ΕΠΛ232 – Προγραμματιστικές Τεχνικές και Εργαλεία

Δεδομένων III (Λίστες και Παραδείγματα)

Τμήμα Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο Κύπρου

http://www.cs.ucy.ac.cy/courses/EPL232

Dr. Andreas Aristidou a.aristidou@ieee.org

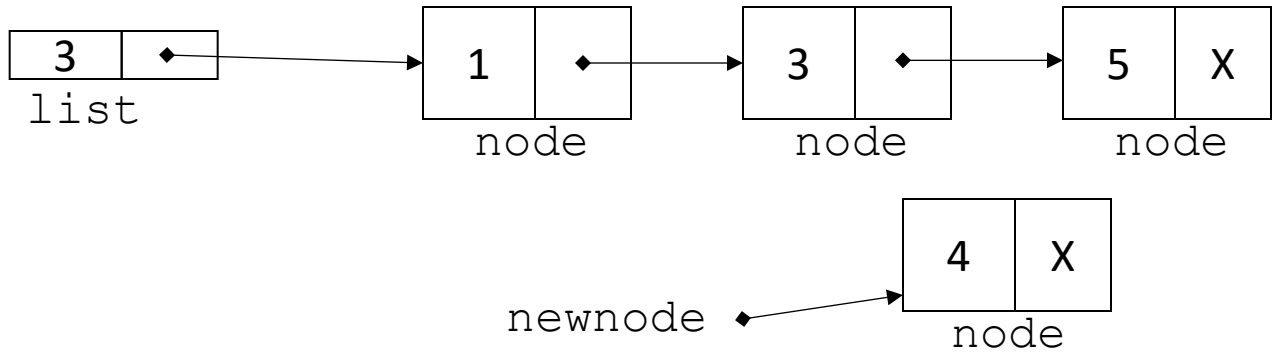
Περιεχόμενο Διάλεξης 14

- **Υλοποίηση Insert/Delete σε Λίστα**
  - Επαναληπτική & Αναδρομική Λύση
- **Προβλήματα Λιστών**
  1. Απάλειψη Διπλοτύπων από Λίστα – `eliminateDuplicates(list)`
     - Επαναληπτική & Αναδρομική Λύση
  2. Συγχώνευση Ταξινομημένων Ακολουθιών –`mergeLists(list1, list2, list3)`
     - Επαναληπτική & Αναδρομική Λύση
  3. Βελτιωμένες Δομές Δεδομένων Λύσης

Dr. Andreas Aristidou a.aristidou@ieee.org

Συνάρτηση **insert**

```
void insert(LIST *l, int x){
  NODE  *p = NULL, *q = NULL; /* prev, curr copy pointers*/

  if (l == NULL) { printf("Unable to Enter"); return; }
  /* Create and Fill New Node */
  NODE * newNode = (NODE *)malloc(sizeof(NODE));
  if (newNode == NULL) {
        printf("Error: Unable to Allocate Memory!");
      return;
  }
  newNode->data = x;
  newNode->next = NULL;
```

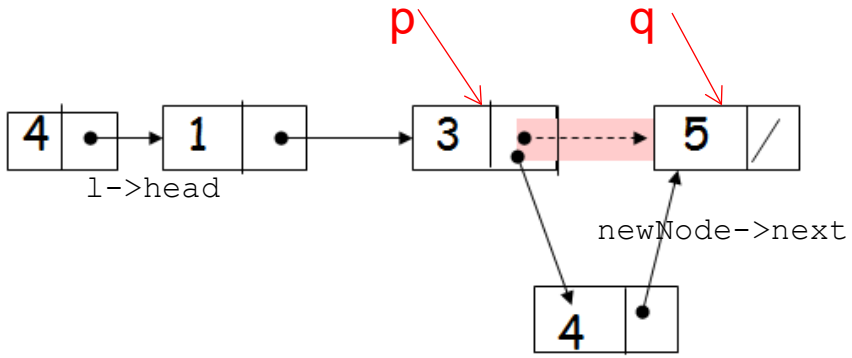


συνέχεια...

Ταξινομημένες Λίστες

Συνάρτηση **insert**

```
 /* 2) Connect newNode to List */
 if ( l->head == NULL ) /* If Empty add to l->head */
  l->head = newNode;
 else {
  p = q = l->head; /* Fast forward p and q until data<x*/
  while ( ( q != NULL ) && ( q->data < x ) ) {
        p = q;
        q = q->next;
  }
  if ( p == q ) {       /* i.e., Insert to first position */
        newNode->next = l->head; // e.g., insert "0"
        l->head = newNode; // Branch required for this!
  } else { /* Insert anywhere else */
        newNode->next = q;
        p->next = newNode;
  }
 } // else()
(l->size)++; /* Increase List size*/
} // insert()
```



