



## Komunikacijske mreže u računalnom upravljanju sustavima

### Primjeri ispitnih pitanja

---

- 1) Navedite prednosti i probleme koji se javljaju kod upravljanja preko zajedničke komunikacijske mreže.
- 2) Koji su radni zahtjevi na RT mreže?
- 3) Opišite načelo cikličkog prijenosa podataka.
- 4) Opišite događajni način prijenosa podataka. Koje su prednosti i nedostaci takvog načina prijenosa?
- 5) Napravite usporednu tablicu koja uspoređuje najvažnije značajke cikličkog i ET prijenosa podataka za RT sustave.
- 6) Opišite način rada CSMA/CD protokola. U kojoj mreži se koristi? Što je period natjecanja i kako se određuje njegovo minimalno trajanje?
- 7) Opišite CAN komunikacijsku mrežu (karakteristike, protokol, vrste, problemi primjene i rješenja).
- 8) Usporedite TTP/C i FlexRay komunikacijske protokole.
- 9) Napišite i obrazložite uvjete koje treba zadovoljiti pri izboru vremena uzorkovanja više regulacijskih petlji zatvorenih preko komunikacijske mreže.
- 10) Što je modificirano konstantno komunikacijsko kašnjenje i zašto se uvodi?
- 11) Od čega se sastoji ukupno dodatno mrtvo vrijeme uslijed upravljanja preko komunikacijske mreže?
- 12) a) Za zatvoreni sustav upravljanja preko komunikacijske mreže, uz regulator ED i aktuator ED, nacrtajte vremenski dijagram i napišite matematički model procesa u prostoru stanja. Kod kojih je protokola ova struktura upravljanja izvediva? (U dijagramu prikazite slučajeve praznog uzorkovanja, odbacivanja podatka i vremenskog posmaka).  
b) Za zatvoreni sustav upravljanja preko komunikacijske mreže, uz regulator TD i aktuator ED, nacrtajte vremenski dijagram i napišite matematički model procesa u prostoru stanja te usporedite ovu strukturu sa strukturom kod koje je i regulator ED.
- 13) Kako možemo sustav upravljanja preko mreže učiniti nepromjenljivim (tj. postići determinističko upravljanje)? Skicirajte shemu takvog sustava upravljanja.

## KOMUNIKACIJSKE MREŽE

- prednosti upravljanja preko komunikacijske mreže:
    - modularnost, pojednostavljen postavljanje sistema, i jednostavno održavanje, enkapsulacija, smanjenje opterećenja, maloj sistemu treba po-  
-manje komunikacijske kapacitete zbog ograničenja propusnosti <sup>kanala</sup>  
i preopterećenja čvorova i mreže
  - radni zahtjevi na RT mreže - čvorovi moraju biti međusobno povezani, otpornost na smetnje i otkrivanje, prijenos velikog broja kratkih poruka uz ograničena kašnjenja (Ams-A2), sinkronizacija lokalnih satova stvarnog vremena (globalna vrijeme u mreži), distribuirani nadzor i difuzivna komunikacija
  - ciklički prijenos
    - mostar posila adrese slave-ova prema određenoj redoslijedu (listi prioritiziranja). Vrijeme prijenosa podatka je fiksno, prijem se izvrši po-  
-tomte (stavlja varijabli posila). Trajanje ciklusa ograničeno je umnoškom broja podataka koji se prijem i trajanjem svakog posila
  - dogadajni (event triggered) prijenos podataka
    - dogadaj izlaza prijenos samo kad dođe do promjene stanja neke varijable. Dogadaj može biti i promjena više varijabli, a ne samo jedna
    - nedostaci - dogadaji se mogu dogoditi na više stanica istodobno → moguće kolizije → kašnjenje dostavljanja zadatka. Ovaj sustav zahtijeva "inteligentne" stanice za traženje dogadaja, teško prenositi vrijeme odluka
    - prednosti - može dovesti veliki broj dogadaja, veliki broj stanica u mreži, bolje iskorištenje resursa
- | 5. ciklički prijenos  | ET prijenos   |
|---|---|
| -podaci se prijem u fiksno vremenskim intervalima, bez obzira dali su se promijenili ili ne | -podaci se prijem samo kada dođe do njihove promjene ili nakon zahtjeva |
| -deterministički, fiksno vrijeme isporuke   | -nedeterministički, promjenljivo vrijeme isporuke                       |
| -najgori slučaj je maksimalni slučaj  | -najbolje iskorištenje resursa  |
| -ovi resursi su unaprijed alocirani   | -aperiodički prijenos   |
| -periodički prijenos, predviđivanje vremena   | -poročama orijentirana komunik.   |
| -objektivno orijentirana komunikacija   |   |

6. CSMA/CD protokol - svaka ili više stanica spoznaje da je kanal slobodan i šalje paket. Usporednom signalu na mediju i porudnom signalu mogu spoznati da je došlo do sudara → stanica prekida slanje paketa, čeka slučajno vrijeme i ponovo pokušava poslati paket. Koristi se kod LAN mreža (Ethernet). Povrat natjecanja je vjetrenastik vremena  $2T$  (vrijeme propagacije između najdaljnjih stanica i motora), minimalno je  $2T$ .

