

Árboles B+

# CONCEPTOS DE BASES DE DATOS

# ÁRBOLES B+

Los árboles B+ constituyen una mejora sobre los árboles B, pues conservan la propiedad de acceso aleatorio rápido y permiten además un recorrido secuencial rápido. En un árbol B+ todas las claves se encuentran en hojas, duplicándose en la raíz y nodos interiores aquellas que resulten necesarias para definir los caminos de búsqueda. Para facilitar el recorrido secuencial rápido las hojas se pueden vincular, obteniéndose, de esta forma, una trayectoria secuencial para recorrer las claves del árbol.

# ÁRBOLES B+-INSERTIÓN-OVERFLOW

Cuando desea insertarse una clave en un nodo que se encuentra lleno, el nodo afectado se divide en 2, distribuyéndose las claves lo más equitativamente posible. Una copia de la clave del medio se escribe en el nodo padre. Es decir, el nodo con overflow se parte al medio, una copia de la clave va al padre y la clave se inserta en el nodo derecho. La copia de la clave **solo** se realiza en un overflow ocurrido a nivel de hoja. Si el overflow es en nodo interno se procede igual que en árboles b, divide y promociona.

# ÁRBOLES B+- INSERCIÓN EJEMPLOS

Sea el siguiente árbol B+ con capacidad para 3 claves, orden 4. Con el presente estado inicial.

Árbol:

Nodo 0: 1, i, 1(63)2

Nodo 1: 2, i, 3(24)4(38)5

Nodo 3: 2, h, (10)(19) ->4

Nodo 4: 3, h, (24)(31)(35) ->5

Nodo 5: 2, h, (38)(60) ->6

Nodo 2: 1, i, 6(80)7

Nodo 6: 3, h, (63)(65)(72) ->7

Nodo 7: 2, h, (80)(87) ->-1

**Realizar el alta de la clave 28**

# ÁRBOLES B+- INSERCIÓN EJEMPLOS

Resultado del alta de la clave 28:

L0,L1,L4,E4,E8,E1

Árbol generado:

Nodo 0: 1, i, 1(63)2

Nodo 1: 3, i, 3(24)4(31)8(38)5

Nodo 3: 2, h, (10)(19) ->4

Nodo 4: 2, h, (24)(28) ->8

Nodo 8: 2, h, (31)(35) ->5

Nodo 2: 1, i, 6(80)7

Nodo 5: 2, h, (38)(60) ->6

Nodo 6: 3, h, (63)(65)(72) ->7

Nodo 7: 2, h, (80)(87) ->-1

5

# ÁRBOLES B+- ELIMINACIÓN

Las claves a eliminar siempre se encuentran en las páginas hojas. En general deben distinguirse los siguientes casos, dado un árbol b + de orden n:

- ▶ Si al eliminar una clave, la cantidad de llaves queda mayor o igual que  $n/2-1$  entonces termina la operación. Las claves de los nodos raíz o internos no se modifican por más que sean una copia de la clave eliminada en las hojas.
- ▶ Si al eliminar una clave, la cantidad de llaves queda menor que  $n/2-1$  entonces se debe resolver el underflow.

# ÁRBOLES B+- ELIMINACIÓN-UNDERFLOW

Para solucionar el underflow, se procede igual a lo visto en árboles b, de acuerdo a la política indicada.

En caso de no poder balancear la carga se deberá fusionar el nodo con underflow con su hermano adyacente, se pierde el señalador padre.

# ÁRBOLES B+- ELIMINACIÓN-UNDERFLOW-EJEMPLOS

## Política izquierda y derecha

Árbol generado:

Nodo 0: 1, i, 1(63)2

Nodo 1: 3, i, 3(24)4(31)8(38)5

Nodo 3: 2, h, (10)(19) ->4

Nodo 4: 2, h, (24)(28) ->8

Nodo 8: 2, h, (31)(35) ->5

Nodo 5: 2, h, (38)(60) ->6

Nodo 2: 1, i, 6(80)7

Nodo 6: 1, h, (63) ->7

Nodo 7: 1, h, (80) ->-1

Nodo 0: 1, i, 1(63)2

Nodo 1: 3, i, 3(24)4(31)8(38)5

Nodo 3: 2, h, (10)(19) ->4

Nodo 4: 2, h, (24)(28) ->8

Nodo 8: 2, h, (31)(35) ->5

Nodo 5: 2, h, (38)(60) ->6

Nodo 2: 1, i, 6(80)7

Nodo 6: 1, h, (63) ->7

Nodo 7: 0, h, () ->-1 underflow

Realizar baja del 80



# ÁRBOLES B+- ELIMINACIÓN-UNDERFLOW-EJEMPLOS

Resultado de la baja de la clave 80:

L0,L2,L7,L6,L1,E6,E1,E2,E0 -- Libre 7

Árbol resultante:

Nodo 0: 1, i, 1(38)2

Nodo 1: 2, i, 3(24)4(31)8

Nodo 3: 2, h, (10)(19) ->4

Nodo 4: 2, h, (24)(28) ->8

Nodo 8: 2, h, (31)(35) ->5

Nodo 2: 1, i, 5(63)6

Nodo 5: 2, h, (38)(60) ->6

Nodo 6: 1, h, (63) ->-1

**Realizar baja de la clave 63**

# ÁRBOLES B+- ELIMINACIÓN-UNDERFLOW-EJEMPLOS

Resultado de la baja de la clave 63:

**Política izquierda y derecha**

L0L2L6L5E5E6E2

Árbol generado:

Nodo 0: 1, i, 1(38)2

Nodo 1: 2, i, 3(24)4(31)8

Nodo 3: 2, h, (10)(19) ->4

Nodo 4: 2, h, (24)(28) ->8

Nodo 8: 2, h, (31)(35) ->5

Nodo 2: 1, i, 5(60)6

Nodo 5: 1, h, (38) ->6

Nodo 6: 1, h, (60) ->-1

Realizar baja de las claves 24 y 28- **Política izquierda y derecha**

10

# ÁRBOLES B+- ELIMINACIÓN-UNDERFLOW-EJEMPLOS

Resultado baja 24 y 28-

**Política izquierda y derecha**

**L0L1L4L3E3E1**

Árbol generado:

Nodo 0: 1, i, 1(38)2

**Nodo 1: 2, i, 3(19)4(31)8**

**Nodo 3: 1, h, (10) ->4**

**Nodo 4: 1, h, (19) ->8**

**Nodo 8: 2, h, (31)(35) ->5**

Nodo 2: 1, i, 5(60)6

**Nodo 5: 1, h, (38) ->6**

**Nodo 6: 1, h, (60) ->-1**

11