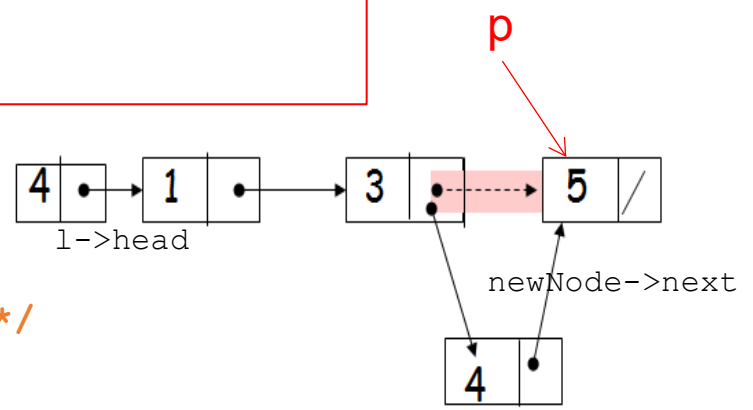
Ταξινομημένες Λίστες

Αναδρομική Συνάρτηση `insert`

Αναδρομή ΜΕ return στην οπισθοχώρηση

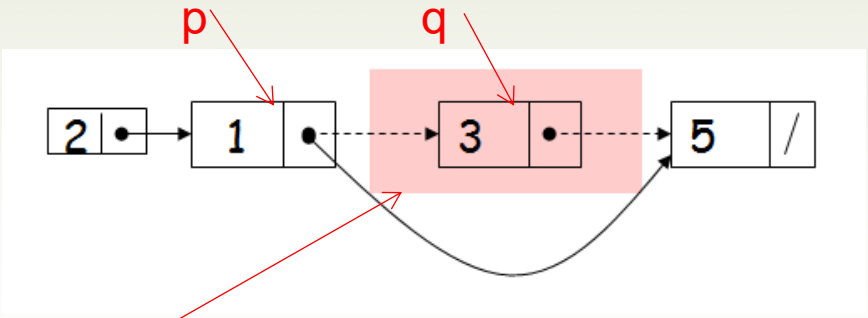
```
void insert(LIST *l, int x){
      ++(l->size); // η προκαταβολική αύξηση θα βελτιωθεί σε λίγο
            l->head = insertnode(l->head, x);
}


static NODE *insertnode(NODE *p, int x){
  NODE  *newNode = NULL;
  if (p == NULL){ /* Η Λίστα είναι άδεια */
        newNode = (NODE *)malloc(sizeof(NODE));
        newNode->data = x;
        newNode->next = NULL;
  }
  else if ( x <= p->data ) { /* Το Σημείο Εισαγωγής μόλις ξεπεράστηκε */
        newNode = (NODE *)malloc(sizeof(NODE));
        newNode->data = x;
        newNode->next = p;
  }
  else { /* Το σημείο εισαγωγής είναι πιο κάτω … συνεχίζει η αναδρομή */
        p->next = insertnode(p->next, x); /* δέσιμο τιμής επιστροφής */
        newNode = p; // ανάθεση p στο newNode για το return.
  }
  return newNode;
}
```

```
if ((p == NULL)||(p->data>=x)){
   newNode = (NODE *)malloc(sizeof(NODE));
   newNode->data = x;
   newNode->next = p;
}
```



Ταξινομημένες Λίστες

Συνάρτηση **delete**




```
void delete(LIST *l, int x){
  NODE *p = NULL, *q = NULL;
  if ((l==NULL) || (l->head==NULL)) { printf("Error"); return; }
  p = q = l->head;
  // Fast Forward (ffwd) list
  while ( ( q != NULL ) && ( q->data < x ) ) {
        p = q;          // p: prev
        q = q->next; // q: next
  } // end of list                    // just passed the possible position for x
  if ( ( q == NULL ) || ( q->data > x ) )
        printf("Item %d not found \n", x);
        return;
  }
  if (p == q)                  // Item to be deleted is in 1st position
     l->head = l->head->next; // initially p, q point to 1st
  else                         // ffwd toke us somewhere else in the list.
     p->next = q->next;  // fix pointer of prev
  free( q );                   // deallocate curr pointer
  (l->size)--;                 // adjust list size
}
```

Ταξινομημένες Λίστες

Αναδρομική Συνάρτηση `delete`

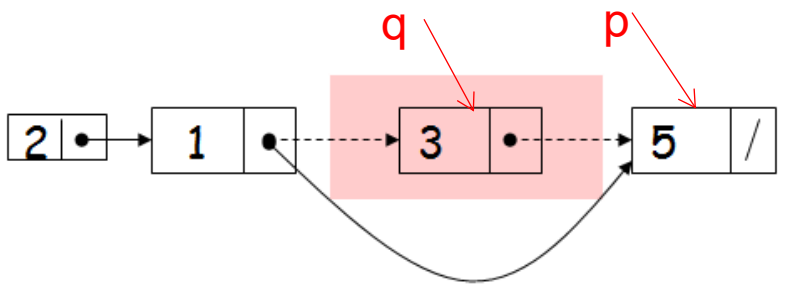
Αναδρομή ΜΕ return στην οπισθοχώρηση και τιμή δια αναφοράς

Καλύτερο από προσέγγιση με το `insert`

```
void delete(LIST *l, int x){
   if ((l==NULL) || (l->head==NULL)) {printf("Error"); return; }
  l->head = deletenode(l->head, x, &(l->size));
}
```

Surpassed possible position of x or reached end of list

```
static NODE *deletenode(NODE *p, int x, int *size){
  if ( ( p == NULL) || (p->data > x) ) {
        printf("Item %d not found \n", x);
  }
  else if ( p->data == x ){//item found
        NODE *q = NULL;
        q = p;
        p = p->next; // to be returned
       free(q);
       (*size)--;
  } else {
        p->next = deletenode(p->next, x, size);
  }
  return p;
}
```



Πρόβλημα 1: `eliminateDuplicates`

- Γράψετε συνάρτηση στη γλώσσα C η οποία παίρνει ως όρισμα ένα **δείκτη σε ταξινομημένη λίστα** και η οποία **απαλείφει** τα όποια **διπλότυπα** ενδέχεται να υπάρχουν.

