langle c, d \rangle, \langle d, a \rangle, \langle d, f \rangle, \langle d, f \rangle, \langle d, f \rangle, \langle e, f \rangle, \langle f, e \rangle, \langle f, e \rangle\}$$

(b)

①

$$A_G = \begin{matrix} & \begin{matrix} a & b & c & d & e \end{matrix} \\ \begin{matrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 2 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

②

$$A_G = \begin{matrix} & \begin{matrix} a & b & c & d & e \end{matrix} \\ \begin{matrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

③

$$A_G = \begin{matrix} & \begin{matrix} a & b & c & d & e \end{matrix} \\ \begin{matrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 3 & 3 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 3 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

④

$$A_G = \begin{matrix} & \begin{matrix} a & b & c & d & e \end{matrix} \\ \begin{matrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

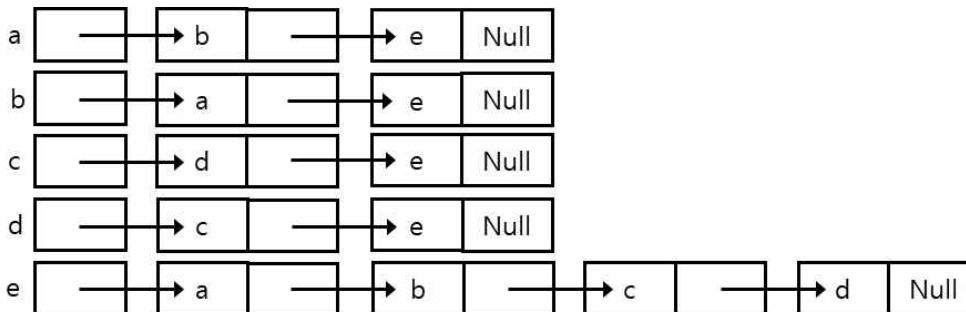
⑤

$$A_G = \begin{matrix} & \begin{matrix} a & b & c & d & e & f \end{matrix} \\ \begin{matrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \\ f \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

(c)

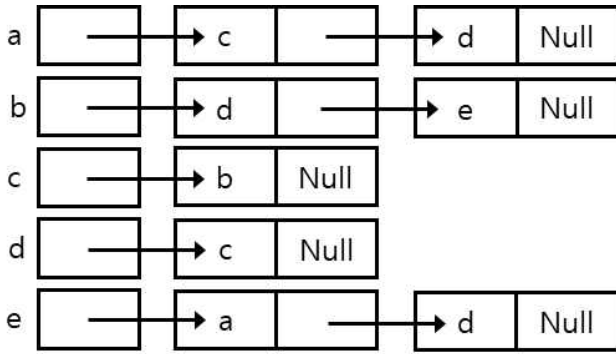
① 인접리스트를 구할 수 없다.

②



③ 인접리스트를 구할 수 없다.

④



⑤ 인접리스트를 구할 수 없다.

(d)

① $|E| = 10, \sum_{v \in V} d(v) = 2|E| = 20$

② $|E| = 6, \sum_{v \in V} d(v) = 2|E| = 12$

③ $|E| = 10, \sum_{v \in V} d(v) = 2|E| = 20$

③ $|E| = 8, \sum_{v \in V} d(v) = \sum_{v \in V} d_{out}(v) + d_{in}(v) = 2|E| = 16$

④ $|E| = 12, \sum_{v \in V} d(v) = \sum_{v \in V} d_{out}(v) + d_{in}(v) = 2|E| = 24$

(e)

① 20

② 12

③ 20

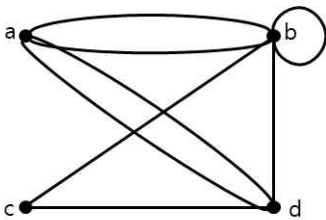
④ 16

⑤ 24

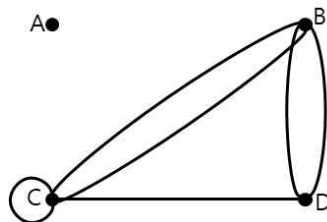
03.

(a)

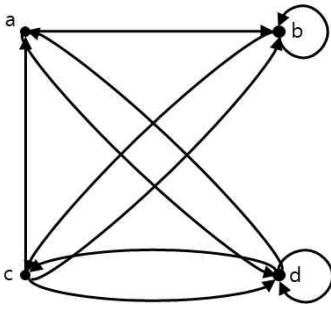
①



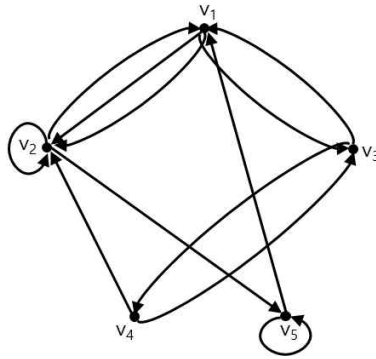
②



③



④



(b)

①

$$A_G = \begin{matrix} & \begin{matrix} a & b & c & d \end{matrix} \\ \begin{matrix} a \\ b \\ c \\ d \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 2 & 0 & 2 \\ 2 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

②

$$A_G = \begin{matrix} & \begin{matrix} A & B & C & D \end{matrix} \\ \begin{matrix} A \\ B \\ C \\ D \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 2 & 1 & 1 \\ 0 & 2 & 1 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

③

$$A_G = \begin{matrix} & \begin{matrix} a & b & c & d \end{matrix} \\ \begin{matrix} a \\ b \\ c \\ d \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

④

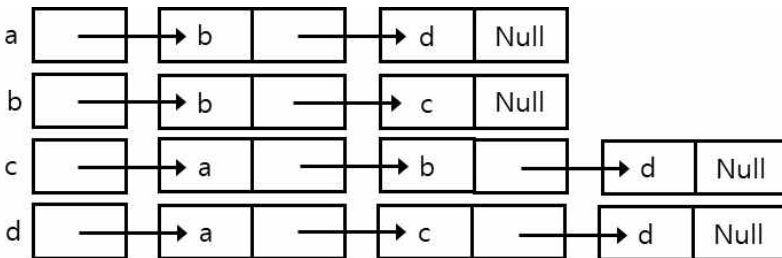
$$A_G = \begin{matrix} & \begin{matrix} v_1 & v_2 & v_3 & v_4 & v_5 \end{matrix} \\ \begin{matrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ v_4 \\ v_5 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 2 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

(c)

① 다중그래피므로 인접리스트를 구할 수 없다.

