

## Support of real time tasks in the signal processing environment of telecommunication system

### Reālā laika procesu uzturēšanas problēmas telekomunikāciju sistēmas signālapstrādes vidē

J. Bleiers

*Environment Modelling Centre, Riga Technical University, Latvia*

J. Lavendels

*Software Department, Riga Technical University, Latvia*

Keywords: signal processing, background task, interrupt service routine

**ABSTRACT:** A multiprocessor signal processing environment for telecommunication system where multiple signal processing tasks are supported by every DSP is discussed. Presented software contains, at first, background part with arbitration of functions to be executed relatively in parallel. Second part is interrupt service routine that includes unvarying block of executing algorithms and links for parallel functions. Each of signal processing tasks must be evaluated for its correspondence to either the background or the interrupt routine part.

#### 1. IEVADS

Attēlu apstrāde, runas atpazīšana, vadu un bezvadu telekomunikāciju sistēmas ir tikai daži no ātrdarbīgu signālprocesoru vai multiprocesoru sistēmu pielietojumiem.

Mūsdienu signālapstrādes procesoru jauda un arhitektūra atļauj sasniegt ļoti augstu ražību un to izmantošana prasa domāt par tās optimālu izmantošanu reāla laika uzdevumu risināšanā. Tā jaunais signālprocesors TMS320C64x ar Velocity 2 arhitektūru un ātrdarbību līdz pat 1.1 GHz atļauj ievērojami palielināt balss un datu kanālu skaitu bezvadu sakaru bāzes stacijās, kā arī nodrošināt signālapstrādes prasības perspektīvos bezvadu telekomunikāciju pielietojumos. Cits signālapstrādes efektivitātes paaugstināšanas virziens ir multiprocesoru struktūras un multiprocesoru signālapstrādes kristāli, piemēram jaunie TMS320VC5421 un TMS320VC5441 procesori (Texas Instruments, 2000).

Runājot par jaudīgu signālprocesoru optimālu pielietojumu, parasti nākas saskarties ar sekojošiem jautājumiem (Pumpurs u.c. 1997, Bleiers & Veselis 1999):

- izvēli starp atsevišķu augstas ātrdarbības procesoru un multiprocesoru struktūru, sastāvošu no mazāk efektīviem, bet lētākiem signālprocesoriem;
- signālprocesoru noslodzes un resursu pareizu sadali sistēmā;
- signālapstrādes procesu paralēlu vai kvaziparalēlu organizāciju;
- signālprocesoru arhitektūras un komandu sistēmas piemērotību (specializāciju) paredzēto uzdevumu realizācijai;
- signālapstrādes uzdevumu sadalījums pēc to veicamajām funkcijām signālapstrādes vidē.

Raksta mērķis ir telekomunikāciju sistēmas signālapstrādes vidē veicamo procesu primārā analīze ar nolūku izstrādāt programmatūru šo procesu optimālai realizācijai.

## 2. SIGNĀLAPSTRĀDES PROCESU UN PROGRAMMATŪRAS ĪPATNĪBAS

Darbības signālapstrādes vidē pēc to pamatmērķa nosacīti var sadalīt sekojoši:

- signāla nolašu ievade vai izvade no sistēmas;
- signāla nolašu apstrāde.

Bāzes stacijā signāla nolašu ievade vai izvade parasti notiek stingri noteiktos laika intervālos, jo ir saistīta ar impulsu-kodu modulācijai pieņemto datu kanāla (piemēram, MVIP vai H-kopnes) sinhronizāciju – taktu un kadru impulsiem. Tātad, ja kadru atkārtotā frekvence ir 8 kHz, signālu ievade (izvade) signālapstrādes vidē notiek ik pēc 125 mS. Šādos gadījumos procesu organizē tā, ka no datu kopnes pienākošie kadri izsauc aparatūras ārējos pārtraukumus, kas savukārt ierosina signālu ievadi vai izvadi.

Tādejādi, ārējie pārtraukumi ir tie, kas nodrošina programmatūras sinhronizāciju ar signālu ievades aparatūru un zināmā mērā nosaka programmatūras uzbūves principus. Respektīvi, pārtraukumu apstrādes programmai ir jānodrošina signālu ievadi un izvadi, kā arī nepieciešamās signālapstrādes funkcijas.

Signālapstrādes programmatūra nevar nodrošināt efektīvu procesoru noslodzi, ja pēc signālu nolašu ievades tiktu veiktas secīgi visas ( $n$ ) signālapstrādes procedūras. Normālai sistēmas funkcionēšanai ir nepieciešams, lai

$$R_{\text{proc}} > \sum_{i=1}^n R_i^{\text{max}}. \quad (1)$$

Formulā (1)  $R_{\text{proc}}$  – procesora resurss uz vienu signālu nolašu apmaiņas periodu (piemēram izpildāmo komandu skaits);  
 $R_i^{\text{max}}$  –  $i$ -tā signālapstrādes procesa maksimālais resursu daudzums signāla nolases apstrādei.

