



## Εργαστήριο 7

Εαρινό Εξάμηνο 2010-2011

### Στόχοι του εργαστηρίου

---

- Δομές δεδομένων (συνέχεια)
- Αριθμητική κινητής υποδιαστολής

### Δομές Δεδομένων (συνέχεια)

---

#### Διαγραφή κόμβου από ένα δυαδικό δέντρο αναζήτησης

Εκτός από την εισαγωγή κόμβων σε ένα δέντρο και την εκτύπωση τους στην οθόνη, υπάρχει περίπτωση να θέλουμε να διαγράψουμε έναν κόμβο από ένα δέντρο. Η διαγραφή ενός κόμβου είναι πιο δύσκολη πράξη σε σχέση με τις δύο προηγούμενες.

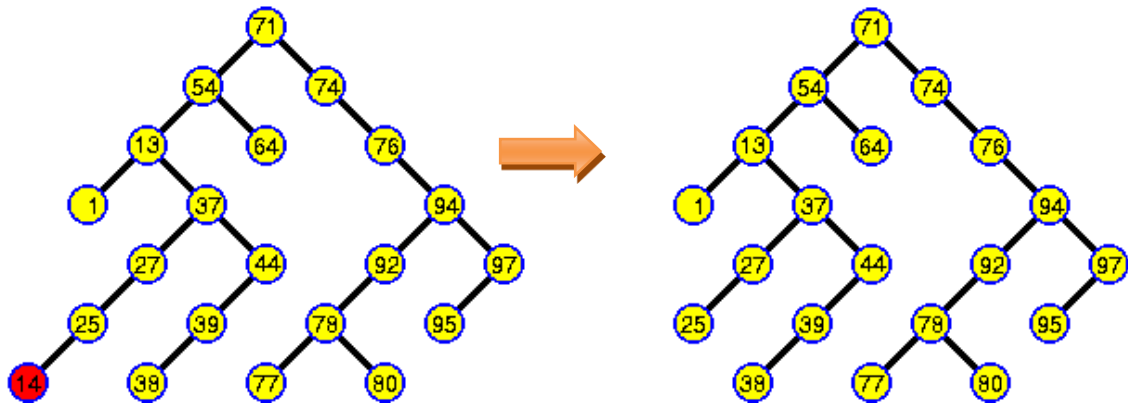
Για την διαγραφή ενός κόμβου, υπάρχουν 3 περιπτώσεις:

- Ο κόμβος που θα διαγραφεί είναι φύλλο
- Ο κόμβος που θα διαγραφεί έχει μόνο ένα παιδί
- Ο κόμβος που θα διαγραφεί έχει δύο παιδιά

#### 1<sup>η</sup> περίπτωση: ο κόμβος που θα διαγραφεί είναι φύλλο

Είναι η πιο απλή περίπτωση, αλλάζουμε τον κατάλληλο δείκτη από το πατέρα του κόμβου έτσι ώστε να δείχνει σε NULL.

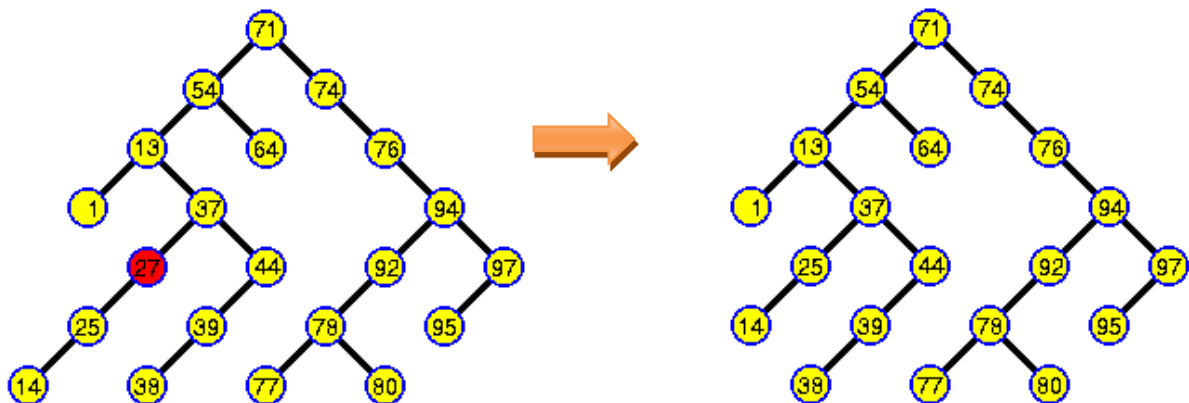
**Παράδειγμα:** διαγραφή του κόμβου 14



2<sup>η</sup> περίπτωση: ο κόμβος που θα διαγραφεί έχει μόνο ένα παιδί

Εφόσον ο κόμβος που θα διαγράψουμε συνδέεται με δύο κόμβους (με τον πατέρα του και το παιδί του), απλά συνδέουμε το πατέρα του κόμβου που διαγράψουμε απευθείας με το παιδί του.