② 다중그래피므로 인접리스트를 구할 수 없다.

③



④ 다중그래피므로 인접리스트를 구할 수 없다.

(d)

① $d(a) = 4$, $d(b) = 6$, $d(c) = 2$, $d(d) = 4$: 차수가 홀수인 정점 없음(0개)

② $d(A) = 0$, $d(B) = 4$, $d(C) = 5$, $d(D) = 3$: 차수가 홀수인 정점 C, D 2개

③ $d_{out}(a) = 2, d_{out}(b) = 2, d_{out}(c) = 3, d_{out}(d) = 3$

$d_{in}(a) = 2, d_{in}(b) = 3, d_{in}(c) = 2, d_{in}(d) = 3$

$d(a) = d_{out}(a) + d_{in}(a) = 4$

$d(b) = d_{out}(b) + d_{in}(b) = 5$

$d(c) = d_{out}(c) + d_{in}(c) = 5$

$d(d) = d_{out}(d) + d_{in}(d) = 6$

: 차수가 홀수인 정점 b, c 2개

④ $d_{out}(v_1) = 3, d_{out}(v_2) = 3, d_{out}(v_3) = 2, d_{out}(v_4) = 2, d_{out}(v_5) = 2$

$d_{in}(v_1) = 3, d_{in}(v_2) = 4, d_{in}(v_3) = 2, d_{in}(v_4) = 1, d_{in}(v_5) = 2$

$d(v_1) = d_{out}(v_1) + d_{in}(v_1) = 6$

$d(v_2) = d_{out}(v_2) + d_{in}(v_2) = 7$

$d(v_3) = d_{out}(v_3) + d_{in}(v_3) = 4$

$d(v_4) = d_{out}(v_4) + d_{in}(v_4) = 3$

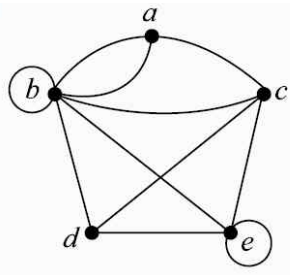
$d(v_5) = d_{out}(v_5) + d_{in}(v_5) = 4$

: 차수가 홀수인 정점 v_2, v_4 2개

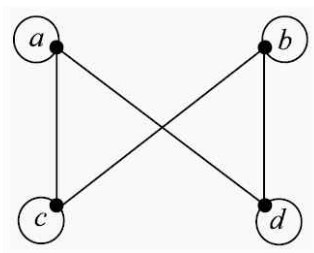
04.

(a)

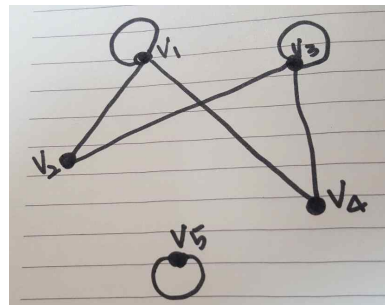
①



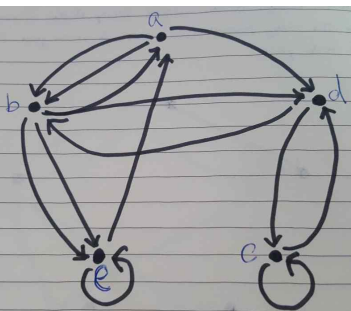
②



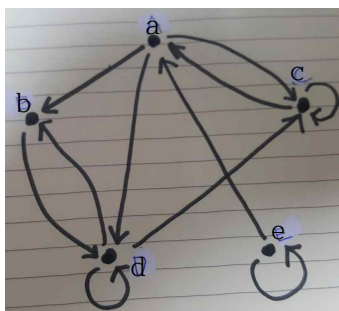
③



④



⑤



(b)

①

$$A_G = \begin{matrix} & \begin{matrix} a & b & c & d & e \end{matrix} \\ \begin{matrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 2 & 1 & 0 & 0 \\ 2 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

②

$$A_G = \begin{matrix} & \begin{matrix} a & b & c & d \end{matrix} \\ \begin{matrix} a \\ b \\ c \\ d \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

③

$$A_G = \begin{matrix} & \begin{matrix} v_1 & v_2 & v_3 & v_4 & v_5 \end{matrix} \\ \begin{matrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ v_4 \\ v_5 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

④

$$A_G = \begin{matrix} & \begin{matrix} a & b & c & d & e \end{matrix} \\ \begin{matrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 2 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

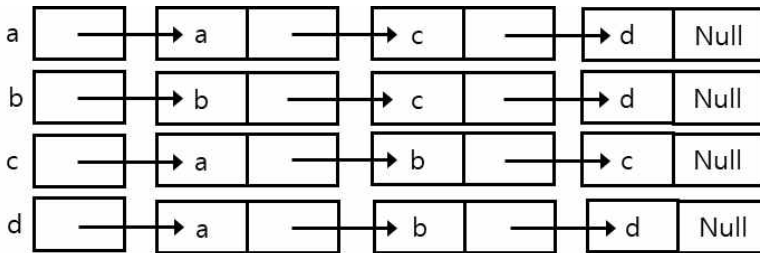
⑤

$$A_G = \begin{matrix} & \begin{matrix} a & b & c & d & e \end{matrix} \\ \begin{matrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

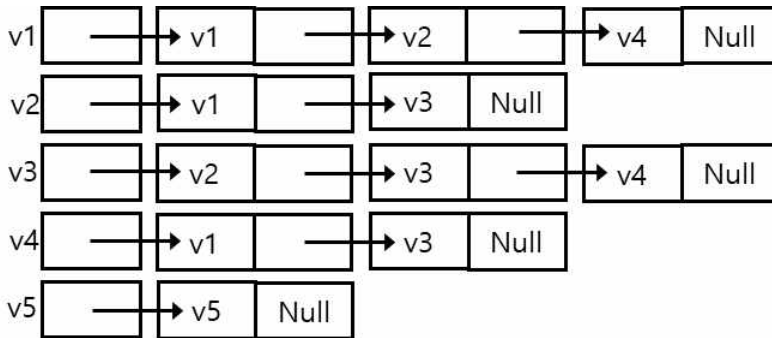
(c)

① 인접리스트를 구할 수 없다.