Maksimālais resursu patēriņš signālapstrādes procesam  $R_i^{\text{max}}$  parasti ir ievērojami lielāks par resursa patēriņa matemātisko cerību  $R_i^E$ :

$$R_i^E = c \times R_i^{\text{max}}. \quad (2)$$

Pēc literatūras un autoru pieredzes  $0.4 < c < 0.6$ , kas nozīmē, ka signālprocesors reāli ir nepilnīgi noslogots.

Pie efektīvas risināšanas procesa organizācijas signālprocesoru slodzes sadalījums var tikt ievērojami uzlabots, ja daļu signālapstrādes operāciju veic kā fona uzdevumus (Bleiers & Lavendels 1999).

Pie šādas organizācijas ir spēkā izteiksme

$$R_{\text{proc}} = \sum_{i=1}^n R_i^E + R_s, \quad (3)$$

kur  $R_s$  ir resursu daudzums, ko procesors patērē reāla laika un fona uzdevumu uzturēšanai.

No formulas (3) var secināt, ka  $R_s$  vērtība ir, galvenokārt, atkarīga no signālapstrādes uzdevumu skaita.

Tātad, visiem signālapstrādes procesiem jābūt sadalītiem starp pārtraukuma apkalpošanas programmu un fona programmas daļu.

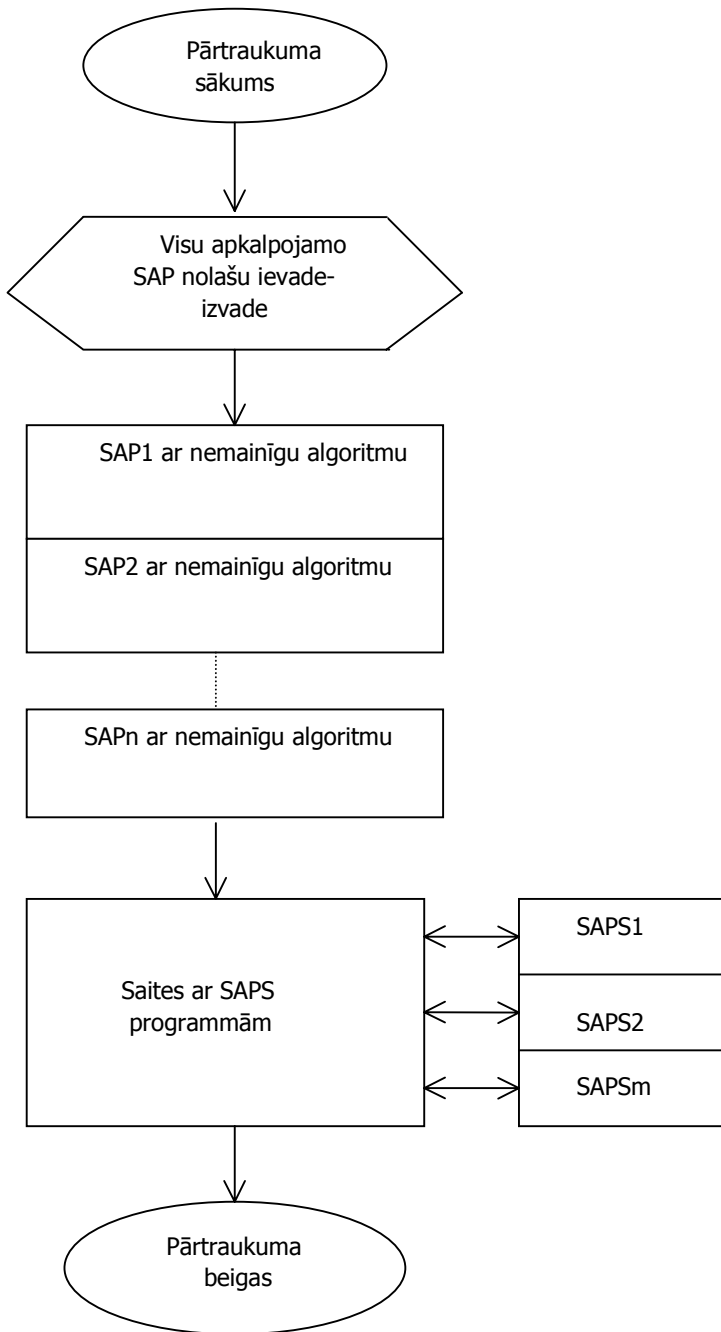
Pārtraukumu apstrādes programma paredz visu signālapstrādes procesu signālu nolašu ievadi/izvadi un tās signālapstrādes procedūras, kuras obligāti jāizpilda pārtraukuma programmā reālā laika ierobežojumu dēļ.