- **Πρότυπο Συνάρτησης:**

```
int eliminateDuplicates(LIST *list);
```

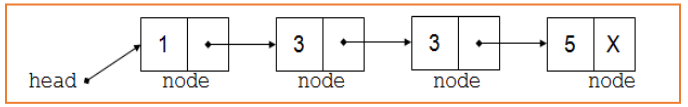
```
typedef struct node {
   int data;
   struct node *next;
} NODE;
```

```
typedef struct {
   NODE  *head;
   int size;
} LIST;
```

- **Κλήση Συνάρτησης**

```
LIST *list; initList2(&list); fillList(list);
     eliminateDuplicates(list); printlist(list);
```

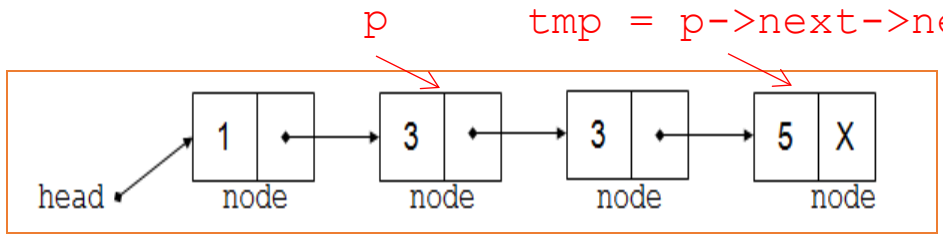
➔ τυπώνει 1, 3, 5



Πρόβλημα 1: eliminateDuplicates

Επαναληπτική Λύση

```
static void eliminateDuplicateList(NODE *p, int *size) {
    if (p == NULL)
        return;         // do nothing if the list is empty

    while(p->next!=NULL) {
        if (p->data == p->next->data) { // next is a duplicate
            NODE *tmp = p->next->next;
            free(p->next);
            p->next = tmp;
            (*size)--;
        }
        else
            p = p->next;
    }
}
int eliminateDuplicates(LIST *l) {
    if (l == NULL) return EXIT_FAILURE;
    eliminateDuplicateList(l->head, &(l->size));
    return EXIT_SUCCESS;
}
```

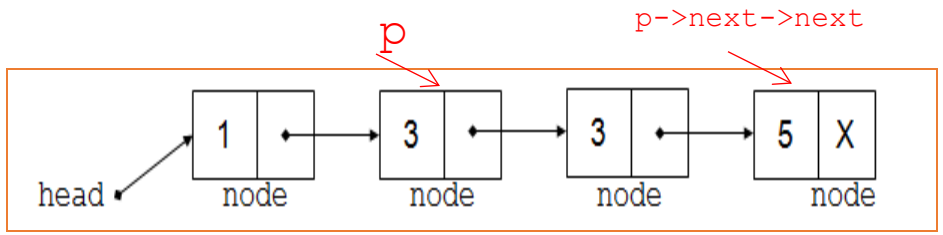


Dr. Andreas Aristidou a.aristidou@ieee.org

Πρόβλημα 1: eliminateDuplicates

Αναδρομική Λύση

```
static void eliminateDuplicateRecursive(NODE *p, int *size) {
    if (p == NULL) return;    // do nothing if the list is empty
    if (p->next!=NULL) {
        if (p->data == p->next->data) {
            NODE *tmp = p->next->next;
            free(p->next);
            p->next = tmp;
            (*size)--;
        }
        else
            p = p->next;
        eliminateDuplicateRecursive(p, size);
    }
}
int eliminateDuplicates(LIST *l) {
    if (l == NULL) return EXIT_FAILURE;
    eliminateDuplicateList(l->head, &(l->size));
    return EXIT_SUCCESS;
}
```



Κατά τα άλλα πολύ όμοια με την επαναληπτική έκδοση

Πρόβλημα 2: **mergeLists**

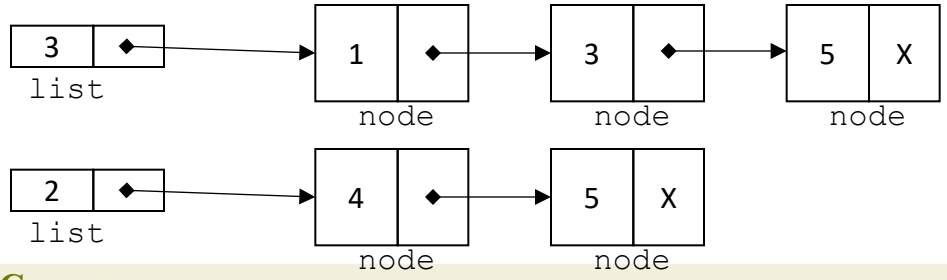
- Γράψετε συνάρτηση στη C η οποία παίρνει ως όρισμα δυο δείκτες σε **ταξινομημένες λίστες** και η οποία **συγχωνεύει (ταξινομημένα)** τις **δυο λίστες** χωρίς δημιουργία ενδιάμεσης λίστας.