②

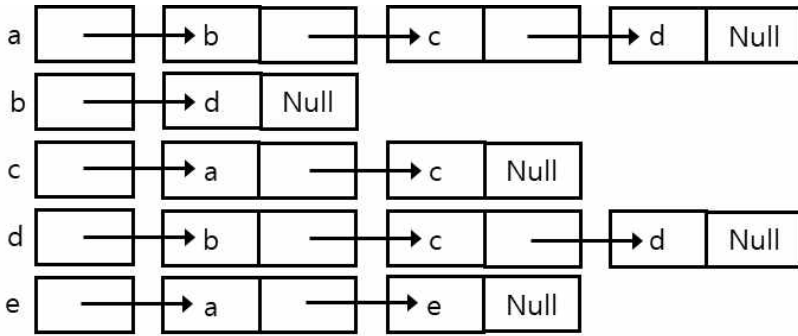


③



④ 인접리스트를 구할 수 없다.

⑤

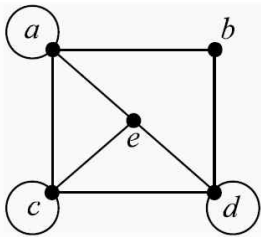


(d) 풀이 생략

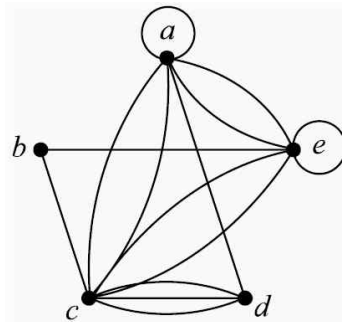
05.

(a)

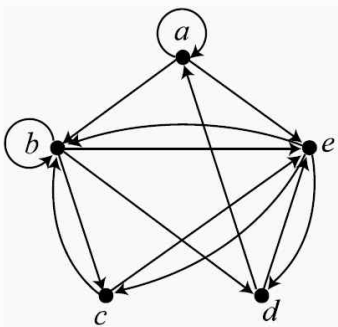
①



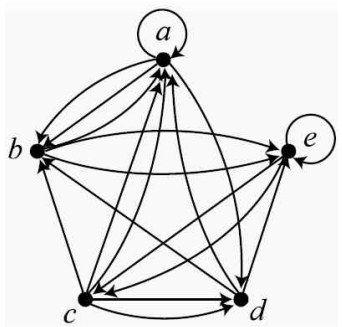
②



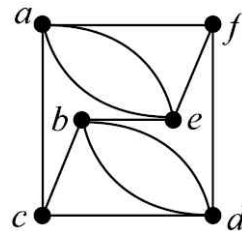
③



④



⑤



(b)

① $G = (V, E)$

$$V = \{a, b, c, d, e\}$$

$$E = \{(a, a), (a, b), (a, c), (a, e), (b, d), (c, c), (c, d), (c, e), (d, d), (d, e)\}$$

② $G = (V, E)$

$$V = \{a, b, c, d, e\}$$

$$E = \{(a, a), (a, c), (a, c), (a, d), (a, e), (a, e), (b, c), (b, e), (c, d), (c, d), (c, d), (c, e), (c, e), (e, e)\}$$

③ $G = \langle V, E \rangle$

$V = \{a, b, c, d, e\}$

$E = \{ \langle a, a \rangle, \langle a, b \rangle, \langle a, e \rangle, \langle b, b \rangle, \langle b, c \rangle, \langle b, d \rangle, \langle b, e \rangle, \langle c, b \rangle, \langle c, e \rangle, \langle d, a \rangle, \langle d, e \rangle, \langle e, b \rangle, \langle e, c \rangle, \langle e, d \rangle \}$

④ $G = \langle V, E \rangle$

$V = \{a, b, c, d, e\}$

$E = \{ \langle a, a \rangle, \langle a, b \rangle, \langle a, b \rangle, \langle a, d \rangle, \langle b, a \rangle, \langle b, e \rangle, \langle b, e \rangle, \langle c, a \rangle, \langle c, a \rangle, \langle c, b \rangle, \langle c, d \rangle, \langle c, d \rangle, \langle d, a \rangle, \langle d, b \rangle, \langle d, e \rangle, \langle e, c \rangle, \langle e, c \rangle, \langle e, e \rangle \}$

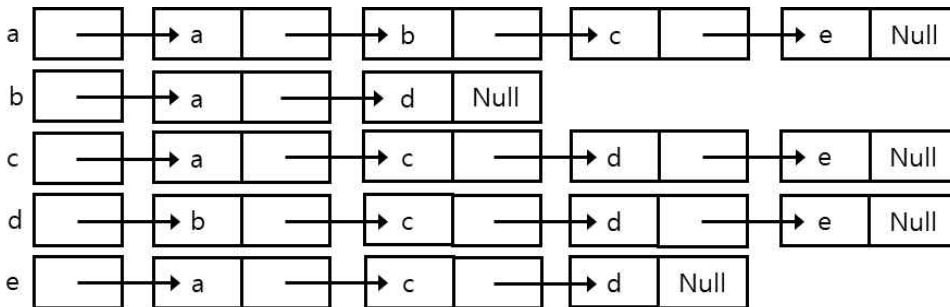
⑤ $G = (V, E)$

$V = \{a, b, c, d, e, f\}$

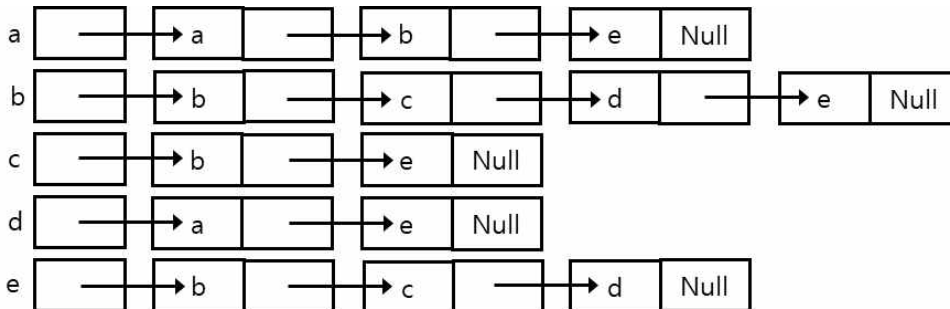
$E = \{(a, c), (a, e), (a, e), (a, f), (b, c), (b, d), (b, d), (b, e), (c, d), (d, f), (e, f)\}$

(c)

①



③



06.

