Λειτουργικά Συστήματα Πραγματικού Χρόνου
2006-07

Χρονοδρομολόγηση ΙΙ

Χρονοδρομολόγηση off-line – Σποραδικές διεργασίες

Μ.Στεφανιδάκης

Μέθοδοι χρονοδρομολόγησης
(επανάληψη)

- **Χρονοδρομολόγηση on-line**
  - **επιλογή κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης**
  - **στατικές και δυναμικές προτεραιότητες**
- **Υπολογισμός off-line**
  - **κατασκευή πίνακα χρονικής εκτέλεσης**
    - **αποφάσεις χρονοδρομολόγησης σε προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα (clock-driven)**
  - **χρήση πολύπλοκων αλγορίθμων**
  - **γνωστά χαρακτηριστικά διεργασιών**

Χρονοδρομολόγηση off-line

- προϋποθέσεις
  - σταθερός αριθμός περιοδικών διεργασιών
  - γνωστές παράμετροι εκτέλεσης
    - περίοδος (T_i), χρόνος εκτέλεσης (C_i), προθεσμία (D_i)
  - αμελητέα απόκλιση χρόνου έκδοσης
    - πάντα ανά περίοδο
- περιοδικό πρόγραμμα εκτέλεσης
  - κυκλικές διεργασίες
  - πολλαπλοί ρυθμοί
- παραδείγματα κυκλικών διεργασιών
  - ανάκτηση πληροφορίας από αισθητήρες
  - βρόχος έλεγχου συστημάτων

Στατικό πρόγραμμα εκτέλεσης

- Διεργασίες με διαφορετικούς ρυθμούς (περιόδους)
  - Υπερπερίοδος (H): ελάχιστο κοινό πολλαπλάσιο περιόδων
  - Μέγιστο όριο αριθμού διεργασιών εντός του H:

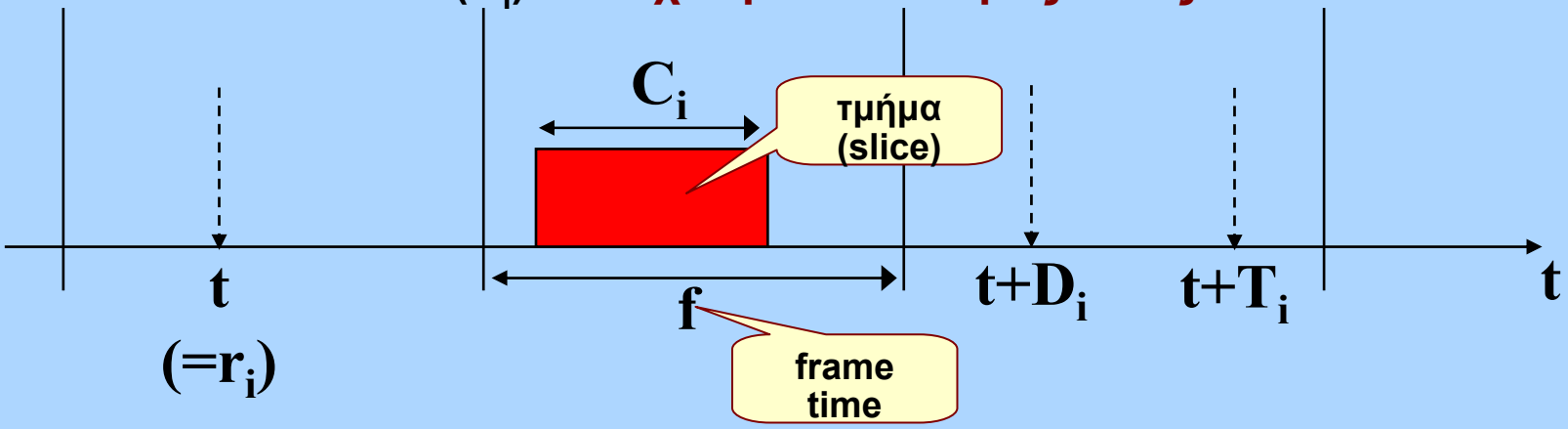
$$N = \sum_{i} \frac{H}{T_i}$$

- Πρόγραμμα εκτέλεσης: περιγράφει μια υπερπερίοδο
- Οργάνωση σε F ίσα χρονικά διαστήματα (frames) ανά H
  - F ακέραιο υποπολλαπλάσιο H
  - αποφάσεις χρονοδρομολόγησης: στην έναρξη κάθε frame

Στατικό πρόγραμμα εκτέλεσης

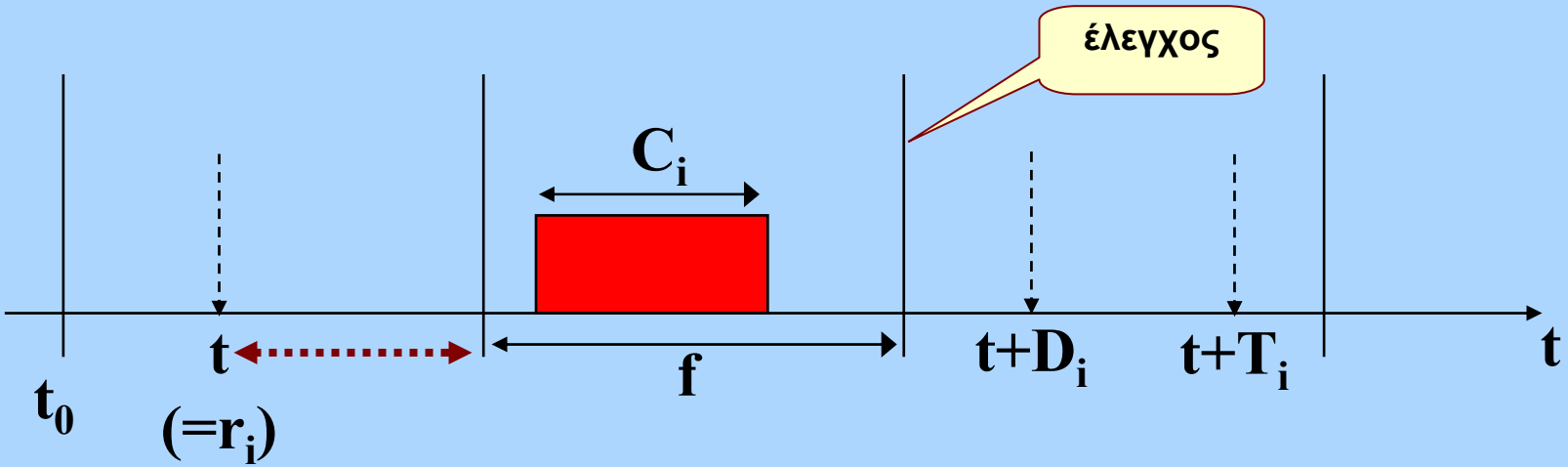
- **Σχεδιασμός**
  1. επιλογή μεγέθους frame
  2. κατανομή έργου διεργασιών σε τμήματα (slices)
  3. τοποθέτηση τμημάτων σε frames

- **Εύρεση μεγέθους frame f:**
  1. f ακέραιο υποπολλαπλάσιο H
  2. κάθε τμήμα πρέπει να χωράει σε ένα frame
     - f >= max(C_i) ⇒ όχι προεκτοπισμός εντός του f