Fona programma, savukārt, satur visas tās darbības, kuras drīkst nebūt aktivizētas ik pēc kārtējās signāla nolašu ievades vai izvades.

## 3. PĀRTRAUKUMU APSTRĀDES PROGRAMMAS STRUKTŪRA

Lai uzbūvētu efektīvu pārtraukumu apstrādes programmu, ir svarīgi apzināt tos signālapstrādes procesus, kuri visu nolašu apstrādei izmanto vienu un to pašu algoritmu (piemēram signālu ciparu filtri) un tos procesus, kas darba gaitā katrai kārtējai signāla nolasei izmanto tikai kāda algoritma daļu (soļu procesi).

Vispārēja pārtraukumu apstrādes struktūra ir parādīta 1. zīmējumā.



1. zīmējums. Vispārēja pārtraukumu apstrādes programmas blokshēma

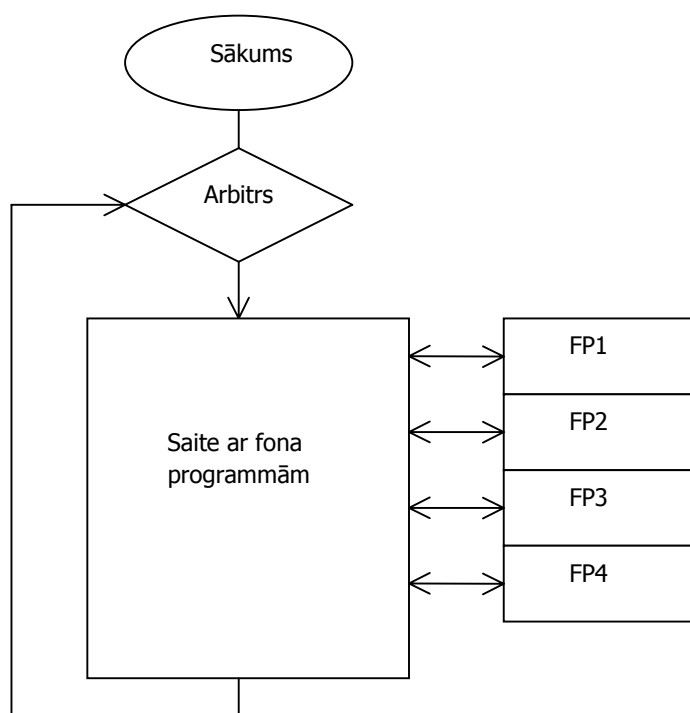
Signālu ievades un izvades daļa, kā arī nemainīgo signālapstrādes algoritmu kods, ir tieši iekļaujams pārtraukuma apstrādes programmā.

Soļu procesiem, kuru algoritms dažādām signālu nolasēm (nolašu grupām) ir dažāds, kods ir iekļaujams apakšprogrammās. Katrai signāla nolasei, pie tam, tiek izpildīta apakšprogrammas daļa. Pārtraukumu apstrādes programmai jāparedz kvaziparalēla apakšprogrammu izpilde, kas ir aprakstīta (Bleiers un Lavendels 1999).

#### 4. FONĀ REŽĪMA PROGRAMMAS UZBŪVE

Kā jau izriet no 2. nodaļas, signālprocesoru efektīvai izmantošanai daļu operāciju ir nepieciešams veikt fona režīmā. Fona programmai arī jāparedz vairāku apakšprogrammu kvaziparalēlu izpildi. Mehānisms, kurš saista apakšprogrammu ar fona programmu var sakrist ar kvaziparalēlu apakšprogrammu uzturēšanu pārtraukumu apstrādes programmā. Vienīgā atšķirība ir tā, ka kvaziparalēlās apakšprogrammas savstarpēji konkurē uz to aktivizēšanu. Tāpēc fona vadības programmai jāsaturs apakšprogrammu aktivizēšanas arbitrs, kas nosaka, kura apakšprogramma tiks aktivizēta.

Fona vadības programmas shēma ir redzama 2. zīmējumā.



2. zīmējums. Fona vadības shēma

Atzīmēsim, ka signālapstrādes programmatūras uzbūvi lielā mērā nosaka vienveidīgu procesu dublēšanas veids vienā procesorā. Reenterablu programmu uzturēšana signālprocesorā nav attaisnojama tāpēc, ka signāla nolasīšanas biežums prasītu ļoti biežu reenterablās programmas izsaukšanu, t.i. lielus skaitļošanas resursus.