(a)

- ① 차수가 홀수인 정점(a, b, d, e)이 4개, 짝수개이다.
- ② 차수가 홀수인 정점(a)이 1개, 홀수개이다.
- ③ 차수가 홀수인 정점(a, d, f, g)이 4개, 짝수개이다.
- ④ 차수가 홀수인 정점이 0개, 짝수개이다.
- ⑤ 차수가 홀수인 정점(a, c, d)이 3개, 홀수개이다.
- ⑥ 차수가 홀수인 정점(a, b)이 2개, 짝수개이다.
- ⑦ 차수가 홀수인 정점이 0개, 짝수개이다.

- ∴ 조건을 만족하는 그래프가 존재한다.
- ∴ 그래프 아니다.
- ∴ 조건을 만족하는 그래프가 존재한다.
- ∴ 조건을 만족하는 그래프가 존재한다.
- ∴ 그래프 아니다.
- ∴ 조건을 만족하는 그래프가 존재한다.
- ∴ 조건을 만족하는 그래프가 존재한다.

(b)

$$\textcircled{1} \sum_{v \in V} d(v) = d(a) + d(b) + d(c) + d(d) + d(e) = 3 + 1 + 2 + 5 + 3 = 14 = 2|E|$$
$$\therefore |E| = 7$$

$$\textcircled{3} \sum_{v \in V} d(v) = d(a) + d(b) + d(c) + d(d) + d(e) + d(f) + d(g) = 3 + 6 + 4 + 5 + 2 + 3 + 3 = 26 = 2|E|$$
$$\therefore |E| = 13$$

$$\textcircled{4} \sum_{v \in V} d(v) = d(a) + d(b) + d(c) = 2 + 2 + 2 = 6 = 2|E|$$
$$\therefore |E| = 3$$

$$\textcircled{6} \sum_{v \in V} d(v) = d(a) + d(b) + d(c) + d(d) + d(e) + d(f) = 1 + 5 + 2 + 6 + 8 + 4 = 26 = 2|E|$$
$$\therefore |E| = 13$$

$$\textcircled{7} \sum_{v \in V} d(v) = d(a) + d(b) + d(c) + d(d) + d(e) = 0 + 2 + 0 + 0 + 2 = 4 = 2|E|$$
$$\therefore |E| = 2$$

(c)

⑦ 정점 a, c, d 의 차수가 0으로 다른 정점과 연결되는 변을 갖지 않는다.
 \therefore 연결그래프가 아니다.

<참고> $|E| < |V| - 1$ 인 경우도 연결그래프가 성립하지 않는다.

(d)

① $ V = 5, E = 7$	$5 - 7 + s = 2$	$\therefore s = 4$
③ $ V = 7, E = 13$	$7 - 13 + s = 2$	$\therefore s = 8$
④ $ V = 2, E = 3$	$3 - 3 + s = 2$	$\therefore s = 2$
⑥ $ V = 6, E = 13$	$6 - 13 + s = 2$	$\therefore s = 9$

(e)

오일러 순환이 존재하는 그래프 : (d) \because 모든 정점의 차수가 짝수

오일러 경로가 존재하는 그래프 : (d), (f) \because 차수가 홀수인 정점의 수가 0 또는 2개

07.

(a)

- ① 조건을 만족하는 그래프가 존재한다.
- ② 그래프 아니다.
- ③ 조건을 만족하는 그래프가 존재한다.
- ④ 그래프 아니다.
- ⑤ 그래프 아니다.
- ⑥ 조건을 만족하는 그래프가 존재한다.
- ⑦ 그래프 아니다.

(b)

- ① 11개
- ③ 9개
- ⑥ 15개

(c)

연결그래프가 아닌 그래프는 없다.

(d)

- ① $s = 7$
- ③ $s = 6$
- ⑥ $s = 10$

(e)

오일러 순환이 존재하는 그래프 : ③

오일러 경로가 존재하는 그래프 : ①, ③, ⑥

08.

(a) 그래프 G 의 부분그래프 : ①, ④, ⑤, ⑪, ⑫

(b) 그래프 G 의 신장부분그래프 : ①, ③, ④, ⑤, ⑥

(c) 그래프 G 의 동형그래프 : ③, ⑥

09.

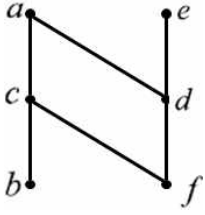
(a) 연결그래프 : ②, ③, ④, ⑤, ⑥, ⑧, ⑨, ⑩, ⑪, ⑫