Στατικό πρόγραμμα εκτέλεσης

- **Εύρεση μεγέθους frame f (συνέχεια):**
  3. **πρέπει να υπάρχει δυνατότητα ελέγχου της εκτέλεσης**
     - **δηλ. εάν η εκτέλεση κάθε τμήματος έγινε εντός προθεσμίας**
       - **αποφάσεις και έλεγχος μόνο στην έναρξη κάθε νέου frame**
     - **Ένα τουλάχιστον frame ανάμεσα σε t και $t+D_i$**
     - **Ισχύει όταν $D_i >= 2f - μ.κ.δ.(T_i , f)$**
       - **όταν $D_i >= f$ εάν $t_0 = t$**

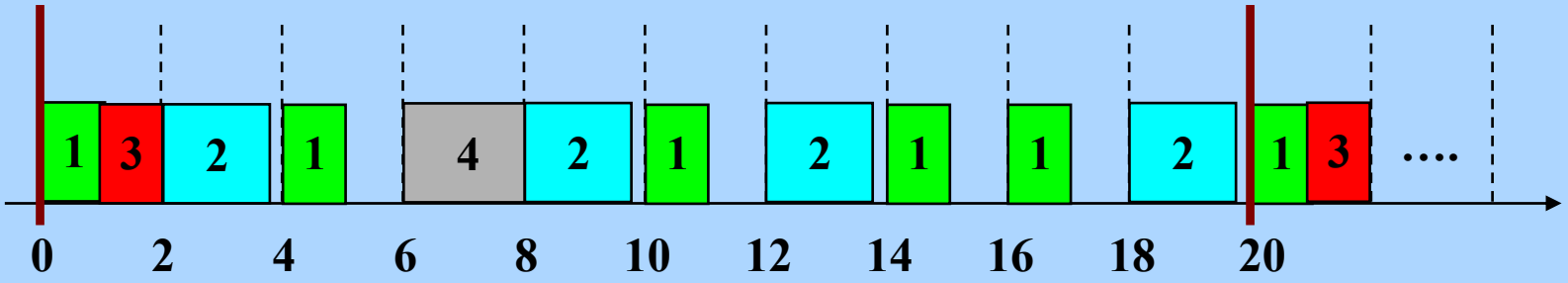


Στατικό πρόγραμμα εκτέλεσης

$(T_1=4\ C_1=1)$, $(T_2=5\ C_2=1.8)$, $(T_3=20\ C_3=1)$, $(T_4=20\ C_4=2)$

- $\max(C_i) = 2$: $f >= 2$
- $H = 20$: $f = 2,4,5,10,20$
- Για κάθε *i* πρέπει $D_i >= 2f - \text{μ.κ.δ.}(T_i, f)$: $f = 2$

παράδειγμα κατανομής



- Εύρεση κατανομής όχι πάντοτε εφικτή
  - υποδιαίρεση tasks σε μικρότερα μέρη;
    - αλλά: περισσότερος χρόνος για context switching
  - αλγοριθμική εύρεση: network-flow graphs

Αλγοριθμική εύρεση προγράμματος εκτέλεσης

- **Επιλογή frame-time και κατανομή τμημάτων διεργασιών**
  - **Στη γενική μορφή NP-hard πρόβλημα**
  - **Iterative Network-flow (INF) αλγόριθμος**
    - **Εξέταση όλων των πιθανών f**
    - **Network-flow graph, κορυφές jobs και frames**
    - **Ροή ακμών, χρόνος του job_i στο $frame_x$**
    - **Εύρεση μέγιστης ροής**
    - **$O((N+F)^3)$ για N jobs και F frames**