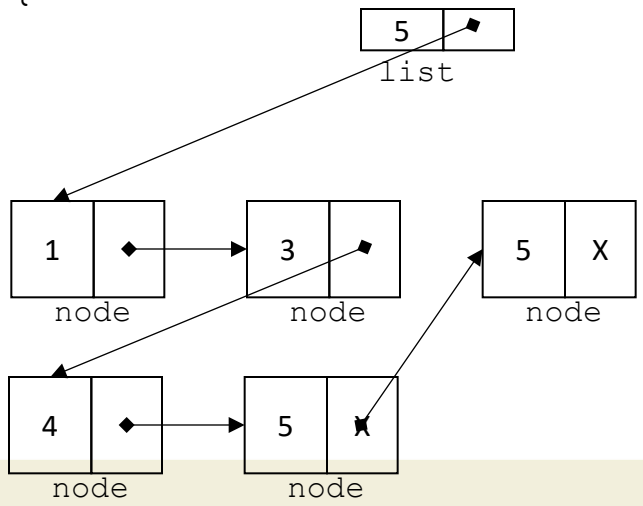
- **Πρότυπο Συνάρτησης:**

```
int mergeLists(LIST *l1, LIST *l2, LIST *newl);
```

```
typedef struct node {
   int data;
   struct node *next;
} NODE;
```

```
typedef struct {
   NODE  *head;
   int size;
} LIST;
```





Πρόβλημα 2: **mergeLists**

- Η Συνάρτηση `mergeLists()`

```
int mergeLists(LIST *l1, LIST *l2, LIST *newl) {
    if ((l1 == NULL) || (l2 == NULL) || (newl == NULL)) return EXIT_FAILURE;
    newl->head = mergeLoop(l1->head, l2->head);
    newl->size = l1->size + l2->size;
    return EXIT_SUCCESS;
}
```

- Η Κλήση `mergeLists()` από το `main()`

```
int main() {
    LIST *l1, *l2, *l3;
    l1 = l2 = l3 = NULL;
    if (initList(&l1)==EXIT_FAILURE || initList(&l2)==EXIT_FAILURE ||  initList(&l3)
    == EXIT_FAILURE) {
        printf("Error: Unable to initialize list");
        return EXIT_FAILURE;
    } // fill l1, l2 with some values at this point ...
    if (mergeLists(l1,l2,l3)==EXIT_FAILURE) { printf("…"); }
}
```

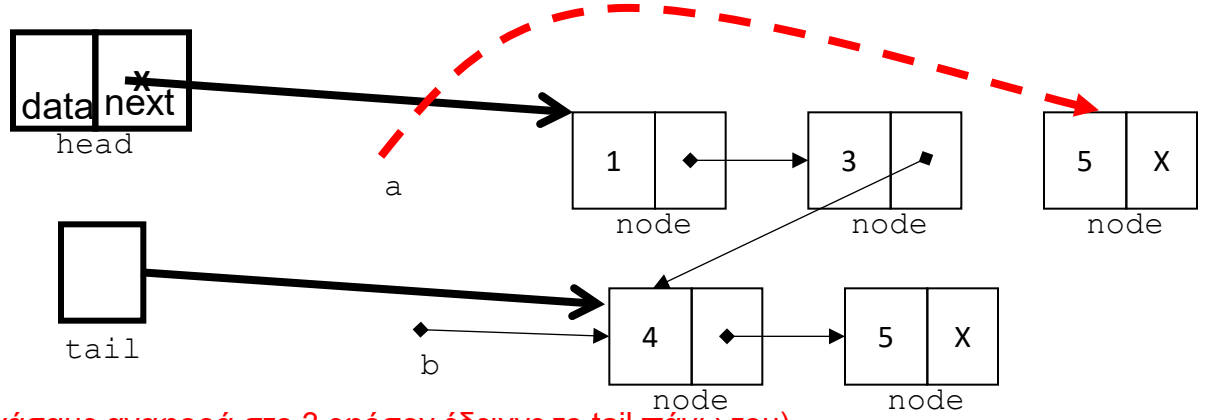
Dr. Andreas Aristidou a.aristidou@ieee.org

Πρόβλημα 2: `mergeLists`

1. Έχουμε δυο μέτωπα λιστών a και b.
2. Θα δημιουργήσουμε **βοηθητικό κόμβο** `head` ο οποίος θα δείχνει στην κεφαλή της συγχωνευμένης λίστας.
3. Με **δείκτη** θα θυμόμαστε και το **τέλος** της συγχωνευμένης λίστας
   - έτσι ώστε να προσθέτουμε τον επόμενο στο `tail->next`:

```
NODE *tail = &head; // Αρχικοποίηση tail
```

4. Απεικόνιση Κατάστασης μετά την συγχώνευση 1, 3, 4:

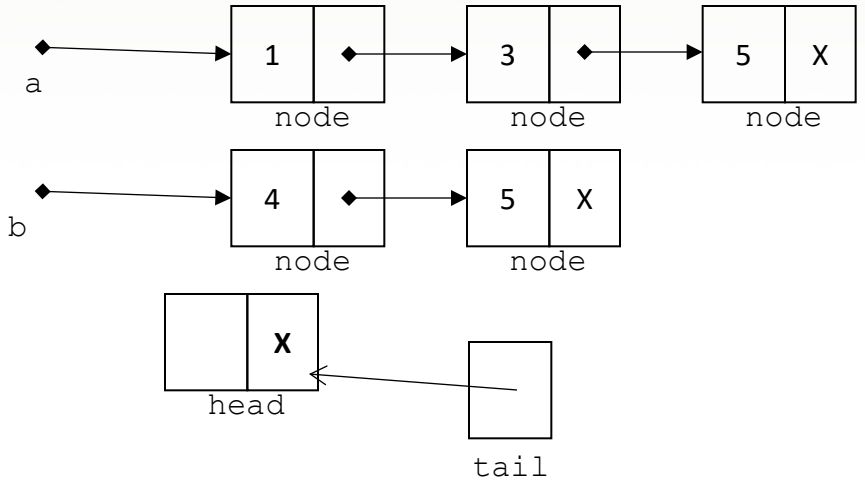


(Δεν χάσαμε αναφορά στο 3 εφόσον έδειχνε το tail πάνω του)
Το tail επιτελεί το ρόλο του prev δείκτη ενώ a, b είναι τα μέτωπα.