7. CAN - istodolno zahtjev za prijenos paketa nastaje iz toga da prvo na slanje dolaze stanice s najvećim identifikacijskim brojem. Dodatno kažnjavanje radi vremena za izračun prioriteta. Paketi nižeg prioriteta → veća kašnjenja.  
→ Treba uvesti determinizam u komunikaciju, tj. uspostaviti ciljebi redoslijed slanja paketa.

8. TTP/C : FlexRay → za distribuirane sustave, rad u stvarnom vremenu, otporni na kvarove

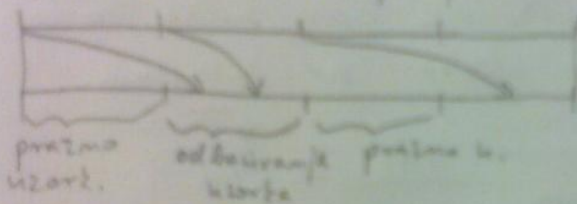
TTP/C - kvalitetnije učljive signumne funkcije, bolje razvrstavanje po važnosti, manje fleksibilan (nema asinhronog prijenosa)

FlexRay - fleksibilniji (smešani i asinhroni prijenos), još uvijek u razvoju, neke signumne funkcije još nisu učljive u komunikacijski kontroler već su prepustene aplikacijskim programima

9. Uvesti koje treba zadovoljiti pri izboru vremena uzorkovanja u mreži regulacijskih petlji zatvorenu preko komunikacijske mreže:

I. treba spriječiti odbojivanje paketa i prazne uzorkovanja, tj.

senzor  
regulator



svaki mjerni podatak mora stići od senzorskog do regulatorskog čvora prije sljedećeg uzorkovanja mjernog signala

II ograničiti kašnjenja u regulacijskim petljama da budu manja od najvećeg dopuštenog.

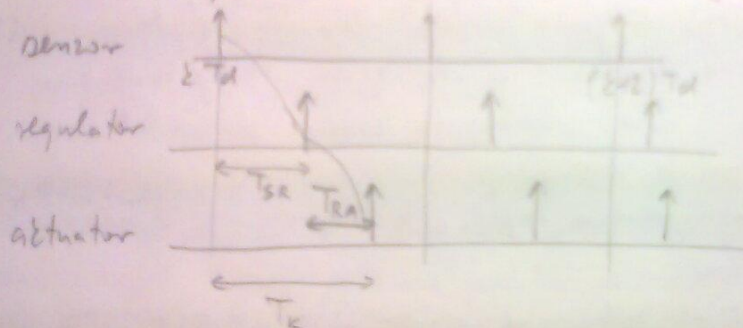
10. Modificirano konstantno kašnjenje u petlji:  $\tau_i^1 = 2T_i + (\sup \tau_i^2 - \min \tau_i^2)$

$\tau_i$  - kašnjenja u reg. petljama,  $T_i$  - kašnjenje senzor - regulator  
→ uvodi se zato da bismo znali najveće konstantno kašnjenje te da bi se zadovoljili zahtjevi na kašnjenja u sustavu upravljanja s promjenjivom komunikacijskim kašnjenjem



11. Ukupno dolatno vrijeme u sistemu upravljanja preko komunikacijske mreže sastoji se od:  $\tau_c = \tau_{se} + \tau_p + \tau_{ea}$   
 $\tau_{se}$  - vrijeme prijenosa poruke od senzora do regulatora  
 $\tau_p$  - vrijeme proračuna upravljačkog algoritma  
 $\tau_{ea}$  - vrijeme prijenosa poruke od regulatora do akuatora

12. a) regulator ED, akuator ED (event-driven)

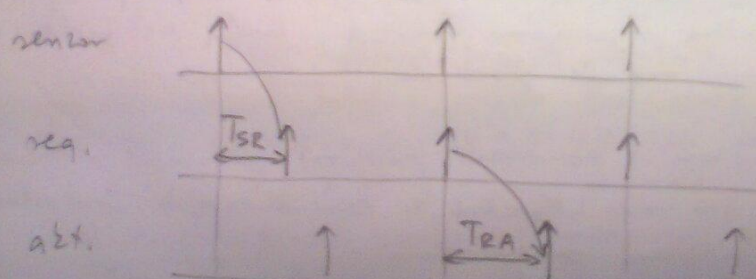


- događaj nastupa ukupno vrijeme kašnjenja, ali je kašnjenje promjenljivo  
 - kod CAN mreža

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t)$$

$$y(t) = Cx(t)$$

b) reg. TD, ačt. ED (time-driven)



- vrijeme kašnjenja se povećalo za vrijeme između dolaska poruke na čvor regulatora i proračunavanja upravljačkog algoritma

13. Sustav upravljanja možemo učiniti nemensk neprimjenljivim tako da vrijeme spremnika bude veće od najvećeg kašnjenja na mreži, tako da u trenutku diskratizacije čvor uvijek može preuzeti podatke iz spremnika, bez obzira na kašnjenje