Κυκλική εκτέλεση

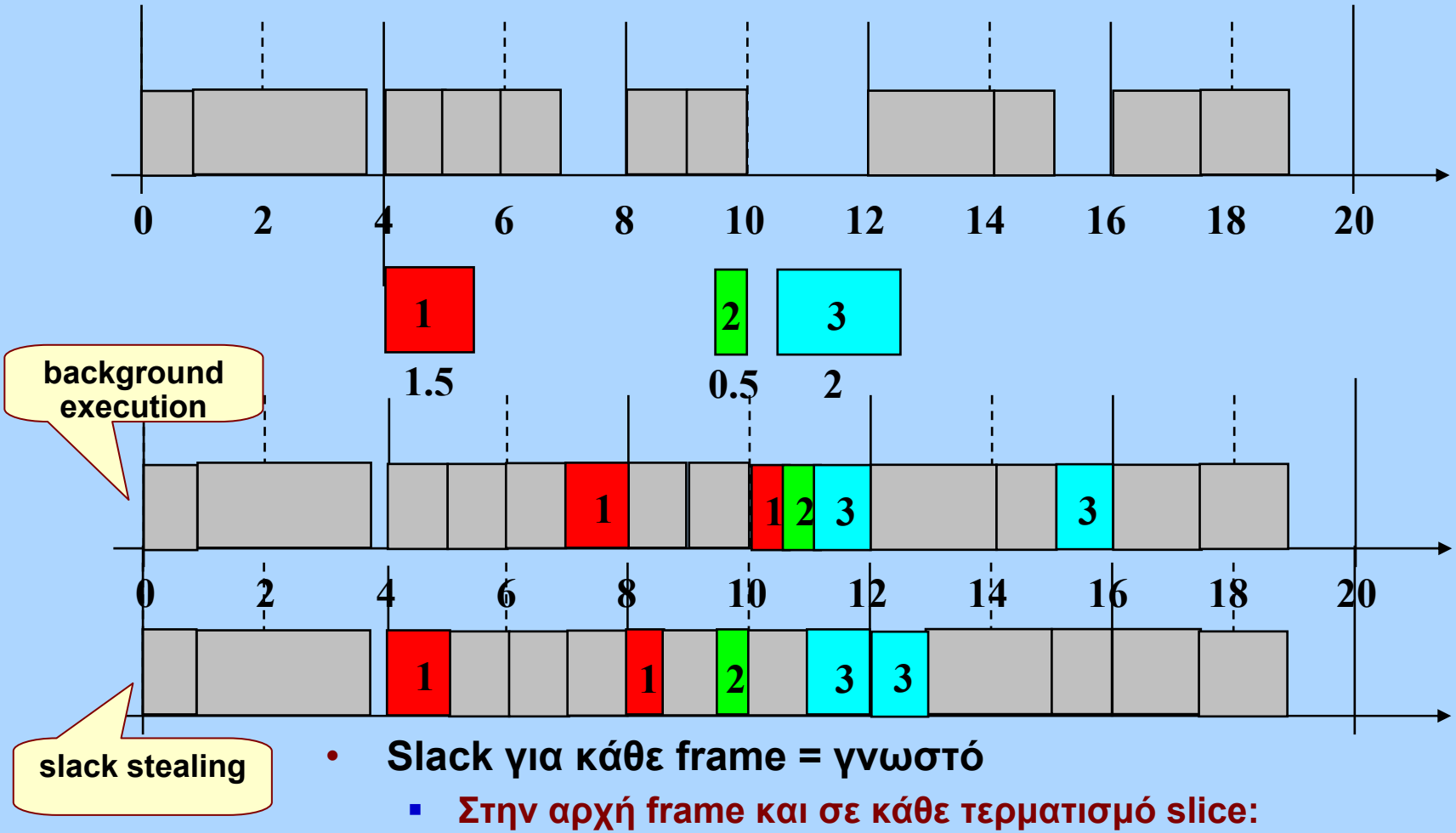
- **Υποθέσεις:**
  - **ύπαρξη timer interrupt**
  - **ελάχιστη καθυστέρηση (με γνωστό άνω όριο)**
- **Πρόγραμμα εκτέλεσης**
  - **Πίνακας Π, F γραμμών**
  - **εκτέλεση ανά frame**
- **Έλεγχος εκτέλεσης**
  - **frame overruns**
- **Μη περιοδικές διεργασίες;**

```
cyclic_sheduler() {
 for ever {
  wait_on_timer_interrupt();
  εάν εκτελείται ακόμα task
    τότε σφάλμα
  F=F+1  // + wrap-around
  εάν δεν έχουν εκδοθεί όλα
  τα tasks του Π(F)
    τότε σφάλμα
  Εκτέλεση όλων των tasks του
  Π(F) // ή ξεχωριστός server
 }
}
```