(b) 평면그래프 : ②, ③, ④, ⑤, ⑥, ⑧, ⑨, ⑪, ⑫

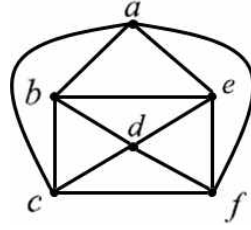
② $ V_{(b)} = 6, E_{(b)} = 6$	$ V_{(b)} - E_{(b)} + s_{(b)} = 6 - 6 + s_{(b)} = 2$	$\therefore s_{(b)} = 2$
③ $ V_{(c)} = 6, E_{(c)} = 12$	$ V_{(c)} - E_{(c)} + s_{(c)} = 6 - 12 + s_{(c)} = 2$	$\therefore s_{(c)} = 8$
④ $ V_{(d)} = 6, E_{(d)} = 10$	$ V_{(d)} - E_{(d)} + s_{(d)} = 6 - 10 + s_{(d)} = 2$	$\therefore s_{(d)} = 6$
⑤ $ V_{(e)} = 6, E_{(e)} = 10$	$ V_{(e)} - E_{(e)} + s_{(e)} = 6 - 10 + s_{(e)} = 2$	$\therefore s_{(e)} = 6$
⑥ $ V_{(f)} = 6, E_{(f)} = 12$	$ V_{(f)} - E_{(f)} + s_{(f)} = 6 - 12 + s_{(f)} = 2$	$\therefore s_{(f)} = 8$
⑧ $ V_{(h)} = 5, E_{(h)} = 5$	$ V_{(h)} - E_{(h)} + s_{(h)} = 5 - 5 + s_{(h)} = 2$	$\therefore s_{(h)} = 2$
⑨ $ V_{(i)} = 5, E_{(i)} = 9$	$ V_{(i)} - E_{(i)} + s_{(i)} = 5 - 9 + s_{(i)} = 2$	$\therefore s_{(i)} = 6$
⑪ $ V_{(k)} = 5, E_{(k)} = 6$	$ V_{(k)} - E_{(k)} + s_{(k)} = 5 - 6 + s_{(k)} = 2$	$\therefore s_{(k)} = 3$
⑫ $ V_{(l)} = 5, E_{(l)} = 6$	$ V_{(l)} - E_{(l)} + s_{(l)} = 5 - 6 + s_{(l)} = 2$	$\therefore s_{(l)} = 3$

(c)

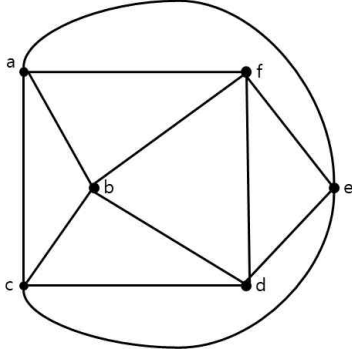
②



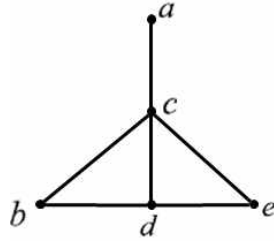
③



⑥



⑫



10.

(a)

③ 4-정규그래프

⑥ 4-정규그래프

⑦ 1-정규그래프

⑨ 4-정규그래프

⑩ 5-정규그래프

(b)

③ K_4 ⑩ K_5

(c)

② $V_{(b)} = \{a, b, c, d, e, f\} = \{\{a, b, e, f\}, \{c, d\}\}$

⑦ $V_{(g)} = \{a, b, c, d\} = \{\{a, b\}, \{b, c\}\}$

⑧ $V_{(h)} = \{a, b, c, d, e\} = \{\{a, b, c\}, \{d, e\}\}$

⑪ $V_{(k)} = \{a, b, c, d, e\} = \{\{a, c, d\}, \{b, e\}\}$

(d) ⑪ $K_{3,2}$

11.

(a) 풀이 생략(다양한 부분그래프가 있을 수 있다.)

(b) 풀이 생략(다양한 신장부분그래프가 있을 수 있다.)

(c)

③ 3-정규그래프

④ 4-정규그래프

⑧ 2-정규그래프

⑪ 4-정규그래프

⑭ 3-정규그래프

(d)

완전그래프는 없다.

12.

(a)

연결그래프가 아닌 것 : ①, ⑧

(b)

평면그래프인 것 : ②, ③, ⑤, ⑥, ⑦, ⑨, ⑩, ⑫, ⑭, ⑮

② $s = 7$

③ $s = 6$

⑤ $s = 4$

⑥ $s = 3$

⑦ $s = 3$

⑨ $s = 9$

⑩ $s = 7$

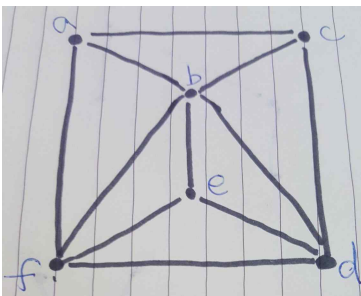
⑫ $s = 2$

⑭ $s = 5$

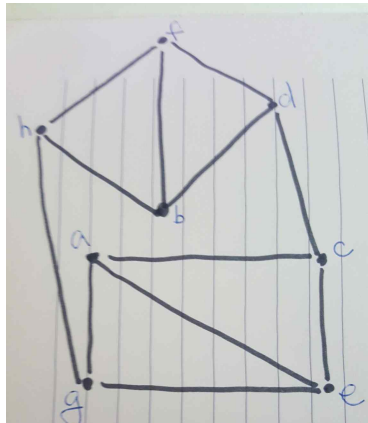
⑮ $s = 8$

(c)

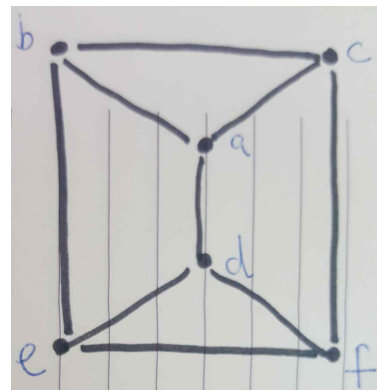
②



③



⑭



13.

(a)

그래프의 모든 정점이 짝수이거나 홀수인 정점이 2개 포함된 그래프 : ④, ⑤, ⑥, ⑪, ⑮

이 중 오일러 순환을 갖는 그래프 : ④, ⑪, ⑮

경로의 예에 대한 풀이 생략(다양한 경로도 존재할 수 있다.)

(b)

해밀턴 경로를 갖는 그래프 : ②, ③, ④, ⑤, ⑥, ⑦, ⑨, ⑩, ⑪, ⑫, ⑬, ⑭, ⑮

해밀턴 순환을 갖는 그래프 : ②, ③, ④, ⑤, ⑨, ⑩, ⑪, ⑬, ⑭, ⑮

경로의 예에 대한 풀이 생략(다양한 경로가 존재할 수 있다.)