Το **a** και **b** θα υποδεικνύουν τον επόμενο κόμβο κάθε λίστας

Πρόβλημα 2: mergeLists
Επαναληπτική Λύση

```
static NODE *MergeLoop(NODE *a, NODE *b) {
//Βοηθητικοί για αρχή, τέλος
    NODE head;
    NODE *tail = &head;

    head.next = NULL;
    // or tail->next = NULL
    while (true) {
        if (a == NULL) { // Φτάσαμε στο τέλος της a
            tail->next = b; // ένωσε υπόλοιπη λίστα b
            break;
        }
        else if (b == NULL) {// Φτάσαμε στο τέλος της b
            tail->next = a; // ένωσε υπόλοιπη λίστα a
            break;
        }
```

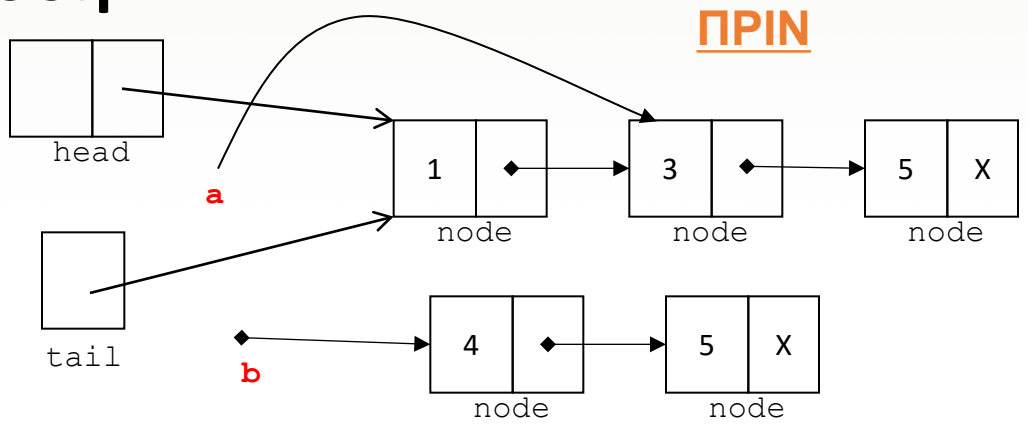


Πρόβλημα 2: **mergeLists**

Επαναληπτική Λύση

```
// Συνέχεια
//while (true) {    …
    if (a->data <= b->data) {
        tail->next = a;
        a = a->next;
```

1



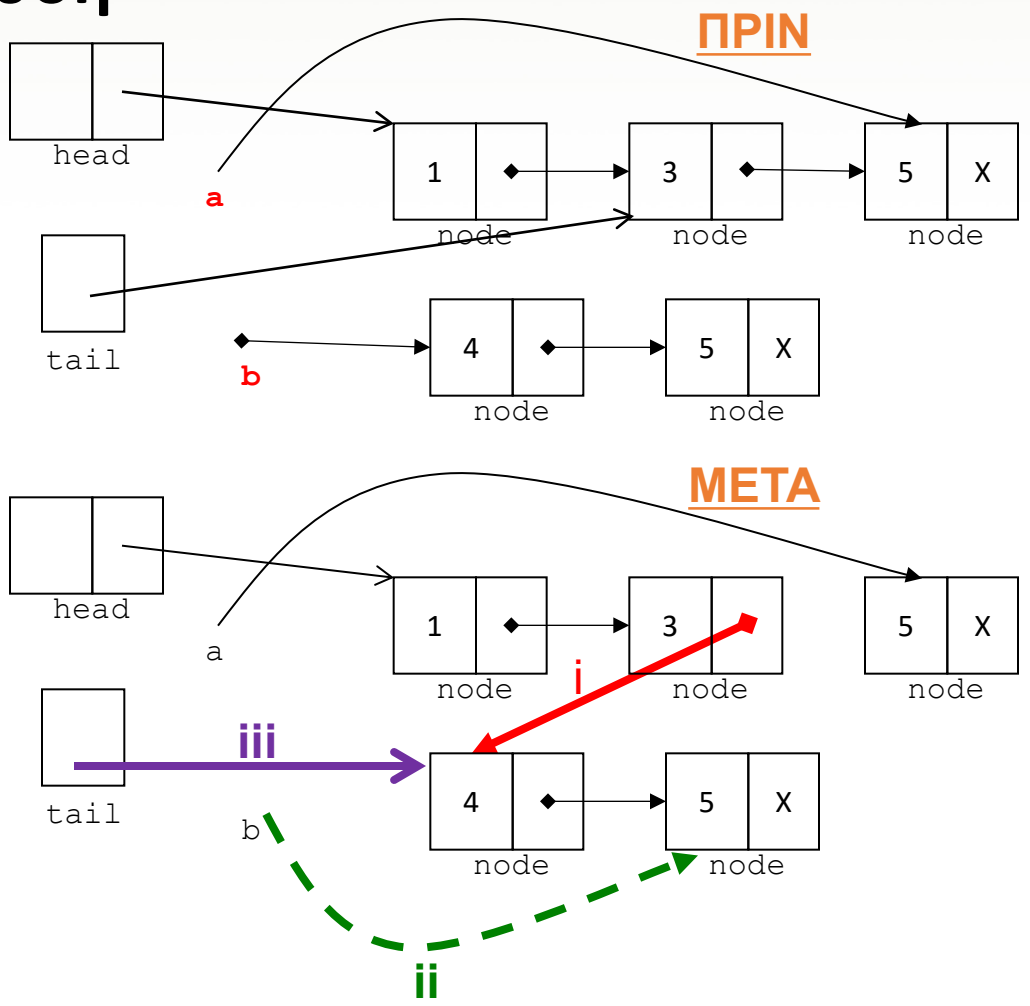

```
    }
    // head.next now points
    // to the beginning of the
    // merged list (a,b are at the end)
```