Μη περιοδικές διεργασίες

- **Α. Μη-περιοδικά tasks χωρίς προθεσμία**
  - **άγνωστος χρόνος έκδοσης (άφιξης)**
  - **event-driven (interrupts)**
  - **στόχος: μείωση χρόνου απόκρισης (response time)**
- **μέθοδοι εξυπηρέτησης**
  - **background execution**
    - **όταν υπάρχουν κενά στο frame**
  - **slack stealing**
    - **βελτίωση χρόνου απόκρισης**

Εκτέλεση μη περιοδικών διεργασιών



- **Slack για κάθε frame = γνωστό**
  - **Στην αρχή frame και σε κάθε τερματισμό slice:**
    - **Εκτέλεση μη περιοδικών διεργασιών μέχρι εξάντλησης του slack**
    - **Ακρίβεια μέτρησης χρόνου; (timer)**

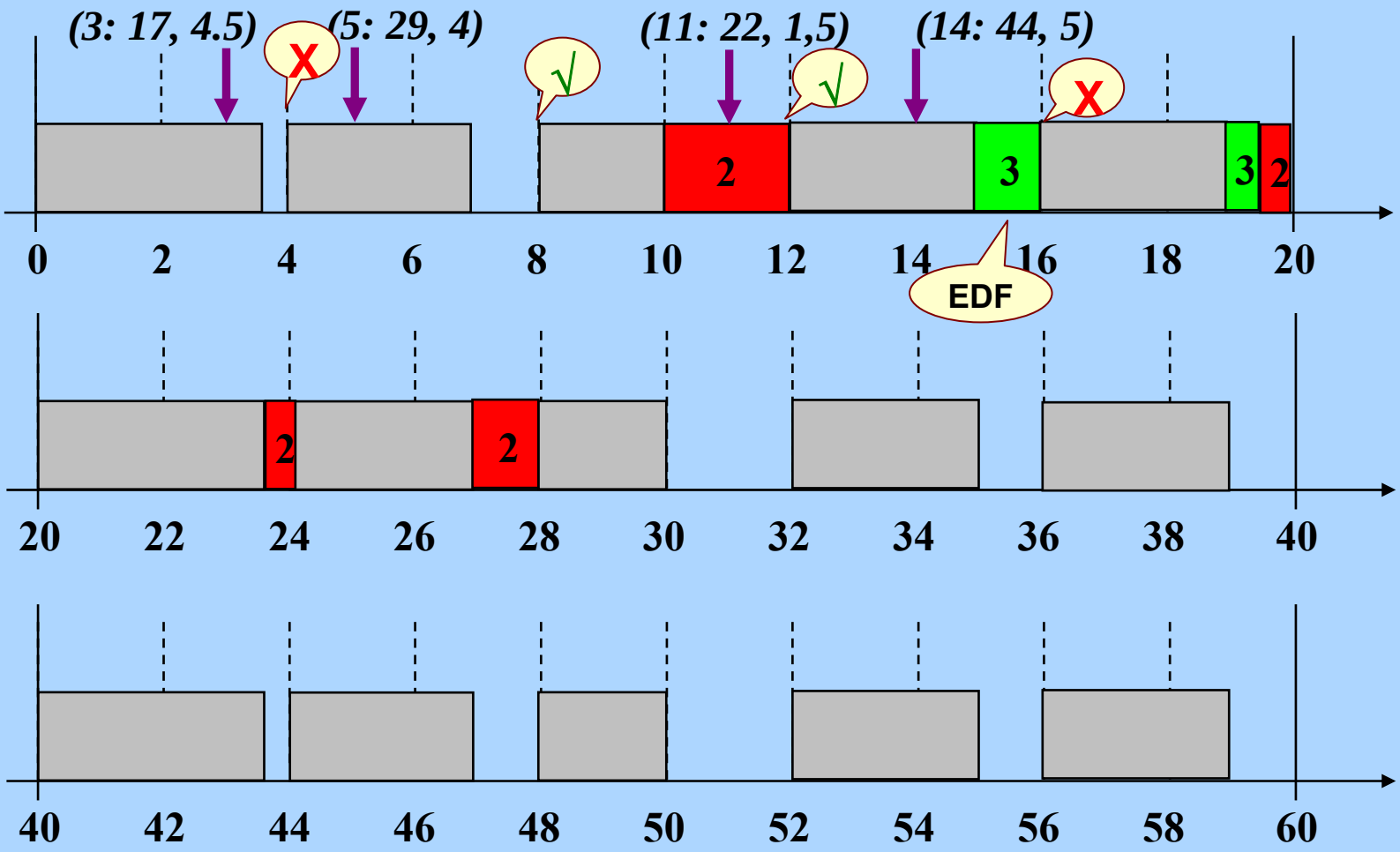
Μη περιοδικές διεργασίες

- **Β. Μη-περιοδικά tasks με προθεσμίες (sporadic)**
  - **άγνωστος χρόνος έκδοσης (άφιξης)**
  - **αλλά: γνωστός χρόνος εκτέλεσης (C_i)**

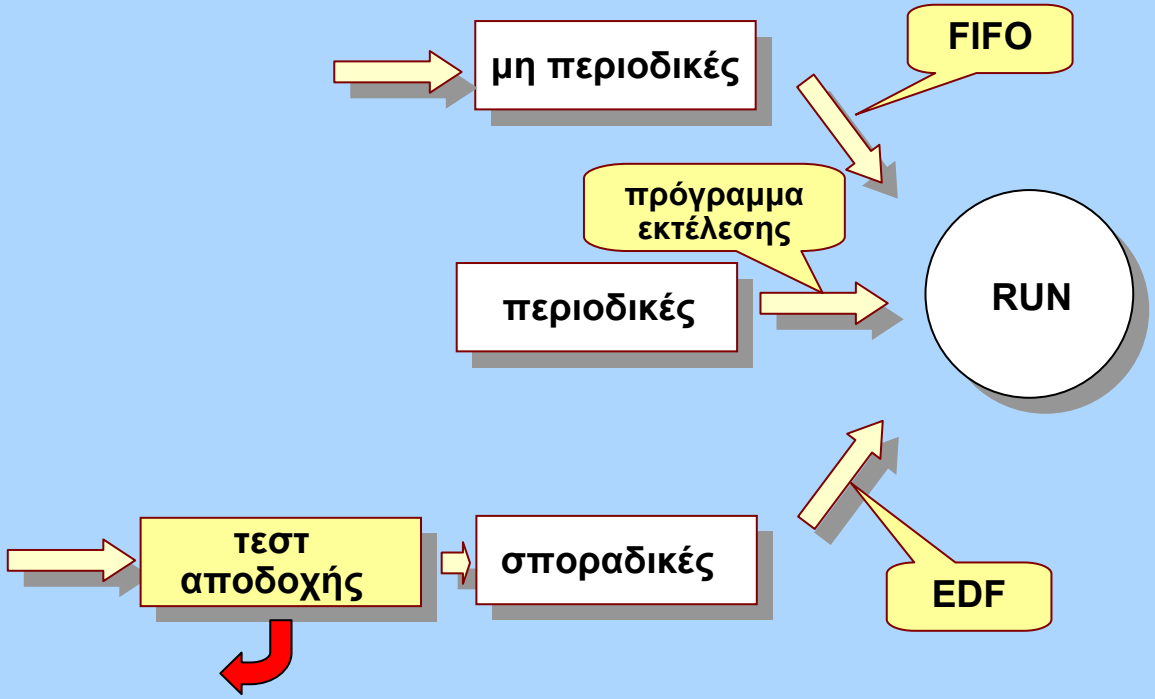
  1. Acceptance test (*$O(N_s)$*)
    - **σε σχέση με περιοδικά tasks και άλλα ήδη υπάρχοντα μη-περιοδικά με προθεσμία**
    - **διαθέσιμος χρόνος + προθεσμίες μη-περιοδικών tasks**