14.

(a)

② $a-b-c-d-e-f$

③ $a-c-d-b-f-h-g-e$

④ $a-e-b-f-c-g-d-h$

⑤ $a-b-c-d-e$

⑥ $a-b-c-e-d-f$

⑦ $a-d-b-c-e-f-g-h$

⑨ $a-b-c-e-d-g-h-i-f$

⑩ $a-b-d-e-c$

⑪ $a-b-c-d-e-f-g-h$

⑫ $a-b-c-e-d-g-h-f$

⑬ $a-c-d-e-b-f-g-i-h$

⑭ $a-b-c-f-d-e$

⑮ $a-g-f-l-e-k-d-j-c-i-b-h$

(b)

② $a-b-c-f-d-e$

③ $a-c-e-g-d-h-b-f$

④ $a-e-f-g-h-b-c-d$

⑤ $a-b-c-d-e$

⑥ $a-b-e-c-f-d$

⑦ $a-d-b-c-e-f-g-h$

⑨ $a-b-d-e-c-g-f-h-i$

⑩ $a-b-c-e-d$

⑪ $a-b-d-f-h-c-e-g$

⑫ $a-b-d-e-f-c-g-h$

⑬ $a-c-d-e-f-h-b-i-g$

⑭ $a-b-c-d-e-f$

⑮ $a-g-h-f-l-b-i-e-k-c-j-d$

15.

(a)

그래프의 모든 정점이 짝수이거나 홀수인 정점이 2개 포함된 그래프 : ①, ③, ④, ⑤

이 중 오일러 순환을 갖는 그래프 : ①, ④

① $a-b-f-d-b-c-e-f-a$

③ $b-c-a-e-d-c$

④, ⑤ 경로의 예에 대한 풀이 생략(다양한 경로가 존재할 수 있다.)

(b)

해밀턴 경로를 갖는 그래프 : ①, ③, ④, ⑥

해밀턴 순환을 갖는 그래프 : ⑤

① 해밀턴 경로 : $a-b-c-e-f-d$ / 해밀턴 순환은 구할 수 없다.

② 해밀턴 경로와 순환 모두 구할 수 없다.

③ 해밀턴 경로 : $b-c-a-e-d$ / 해밀턴 순환은 구할 수 없다.

④, ⑤, ⑥ 경로의 예에 대한 풀이 생략(다양한 경로가 존재할 수 있다.)

16.

(a)

① 1) 정점 a 에 인접하면서 탐색하지 않은 정점 c, d, f 중 정점 c 탐색 : $a-c$

2) 정점 c 에 인접하면서 탐색하지 않은 정점 b, d 중 정점 b 탐색 : $a-c-b$

3) 정점 b 에 인접하면서 탐색하지 않은 정점 e 탐색 : $a-c-b-e$

4) 정점 e 에 인접하면서 탐색하지 않은 정점 f 탐색 : $a-c-b-e-f$

5) 정점 f 에 인접하면서 탐색하지 않은 정점 d 탐색 : $a-c-b-e-f-d$

6) 정점 d 에 인접하면서 탐색하지 않은 정점이 없으므로 정점 f 로 백트래킹

7) 정점 f 에 인접하면서 탐색하지 않은 정점이 없으므로 정점 e 로 백트래킹

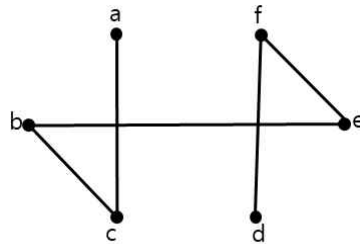
8) 정점 e 에 인접하면서 탐색하지 않은 정점이 없으므로 정점 b 로 백트래킹

9) 정점 b 에 인접하면서 탐색하지 않은 정점이 없으므로 정점 c 로 백트래킹

10) 정점 c 에 인접하면서 탐색하지 않은 정점이 없으므로 정점 a 로 백트래킹

11) 정점 a 에 인접하면서 탐색하지 않은 정점이 없고 시작정점으로 돌아왔으므로 탐색 종료

\therefore 깊이 우선 탐색 $a-c-b-e-f-d$



② 1) 정점 a 에 인접하면서 탐색하지 않은 정점 b, d, f, g 중 정점 b 탐색 : $a-b$

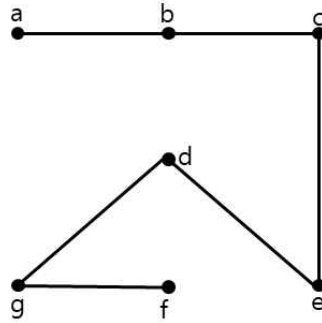
2) 정점 b 에 인접하면서 탐색하지 않은 정점 c, d, e 중 정점 c 탐색 : $a-b-c$

3) 정점 c 에 인접하면서 탐색하지 않은 정점 e, f 중 정점 e 탐색 : $a-b-c-e$

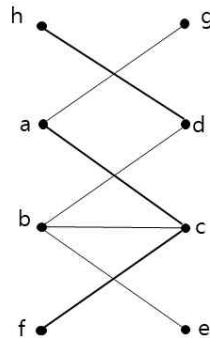
4) 정점 e 에 인접하면서 탐색하지 않은 정점 d, f 중 정점 d 탐색 : $a-b-c-e-d$

5) 정점 d 에 인접하면서 탐색하지 않은 정점 g 탐색 : $a-b-c-e-d-g$

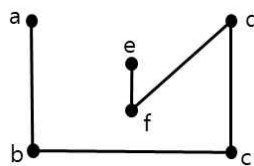
- 6) 정점 g 에 인접하면서 탐색하지 않은 정점 f 탐색 : $a-b-c-e-d-g-f$
 - 7) 정점 f 에 인접하면서 탐색하지 않은 정점이 없으므로 정점 g 로 백트래킹
 - 8) 정점 g 에 인접하면서 탐색하지 않은 정점이 없으므로 정점 d 로 백트래킹
 - 9) 정점 d 에 인접하면서 탐색하지 않은 정점이 없으므로 정점 e 로 백트래킹
 - 10) 정점 e 에 인접하면서 탐색하지 않은 정점이 없으므로 정점 c 로 백트래킹
 - 11) 정점 c 에 인접하면서 탐색하지 않은 정점이 없으므로 정점 b 로 백트래킹
 - 12) 정점 b 에 인접하면서 탐색하지 않은 정점이 없으므로 정점 a 로 백트래킹
 - 13) 정점 a 에 인접하면서 탐색하지 않은 정점이 없고 시작 정점으로 돌아왔으므로 탐색 종료
- \therefore 깊이 우선 탐색 : $a-b-c-e-d-g-f$



