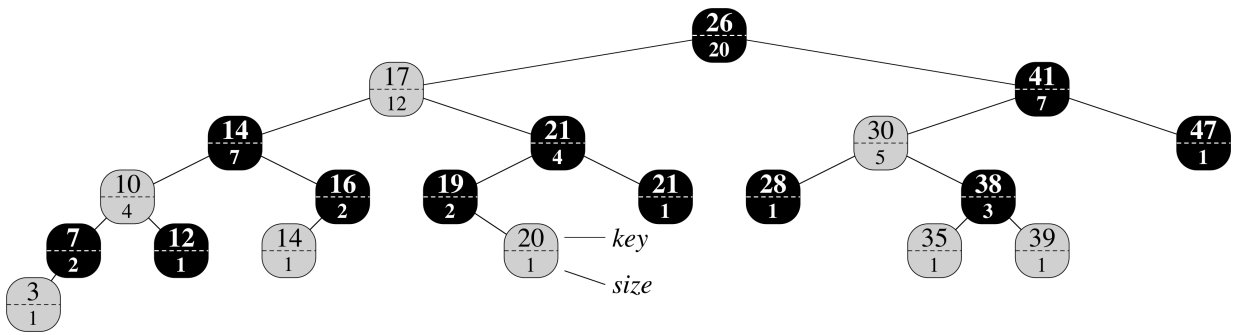
Binære søgetræer med ekstra information i knuderne

Tilføj ekstra information i knuderne

Konkret eksempel på ekstra information i knuder:

> Alle knuder gemmer størrelsen af deres undertræ (dvs. antallet af knuder i deres undertræ).

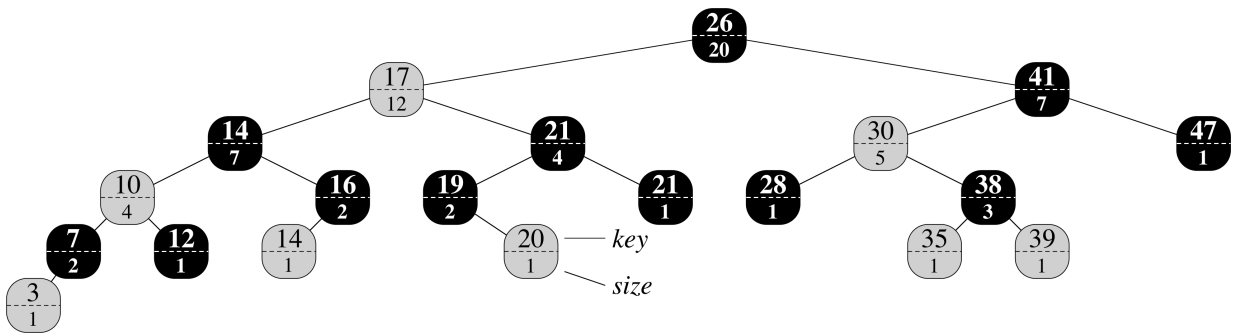
Et binært søgetræ (rød-sort) med denne information tilføjet:



Ny funktionalitet

Målet med ekstra information i knuderne er at tilføje ekstra funktionalitet. F.eks. kan man i eksemplet ovenfor (med størrelse af undertræer gemt i knuder) udføre flg. operationer i $O(\log n)$ tid:

- Find rang af en given nøgle.
- Find nøgle som har en given rang.

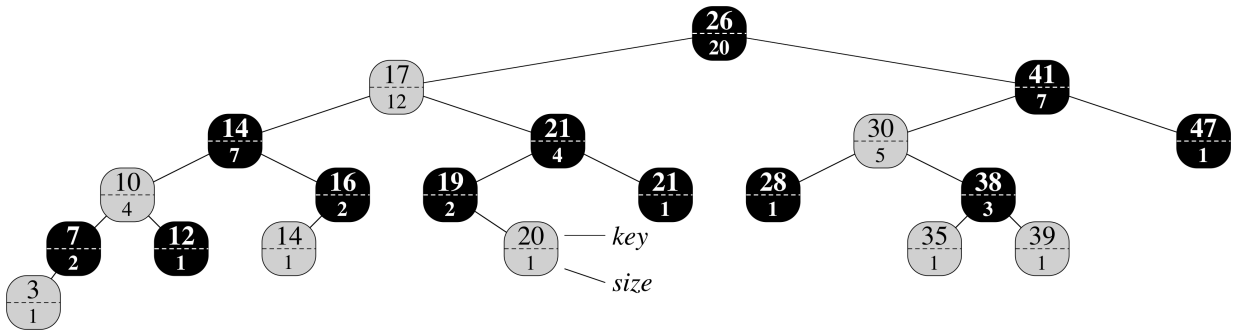


Her er rang nøglens nummer i sorteret orden (blandt de gemte).

Nøgle:	3	7	10	12	14	14	16	17	19	20	21	⋯
Rang:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	⋯

Ny funktionalitet

- Find rang af en given nøgle.
- Find nøgle som har en given rang.



OS-RANK(T, x)

$r = x.left.size + 1$
$y = x$
while $y \neq T.root$
    if $y == y.p.right$
        $r = r + y.p.left.size + 1$
    $y = y.p$
return r

OS-SELECT(x, i)

$r = x.left.size + 1$
if $i == r$
    return x
elseif $i < r$
    return OS-SELECT$(x.left, i)$
else return OS-SELECT$(x.right, i - r)$

Vedligehold den ekstra information i knuderne

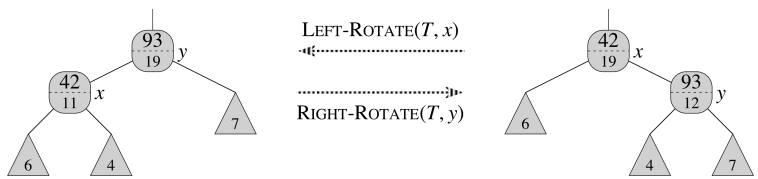
Antag følgende egenskab gælder for den ekstra information:

> Hvis en knudes to børns værdier k_1 og k_2 allerede er korrekte, kan knudes egen værdi k beregnes i $O(1)$ tid. Blades værdier kan beregnes i $O(1)$ tid.

I eksemplet ovenfor: k kan findes som $1 + k_1 + k_2$.

Af antagelsen følger, at værdierne kan vedligeholdes under updates i rød-sorte søgetræer, og dette uden at ændre $O(\log n)$ køretiden:

- Knuder uden for sti fra indsat/slettet knude til rod skal ikke have deres værdi ændret (bottom-up beregning giver uændret resultat).
- Under rebalancering: genberegn for berørte knuder efter hver rotation og efter hvert skridt opad. Til sidst: genberegn på sti fra sidste rebalanceringssted til rod.



Andre eksempler

Kravet til den ekstra information i knuder:

> Hvis en knudes to børns værdier k_1 og k_2 allerede er korrekte, kan knudes egen værdi k beregnes i $O(1)$ tid. Blades værdier kan beregnes i $O(1)$ tid.

Flere eksempler på information som opfylder dette:

- Maksimum af data-værdier i undertræet.
- Minimum af data-værdier i undertræet.
- Sum af data-værdier i undertræet.

Via informationen kan man tilføje yderligere funktionalitet til træet. F.eks. kan man søge efter elementer med den maksimale dataværdi. Eller man kan finde gennemsnittet af dataværdierne i en knudes undertræ (gennemsnit = sum af værdier/antal knuder).