Πρόβλημα 2: `mergeLists`

Επαναληπτική Λύση

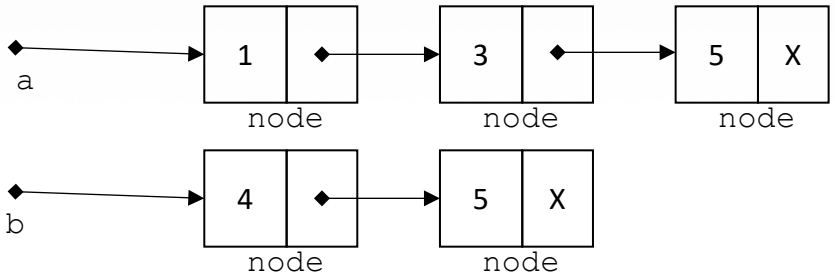
```
// Συνέχεια
//while (true) {    …
    if (a->data <= b->data) {
        tail->next = a;
        a = a->next;
    } else {
       tail->next = b; // i
       b = b->next;    // ii
    }

    tail = tail->next; // iii
  }
  // head.next now points
  // to the beginning of the
  // merged list (a,b are at the end)
  return head.next;

}
```

2



Πρόβλημα 2: mergeLists
Αναδρομική Λύση

```
static NODE *mergeRecursive(NODE *a, NODE *b) {
    // Base cases: either terminated.
    if (a == NULL) return b;
    else if (b == NULL) return a;

    // Pick either a or b, and recur
    if (a->data <= b->data) {
        a->next = mergeRecursive(a->next, b);
        return a;
    }
    else {
        b->next = mergeRecursive(a, b->next);
        return b;
    }
}

int mergeLists(const LIST *l1, const LIST *l2, LIST *newl) {
    if ((l1 == NULL) || (l2 == NULL) || (l3 == NULL)) return EXIT_FAILURE;
    newl->head = mergeRecursive(l1->head, l2->head);
    newl->size = l1->size + l2->size;
    return EXIT_SUCCESS;
}
```



Περιγραφή Προβλήματος **wordcount**

- **Ζητούμενο:** Πρόγραμμα που παίρνει σαν όρισμα το **όνομα ενός αρχείου** και μετρά τον αριθμό των εμφανίσεων όλων των **διαφορετικών λέξεων** που **περιέχονται** στο **αρχείο**.

- **Λύση: Δομή / Ψευδοκώδικας:**

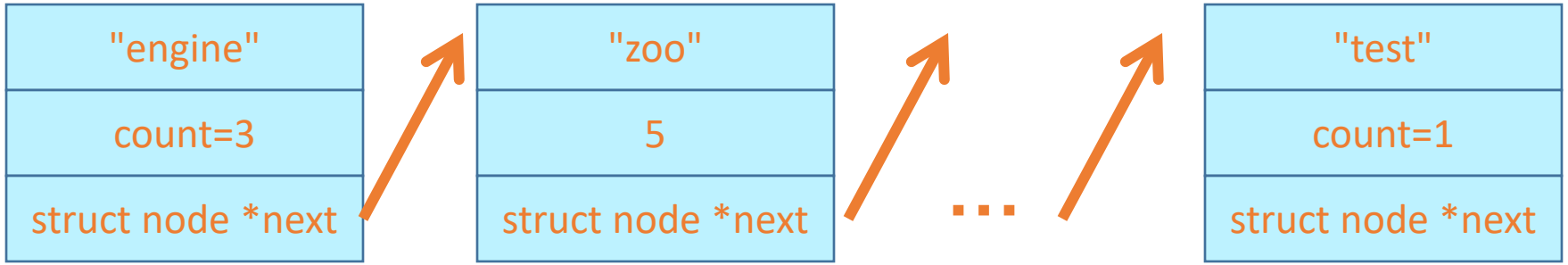
```
Άνοιξε το αρχείο;
Δημιούργησε μια κενή λίστα;
while (δεν έχεις φτάσει στο τέλος του αρχείου)
      if (η επόμενη λέξη υπάρχει ήδη στη λίστα)
         Αύξησε τον μετρητή που αντιστοιχεί στη λέξη κατά ένα;
      else
         Πρόσθεσε κόμβο με τη λέξη στη λίστα;
Τύπωσε τα στοιχεία της λίστας;
Κλείσε το αρχείο;
```

Dr. Andreas Aristidou a.aristidou@ieee.org

Διάγραμμα Λύσης **wordcount**

- **Επισήμανση:** Το σύνολο των πιθανών λέξεων του αρχείου δεν είναι εκ των προτέρων γνωστό.
  - Επομένως δεν μπορούμε να τις φυλάξουμε τα δεδομένα σε πίνακα τον οποίο εν συνεχεία θα επεξεργαστούμε (για να βρούμε την εμφάνιση των μοναδικών λέξεων).