③ 깊이 우선 탐색 : $a-c-b-d-h-e-f-g$



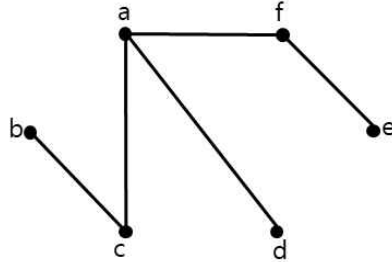
④ 깊이 우선 탐색 : $a-b-c-d-f-e$



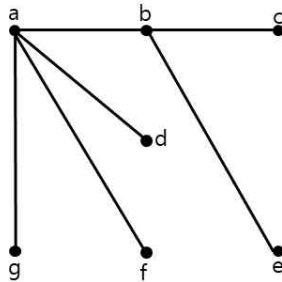
(b)

- ① 1) 정점 a 에 인접하면서 탐색하지 않은 정점 c, d, f 중 정점 c 탐색 : $a-c$
- 2) 정점 a 에 인접하면서 탐색하지 않은 정점 d, f 중 정점 d 탐색 : $a-c-d$
- 3) 정점 a 에 인접하면서 탐색하지 않은 정점 f 탐색 : $a-c-d-f$
- 4) 탐색했던 정점 c, d, f 중 가장 먼저 탐색했던 c 에 인접하면서 탐색하지 않은 정점 b 탐색 : $a-c-d-f-b$

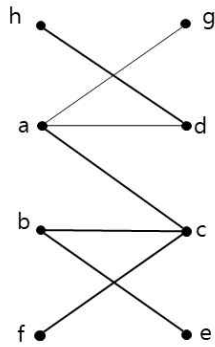
- 5) 탐색했던 정점 c, d, f 중 가장 두 번째로 탐색했던 d 에 인접하면서 탐색하지 않은 정점 없음
 6) 탐색했던 정점 c, d, f 중 마지막으로 탐색했던 f 에 인접하면서 탐색하지 않은 정점 e 탐색 :
 $a - c - d - f - b - e$
 7) 탐색했던 정점 b 에 인접하면서 탐색하지 않은 정점 없음.
 8) 탐색했던 정점 e 에 인접하면서 탐색하지 않은 정점 없고 더 이상 탐색할 정점이 없으므로 탐색 종료.
 \therefore 너비 우선 탐색 : $a - c - d - f - b - e$



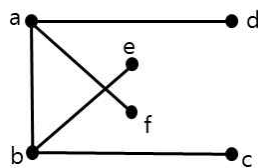
- ② 1) 정점 a 에 인접하면서 탐색하지 않은 정점 b, d, f, g 중 정점 b 탐색 : $a - b$
 2) 정점 a 에 인접하면서 탐색하지 않은 정점 d, f, g 중 정점 d 탐색 : $a - b - d$
 3) 정점 a 에 인접하면서 탐색하지 않은 정점 f, g 중 정점 f 탐색 : $a - b - d - f$
 4) 정점 a 에 인접하면서 탐색하지 않은 정점 g 중 정점 g 탐색 : $a - b - d - f - g$
 5) 탐색했던 정점 b, d, f, g 중 가장 먼저 탐색했던 정점 b 에 인접하면서 탐색하지 않은 정점 c, e 중 정점 c 탐색 : $a - b - d - f - g - c$
 6) 탐색했던 정점 b, d, f, g 중 가장 먼저 탐색했던 정점 b 에 인접하면서 탐색하지 않은 정점 e 탐색 : $a - b - d - f - g - c - e$
 7) 탐색했던 정점 b, d, f, g 중 두 번째로 탐색했던 정점 d 에 인접하면서 탐색하지 않은 정점 없음.
 8) 탐색했던 정점 b, d, f, g 중 세 번째로 탐색했던 정점 f 에 인접하면서 탐색하지 않은 정점 없음.
 9) 탐색했던 정점 b, d, f, g 중 마지막으로 탐색했던 정점 g 에 인접하면서 탐색하지 않은 정점 없음.
 10) 탐색했던 정점 c, e 중 가장 먼저 탐색했던 정점 c 에 인접하면서 탐색하지 않은 정점 없음
 11) 탐색했던 정점 c, e 중 가장 먼저 탐색했던 정점 c 에 인접하면서 탐색하지 않은 정점 없고 더 이상 탐색할 정점이 없으므로 탐색 종료
 \therefore 너비 우선 탐색 : $a - b - d - f - g - c - e$



③ 너비 우선 탐색 : $a - c - d - g - b - f - h - e$



④ 너비 우선 탐색 : $a - b - d - f - c - e$



17.

(a)

단계	탐색 전 최단경로집합(S) 남은 정점집합(V_S)	$D[b]$	$D[c]$	$D[d]$	최단 경로 정점	탐색 후 최단경로집합(S) 남은 정점집합(V_S)
(1)	$V_S = \{a, b, c, d\}$ $S = \emptyset$	∞	∞	∞	a	$V_S = \{a, b, c, d\}$ $S = \{a\}$
(2)	$V_S = \{a, b, c, d\}$ $S = \{a\}$	15	17	∞	b	$V_S = \{c, d\}$ $S = \{a, b\}$
(3)	$V_S = \{c, d\}$ $S = \{a, b\}$	15	17	35	c	$V_S = \{d\}$ $S = \{a, b, c\}$
(4)	$V_S = \{d\}$ $S = \{a, b, c\}$	15	17	28	d	$V = \emptyset$ $S = \{a, b, c, d\}$

(b)