**Παράδειγμα:** διαγραφή του κόμβου 27

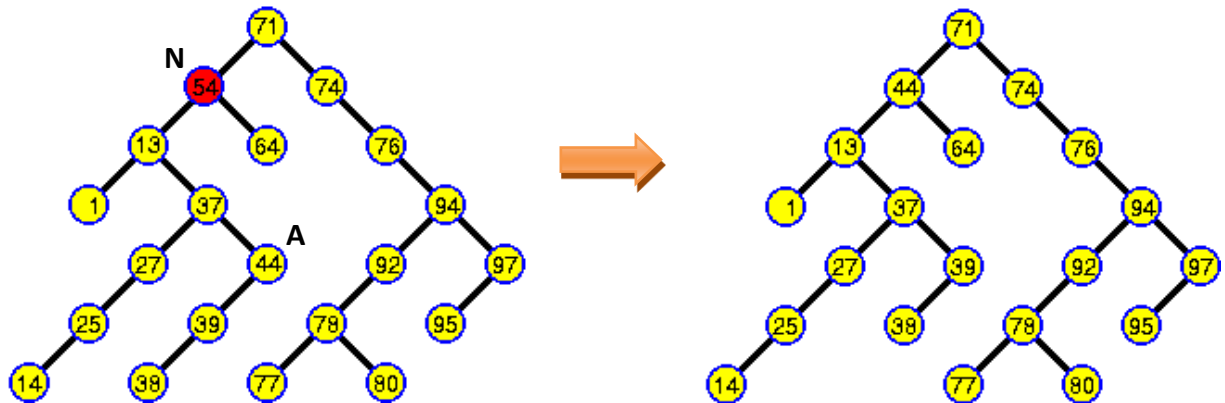


3<sup>η</sup> περίπτωση: ο κόμβος που θα διαγραφεί έχει δύο παιδιά

Βρίσκουμε τον κόμβο που θα διαγράψουμε, έστω N. Στην συνέχεια βρίσκουμε τον κόμβο με την αμέσως μικρότερη τιμή: ξεκινάμε από το αριστερό παιδί του N και ακολουθούμε το μονοπάτι των δεξιών παιδιών μέχρι που να μην υπάρχει άλλο παιδί. Ο τελευταίος κόμβος αυτού του μονοπατιού, έστω A, είναι ο αντικαταστάτης. Με άλλα λόγια, ψάχνουμε να βρούμε τον κόμβο A που είναι ο κοντινότερα μικρότερος κόμβος στον κόμβο που θα σβήσουμε.

Στην συνέχεια, ανταλλάζουμε τα περιεχόμενα των κόμβων N και A και στην συνέχεια διαγράφουμε τον A. (Πρέπει να σημειωθεί ότι η διαγραφή του A θα είναι τύπου 1<sup>ης</sup> ή 2<sup>ης</sup> περίπτωσης εφόσον θα έχει το πολύ 1 παιδί.)

**Παράδειγμα:** διαγραφή του κόμβου 54 (N = 54 και A = 44)



## Αριθμητική κινητής υποδιαστολής σε MIPS

Για τις πράξεις κινητής υποδιαστολής, χρησιμοποιούμε ξεχωριστούς καταχωρητές. Έχουμε στην διάθεσή μας 32 καταχωρητές απλής ακρίβειας: \$f0, ... , \$f31. Σε περίπτωση που χρειαζόμαστε διπλή ακρίβεια, τότε χρησιμοποιούμε ζεύγη καταχωρητών \$f0/\$f1, ... , \$f30/\$f31.

Παρακάτω παρουσιάζεται ένα παράδειγμα χρήσης εντολών κινητής υποδιαστολής.

```
#####
.data
valA: .float 8.32
valB: .float -0.6234e4
nl: .asciiz "\n"

.align 2
array: .space 8

#####
.text
.globl main

main:
    la    $t0, array

    # read float, add valA and store in array[0]
    li    $v0, 6
    syscall
    l.s   $f2, valA
    add.s $f0, $f0, $f2
    s.s   $f0, 0($t0)

    # read float, sub valB and store in array[1]
    syscall
    l.s   $f2, valB
    sub.s $f0, $f0, $f2
```

```

s.s    $f0, 4($t0)

# print array[0]
li     $v0, 2
l.s    $f12, 0($t0)
syscall

# print new line
li     $v0, 4
la     $a0, nl
syscall

# print array[1]
li     $v0, 2
l.s    $f12, 4($t0)
syscall

# exit program
li     $v0, 10
syscall

```

**Για το επόμενο εργαστήριο (26-27/05/2011) έχετε να υλοποιήσετε τις 2 παρακάτω εργαστηριακές ασκήσεις. Την ώρα του εργαστηρίου θα εξετασθείτε προφορικά πάνω στους κώδικες που θα παραδώσετε.**