- **Ποια θα ήταν μια κατάλληλη δυναμική δομή;**



- Μπορούμε όμως να διατηρούμε σε μια συνδεδεμένη λίστα τις διαφορετικές λέξεις του αρχείου ***που έχουμε συναντήσει μέχρι στιγμής*** (αρχικά μη-ταξινομημένη)
  - μαζί με ένα μετρητή για τον (μέχρι στιγμής) αριθμό των εμφανίσεων της λέξης.

Δομές Δεδομένων Λύσης **wordcount**

- Οι **κόμβοι** της λίστας θα περιέχουν τρία πεδία:

```
typedef struct node {
    char word[MAXWORD];
    int count;
    struct node *next;
} NODE;
```

- Ο **κόμβος** που ορίζει τη λίστα θα έχει τη μορφή:

```
typedef struct {
    NODE  *head;
} LIST;
```

Dr. Andreas Aristidou a.aristidou@ieee.org

Συναρτήσεις Λύσης **wordcount**

- Θα χρειαστούμε τις εξής χρήσιμες συναρτήσεις:
  - `void *addlist(LIST *l, char *w):`
    - Η συνάρτηση αυτή παίρνει σαν παραμέτρους δείκτη προς τη λίστα "l" και δείκτη προς μια λέξη "w" και ψάχνει να βρεί τη λέξη "w" στη λίστα.
    - Αν υπάρχει, τότε αυξάνει το πεδίο count του κόμβου "w" κατά ένα, διαφορετικά δημιουργεί νέο κόμβο που αντιστοιχεί στη νέα λέξη "w".
  - `void printlist(LIST *):`
    - Η συνάρτηση **τυπώνει τις λέξεις** της λίστας που δείχνεται από τον δείκτη που της δίνεται ως παράμετρος **μαζί** με τον **αριθμό των εμφανίσεων** κάθε **μιας από αυτές**.

Συναρτήσεις Λύσης **wordcount**: Η **main()**

```
#include <stdio.h>
#include <string.h>

#define MAXWORD 100

void addlist(LIST *, char *);
void printlist(LIST *);

int main(int argc, char *argv){
  LIST *list;
  char word[MAXWORD];
  FILE *inp;

   if (argc != 2) {
       printf("Error in the use of the program\n");
       exit(1);
   }
```

Dr. Andreas Aristidou a.aristidou@ieee.org

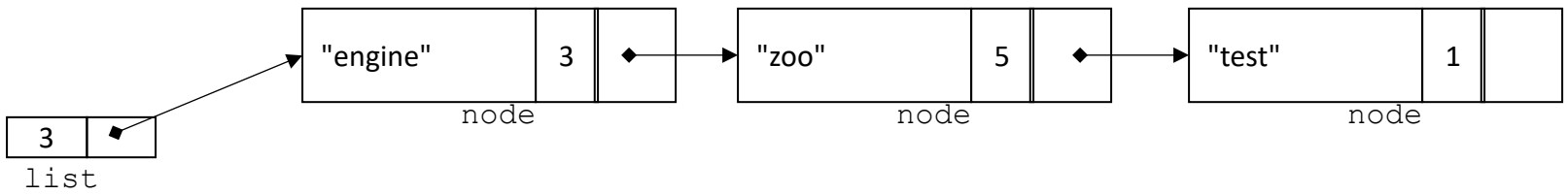
Συναρτήσεις Λύσης **wordcount**: Η **main()**

```
  list.head = NULL;

  inp = fopen(argv[argc-1], "r");

  while(fscanf(inp, "%s", word) != EOF)
        if (isalpha(word[0])
              addlist(&list, word);

  printlist(&list);

  fclose(inp);
  return 0;
}
```

A value different from zero (i.e., true) if indeed is an alphabetic letter. Zero (i.e., false) otherwise.

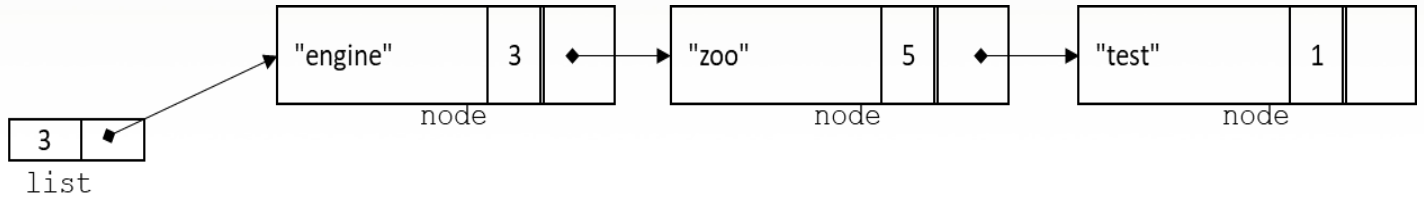
Συναρτήσεις Λύσης `printlist()`

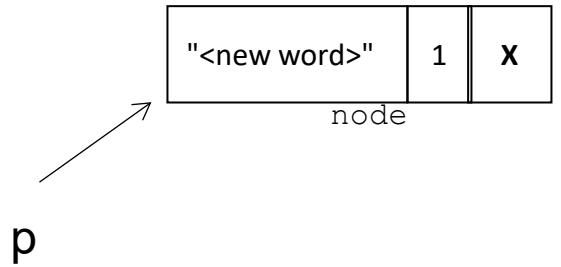
```
void printlist(LIST *l){
  NODE *p = l->head;

  while (p != NULL){
      printf("Word %s appears"
             "%d times\n",
             p->word, p->count);
      p = p->next;
  }
}
```