단계	탐색 전 최단경로집합(S) 남은 정점집합(V_S)	$D[b]$	$D[c]$	$D[d]$	$D[e]$	$D[f]$	$D[g]$	최단 경로 정점	탐색 후 최단경로집합(S) 남은 정점집합(V_S)
(1)	$V_S = \{a, b, c, d, e, f, g\}$ $S = \emptyset$	∞	∞	∞	∞	∞	∞	a	$V_S = \{b, c, d, e, f, g\}$ $S = \{a\}$
(2)	$V_S = \{b, c, d, e, f, g\}$ $S = \{a\}$	20	∞	13	∞	8	∞	f	$V_S = \{b, c, d, e, g\}$ $S = \{a, f\}$
(3)	$V_S = \{b, c, d, e, g\}$ $S = \{a, f\}$	20	19	13	∞	8	∞	d	$V_S = \{b, c, e, g\}$ $S = \{a, f, d\}$
(4)	$V_S = \{b, c, e, g\}$ $S = \{a, f, d\}$	20	19	13	23	8	22	c	$V_S = \{b, e, g\}$ $S = \{a, f, d, c\}$
(5)	$V_S = \{b, e, g\}$ $S = \{a, f, d, c\}$	20	19	13	23	8	22	b	$V_S = \{e, g\}$ $S = \{a, f, d, c, b\}$
(6)	$V_S = \{e, g\}$ $S = \{a, f, d, c, b\}$	20	19	13	23	8	22	g	$V_S = \{e\}$ $S = \{a, f, d, c, b, g\}$
(7)	$V_S = \{e\}$ $S = \{a, f, d, c, b, g\}$	20	19	13	23	8	22	e	$V_S = \emptyset$ $S = \{a, f, d, c, b, g, e\}$

(c)

단계	탐색 전 최단경로집합(S) 남은 정점집합(V_S)	$D[b]$	$D[c]$	$D[d]$	$D[e]$	$D[f]$	$D[g]$	최단 경로 정점	탐색 후 최단경로집합(S) 남은 정점집합(V_S)
(1)	$V_S = \{a, b, c, d, e, f, g\}$ $S = \emptyset$	∞	∞	∞	∞	∞	∞	a	$V_S = \{b, c, d, e, f, g\}$ $S = \{a\}$
(2)	$V_S = \{b, c, d, e, f, g\}$ $S = \{a\}$	∞	10	∞	∞	∞	5	g	$V_S = \{b, c, d, e, f\}$ $S = \{a, g\}$
(3)	$V_S = \{b, c, d, e, f\}$ $S = \{a, g\}$	∞	10	9	∞	14	5	d	$V_S = \{b, c, e, f\}$ $S = \{a, g, d\}$
(4)	$V_S = \{b, c, e, f\}$ $S = \{a, g, d\}$	∞	10	9	∞	14	5	c	$V_S = \{b, e, f\}$ $S = \{a, g, d, c\}$
(5)	$V_S = \{b, e, f\}$ $S = \{a, g, d, c\}$	18	10	9	∞	14	5	f	$V_S = \{b, e\}$ $S = \{a, g, d, c, f\}$
(6)	$V_S = \{b, e\}$ $S = \{a, g, d, c, f\}$	17	10	9	28	14	5	b	$V_S = \{e\}$ $S = \{a, g, d, c, f, b\}$
(7)	$V_S = \{e\}$ $S = \{a, g, d, c, f, b\}$	17	10	9	28	14	5	e	$V_S = \emptyset$ $S = \{a, g, d, c, f, b, e\}$

(d)

단계	탐색 전 최단경로집합(S) 남은 정점집합(V_S)	$D[b]$	$D[c]$	$D[d]$	$D[e]$	$D[f]$	$D[g]$	$D[h]$	최단 경로 정점	탐색 후 최단경로집합(S) 남은 정점집합(V_S)
(1)	$V_S = \{a, b, c, d, e, f, g, h\}$ $S = \emptyset$	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	a	$V_S = \{b, c, d, e, f, g, h\}$ $S = \{a\}$
(2)	$V_S = \{b, c, d, e, f, g, h\}$ $S = \{a\}$	3	2	5	∞	∞	∞	∞	c	$V_S = \{b, d, e, f, g, h\}$ $S = \{a, c\}$
(3)	$V_S = \{b, d, e, f, g, h\}$ $S = \{a, c\}$	3	2	5	8	8	∞	∞	b	$V_S = \{d, e, f, g, h\}$ $S = \{a, c, b\}$
(4)	$V_S = \{d, e, f, g, h\}$ $S = \{a, c, b\}$	3	2	5	7	6	∞	∞	d	$V_S = \{e, f, g, h\}$ $S = \{a, c, b, d\}$
(5)	$V_S = \{e, f, g, h\}$ $S = \{a, c, b, d\}$	3	2	5	7	6	10	9	f	$V_S = \{e, g, h\}$ $S = \{a, c, b, d, f\}$
(6)	$V_S = \{e, g, h\}$ $S = \{a, c, b, d, f\}$	3	2	5	7	6	10	9	e	$V_S = \{g, h\}$ $S = \{a, c, b, d, f, e\}$
(7)	$V_S = \{g, h\}$ $S = \{a, c, b, d, f, e\}$	3	2	5	7	6	8	9	g	$V_S = \{h\}$ $S = \{a, c, b, d, f, e, g\}$
(8)	$V_S = \{h\}$ $S = \{a, c, b, d, f, e, h\}$	3	2	5	7	6	8	9	h	$V_S = \emptyset$ $S = \{a, c, b, d, f, e, g, h\}$

18.

(a)

탐색 후 최단경로집합(S) 남은 정점집합(V_S)
$V_S = \emptyset$ $S = \{a, b, d, e, c\}$

(b)

탐색 후 최단경로집합(S) 남은 정점집합(V_S)
$V_S = \emptyset$ $S = \{a, d, e, g, c, f, b, h\}$

(c)

탐색 후 최단경로집합(S) 남은 정점집합(V_S)
$V_S = \emptyset$ $S = \{a, f, c, e, d, b\}$

(d)

탐색 후 최단경로집합(S) 남은 정점집합(V_S)
$V_S = \emptyset$ $S = \{a, e, c, b, d, f\}$