  2. Χρονοδρομολόγηση
    - **τύπου EDF**
    - **ουρά μη-περιοδικών tasks με προθεσμίες**

Εκτέλεση μη περιοδικών διεργασιών



Συστήματα με μικτού τύπου διεργασίες



Αλλαγή λειτουργίας

- **Mode change**
- **Αναπροσαρμογή του συστήματος**
  - **αλλαγή αριθμού διεργασιών**
  - **διαγραφή παλιών - προσθήκη νέων διεργασιών**
  - **νέο πρόγραμμα εκτέλεσης**
    - **υπολογισμός off-line**
  - **διεργασία αλλαγής λειτουργίας**
    - **υψηλή προτεραιότητα**
    - **με ή χωρίς προθεσμία**
    - **καθυστέρηση μη-περιοδικών διεργασιών**

Αντιμετώπιση σφαλμάτων

- **Frame overruns**
  - **υπέρβαση χρόνου frame**
    - **“σφάλμα” υλικού ή λογισμικού**
      - **από συνδυασμό δεδομένων εισόδου που δεν έχουν προβλεφθεί**
      - **από (μεταβατικό) σφάλμα υλικού που καθυστερεί την εκτέλεση**
      - **από σφάλμα λογισμικού που δεν έχει ανιχνευθεί κατά την ανάπτυξη**
- **Αντιμετώπιση**
  - **απόρριψη διεργασίας**
    - **καθυστέρηση = παραγωγή εσφαλμένων αποτελεσμάτων**
  - **ολοκλήρωση εκτέλεσης**
    - **ενδεχόμενη καθυστέρηση άλλων διεργασιών**
    - **απαραίτητα αποτελέσματα**
  - **συνέχιση ως μη-περιοδική χωρίς προθεσμία**
    - **σε χρονικά κενά εκτέλεσης**

Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα στατικής εκτέλεσης

- **Πλεονεκτήματα**
  - **Απλότητα, προκαθορισμένη λειτουργία**
  - **Πλήρης υπολογισμός όλων των περιορισμών off-line**
  - **Λεπτομερής συγχρονισμός διεργασιών**
  - **Επιβαρύνσεις μικρές**
  - **Εύκολος έλεγχος ορθότητας**
- **Μειονεκτήματα**
  - **Απαιτείται πλήρης γνώση χαρακτηριστικών διεργασιών**
  - **και: όλων των πιθανών αλληλεπιδράσεων μεταξύ τους**
  - **Δυσκολία τροποποίησης (mode change)**

Χρήσεις time-driven μοντέλου

- **Σε συστήματα αποτελούμενα από πολλά τμήματα**
  - **Διαφορετικοί κατασκευαστές = κάθε τμήμα ελέγχεται ατομικά ως προς τη λειτουργία του σε πραγματικό χρόνο**
  - **Time-driven (*time-triggered*) λειτουργία και επικοινωνία: διασφάλιση ορθής συνολικής λειτουργίας σε πραγματικό χρόνο**
    - **επικοινωνία σε καθορισμένα χρονικά όρια**
      - **αποφυγή χρονικών ασαφειών**
    - **μείωση σφαλμάτων**
    - **εγγυημένος συγχρονισμός**
      - **χωρίς διαιτησία για χρήση κοινών πόρων**