Συναρτήσεις Λύσης **addlist()** με αναδρομή

```
void addlist(LIST *l, char *w){

  l->top = addnode(l->head, w);
}
NODE *addnode(NODE *p, char *w){

  if (p == NULL){ // Δεν βρέθηκε τελικά => εισαγωγή
    p = (NODE *) malloc (sizeof(NODE));
    strcpy(p -> word, w);
    p->count = 1;
    p->next  = NULL;
  }
  else if (strcmp(p -> word, w) == 0) // Στοιχείο Βρέθηκε
                  p -> count ++;
  else // Στοιχείο ΔΕΝ Βρέθηκε ακόμη – αναδρομικά προχωρούμε
       p -> next = addnode(p -> next, w);
  return p;
}
```





Βελτιωμένες Δομές Δεδομένων Λύσης

- Παρατηρούμε πως ένα σημείο πιθανής **σπατάλης χώρου** είναι ότι σε κάθε κόμβο **δεσμεύουμε μνήμη** για λέξεις **100 χαρακτήρων**.
- Μπορούμε να αποφύγουμε αυτή τη **σπατάλη δεσμεύοντας** κάθε φορά **ακριβώς** όση **μνήμη** χρειαζόμαστε κάνοντας τις εξής αλλαγές στον κώδικά μας:
- Ορισμός κόμβου λίστας:

ΠΡΙΝ

```
typedef struct node{
            char word[MAXWORD];
            int count;
            struct node *next;
      } NODE;
```

ΒΕΛΤΙΩΜΕΝΟ

```
typedef struct node{
            char *word;
            int count;
            struct node *next;
      } NODE;
```

Dr. Andreas Aristidou a.aristidou@ieee.org

Βελτιωμένες Δομές & Συναρτήσεις **addnode()**

```
NODE *addnode(NODE *p, char *w){

  if (p == NULL){
    p = (NODE *) malloc (sizeof(NODE));
    p -> word = walloc(w);
    p -> count = 1;
    p -> next  = NULL;
  }
  else if (strcmp(p -> word, w ) == 0)
                  p -> count ++;
  else
        p -> next = addnode(p -> next, w);
  return p;
}
```

Συνάρτηση που παρουσιάζεται στην επόμενη διαφάνεια

Dr. Andreas Aristidou a.aristidou@ieee.org

Βελτιωμένες Δομές & Συναρτήσεις `walloc()`

```
char *walloc(char *s){

  char *p;

  p = (char *) malloc (strlen(s)+1);
  if (p != NULL)
        strcpy(p,s);
  return p;
}
```

Dr. Andreas Aristidou a.aristidou@ieee.org

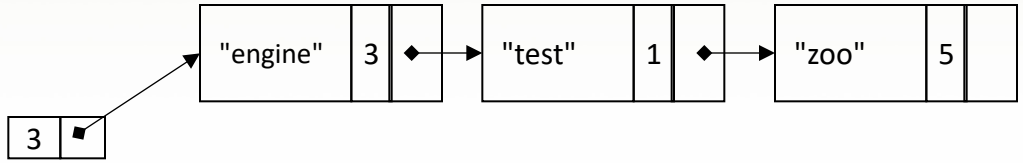
Βελτιωμένες Δομές & Συναρτήσεις `addNode()`

- Κατά το ψάξιμο μιας λέξης στη λίστα, της λύσης 1, εκτελούμε **γραμμική διερεύνηση**
  - (δηλ. από αριστερά προς τα δεξιά μέχρι είτε να βρούμε τη ζητούμενη λέξη, είτε να φτάσουμε στο τέλος της λίστας).
- Αυτό δεν είναι και **τόσο αποδοτικό!**
  - Θα μπορούσαμε να βελτιώσουμε την απόδοση του προγράμματός μας διατηρώντας τη λίστα ταξινομημένη.
  - Έτσι αν κατά τη διερεύνηση κάποιας λέξης βρούμε λέξη στη λίστα που είναι λεξικογραφικά μεγαλύτερη από αυτή που ψάχνουμε μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η λέξη δεν βρίσκεται στη λίστα.
  - επομένως δεν χρειάζεται να **ελέγξουμε** τα **υπόλοιπα στοιχεία** και η εισαγωγή κόμβου γίνεται άμεσα στο σημείο που βρισκόμαστε.

Dr. Andreas Aristidou a.aristidou@ieee.org

Βελτιωμένες Δομές & Συναρτήσεις **addNode()**

```
NODE *addnode(NODE *p, char *w){
  NODE  *q = NULL;
  int cond;

  if (p == NULL){ // Τέλος Λίστας και δεν βρέθηκε
        q = (NODE *)malloc(sizeof(NODE));
        q -> word  = walloc(w);
        q -> count = 1;
        q -> next  = NULL;
  }
  cond = strcmp(p -> word, w);
  if (cond == 0) // Λέξη "w" βρέθηκε
        (p->count)++;
  else if (cond < 0){ // Λέξη p->word μικρότερη από "w"
        q = p;
        q->next = addnode(q->next, w);
  }
  else { // Λέξη p->word μεγαλύτερη από "w"
    q = (NODE *) malloc (sizeof(NODE));
    q -> word = walloc(w);
    q -> count = 1;
    q -> next  = p;
  }
 return q;
}
```



Dr. Andreas Aristidou a.aristidou@ieee.org