**Για την περιγραφή των παρακάτω ασκήσεων θα χρησιμοποιήσουμε την εξής αναπαράσταση κόμβων:**

**Κόμβος δέντρου:**

```

typedef struct btree {
    int data;
    struct btree *left, *right;
} nodeT;

```

## Άσκηση 1 (5 μονάδες) – Δυαδικό δέντρο αναζήτησης

Σε αυτήν την άσκηση, θα επεκτείνετε την 2<sup>η</sup> άσκηση του Lab 5 (ο λύση της άσκησης αυτής βρίσκεται στο site του μαθήματος) έτσι ώστε να υποστηρίζει και την διαγραφή κόμβου. Επίσης, η main θα εμφανίζει το εξής μενού επιλογής στον χρήστη :

```

1. Insert node
2. Delete node
3. Print tree (in-order)
4. Exit
What do you want to do?

```

Θα διαβάζει την επιλογή του χρήστη και θα καλέσει την ανάλογη συνάρτηση.

Η συνάρτηση **nodeT\* deleteElement(nodeT \*root, int element)** δέχεται σαν όρισμα έναν δείκτη root που είναι η ρίζα του δυαδικού δέντρου αναζήτησης και έναν ακέραιο element που είναι το στοιχείο που θέλουμε να διαγράψουμε από το δυαδικό δέντρο αναζήτησης. Η συνάρτηση επιστρέφει την ρίζα του δυαδικού δέντρου αναζήτησης.

Σε περίπτωση που ο χρήστης δώσει ακέραιο που δεν βρίσκεται στο δέντρο τότε η συνάρτηση εκτυπώνει ένα κατάλληλο μήνυμα και επιστρέφει την ρίζα που πήρε σαν όρισμα.

## Άσκηση 2 (5 μονάδες) – Αριθμητική κινητής υποδιαστολής

---

Η σειρά Taylor υπολογίζει την τιμή μιας συνάρτησης  $f(x)$  σε ένα σημείο  $x$  του πεδίου ορισμού της σύμφωνα με τον γενικό τύπο:

$$f(x) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{f^{(k)}(0)}{k!} x^k$$

Για παράδειγμα, η σειρά Taylor για το ημίτονο  $\sin(x)$  είναι η εξής:

$$\sin(x) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k}{(2k+1)!} x^{2k+1} = x - \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} - \frac{x^7}{7!} \dots, -\infty < x < \infty$$

Η άσκηση αυτή σας ζητάει να αναπτύξετε ένα πρόγραμμα σε MIPS assembly που να δέχεται σαν είσοδο την τιμή του  $x$  (float), την πραγματική τιμή του  $\sin(x)$  με άπειρη ακρίβεια, καθώς και ένα ελάχιστο σφάλμα (error)  $\epsilon$ , και να υπολογίζει μία προσέγγιση του  $\sin(x)$  χρησιμοποιώντας την σειρά Taylor. Οι είσοδοι αυτοί μπορούν να δίνονται είτε από την κονσόλα, είτε να αποθηκεύονται στην μνήμη στο .data segment ως floats.

Το προσεγγιστικό αποτέλεσμα που θα πρέπει να υπολογίσετε χρησιμοποιώντας αριθμητική κινητής υποδιαστολής, δεν θα πρέπει να απέχει, κατ' απόλυτη τιμή, από την πραγματική τιμή του  $\sin(x)$  περισσότερο από  $\epsilon$ .

Στο τέλος του προγράμματος, θα πρέπει να τυπώνετε το  $x$ , την πραγματική τιμή του  $\sin(x)$ , την προσεγγιστική τιμή του  $\sin(x)$  και την τελική τιμή του  $k$ .

**Υπόδειξη:** Μια συνηθισμένη τιμή που χρησιμοποιείται για το error είναι  $10^{-4}$  ή  $10^{-5}$ .

Θα πρέπει να στέλνετε με email τις λύσεις των εργαστηριακών ασκήσεων σας στους διδάσκοντες στο [ce134lab@gmail.com](mailto:ce134lab@gmail.com).

Το email σας θα πρέπει να περιέχει ως attachment **ένα zip file** με τον κώδικα σας.

Κάθε διαφορετική άσκηση στην εκφώνηση θα βρίσκεται και σε διαφορετικό asm file. **Το όνομα των asm files θα ΠΡΕΠΕΙ να αρχίζει με το ΑΕΜ σας.**

*Για παράδειγμα*, το lab2.zip θα περιέχει 3 asm files, ένα για κάθε μία από τις ασκήσεις του lab2, με ονόματα 999\_lab2a.asm, 999\_lab2b.asm, 999\_lab2c.asm για τον φοιτητή με ΑΕΜ 999.

Το email σας θα έχει Subject: CE134, lab N, Section X (N ο αριθμός του lab, N=2 ..., και X=1 έως 7).

Το email σας θα έχει body: το όνομα σας και το ΑΕΜ σας.

Θα πρέπει να στέλνετε το email σας πριν βγείτε από την εξέταση του εργαστηρίου.