Šādiem pielietojumiem daudz efektīvāks risinājums ir signāla nolašu apkopošana blokos, kurus apstrādā fona laikā ar apakšprogrammu. Kā piemērs varētu būt DTMF (Dual Tone Multiple Frequency) toņu signālu detektēšana (Gunter 2000). DTMF toņu detektēšana ir nepārtraukts process, kura uzdevums ir atpazīt DTMF toņus ienākošajā datu plūsmā. Tikko noteikts signāla nolašu skaits ir uzkrāts, notiek datu bloka filtrēšana. Filtra izejas datus, savukārt, izmanto lai noteiktu atpazītā toņa vietu (rindu, kolonnu) toņu tabulā.

Turpretim, nav iespējams blokos veikt signālu filtrēšanu bals signālam, jo šeit katras nolases apstrāde jāpaspēj līdz nākošās nolases pienākšanas momentam.

Tādejādi, katrs signālapstrādes process ir jāizvērtē pēc tā potenciālā izvietoējuma fona vai pārtraukuma apstrādes programmā.

## 5. SLĒDZIENI

Rakstā ir veikta telekomunikācijas sistēmas signālapstrādes procesu iepriekšēja izpēte un tiek piedāvāta operacionālā vide, kurā vienā signālprocesorā tiek uzturēti vairāki procesi. Šāda programmatūras organizācija ļauj optimizēt signālprocesoru noslodzi un satur divas daļas: fona apakšprogrammu uzturēšanas daļu ar arbitru un saitēm kvaziparalēlu apakšprogrammu izpildei, kā arī pārtraukumu apstrādes programmu - ar nemainīgu algoritmu un izpildes daļu un saitēm kvaziparalēlu apakšprogrammu izpildei.

## BIBLIOGRĀFISKAIS SARAKSTS

- Bleiers, J. & Lavendels, J. 1999. Organization of multiple back ground tasks in real time signal processing software, *Enviromental Simulation*, Riga: 103-107. (*Boundary Field Problems and Computer Simulation*, 41<sup>st</sup> issue).
- Bleiers, J. & Veselis, N. 1997. Parallel resources for solving of telecommunication problems in a wireless communication system, *Environment Modelling Technologies*, Riga: 90 –96. (*Boundary Field Problems and Computers*, 40<sup>th</sup> issue).
- Gunter Schmer, 2000. DTMF tone generation and detection: An implementation using the TMS320C54x, *Application Report SPRA096A - May 2000*: Texas Instruments.
- Pumpurs, A., Lavendels, J. & Bleiers, J. 1998. Co-operation problems of control section and DSP multiprocessor for wireless communication system, *Proceedings of the 9<sup>th</sup> Internal Symposium on "System-Modelling-Control, Zakopane, 27-30 April 1998*.
- Texas Instruments 2000. *Technology innovations, Vol. 3, March 2000*: 6-13.

**Jānis Bleiers**, Dr.sc.ing.

*Riga Technical University, Environment Modelling Centre*

*Address: 1 Meza Str., Riga, LV-1048, Latvia*

*Phone: +371 7089518; E-mail: emc@egle.cs.rtu.lv*

**Juris Lavendels**, Dr.sc.ing.

*Riga Technical University, Software Department*

*Address: 1 Meza Str., Riga, LV-1048, Latvia*

*Phone: +371 7089573; E-mail: jurisl@egle.cs.rtu.lv*

**Bleiers J., Lavendels J. Reālā laika procesu uzturēšanas problēmas telekomunikāciju sistēmas signālapstrādes vidē.**

*Tiek apskatīta daudzprocesoru ciparu signālapstrādes vide, kurā katrs atsevišķs procesors uztur vairākus signālapstrādes uzdevumus. Piedāvātā programmatūra paredz katrā procesorā vairākus fona uzdevumus un vienu pārtraukumu apstrādes programmu, kas veic signālapstrādi cietā reālā laikā. Katrs signālapstrādes process var tikt pārstāvēts pārtraukumu apstrādes programmā un vairākos fona uzdevumos.*

**Блейер Я., Лавендел Ю. Поддержка процессов реального времени в среде обработки сигналов телекоммуникационной системы**

*Рассматривается мультипроцессорная среда для цифровой обработки сигналов. Каждый процессор в свою очередь поддерживает несколько процессов обработки сигналов. Предлагаемое программное обеспечение состоит из фоновой части, в которой квазипараллельно выполняются несколько задач и программы обработки прерываний, которая обеспечивает непосредственно обработку сигналов в жестком реальном времени. Каждый процесс обработки сигналов может быть представлен несколькими фоновыми задачами и несколькими задачами жесткого реального времени.*