

Система за интелектуална цифрова обработка на биомедицински сигнали в космически условия

Румен Недков

Институт за космически изследвания, БАН

I. Въведение

Проблемите, свързани с изследване, контрол и прогнозиране на здравословното състояние на астронавтите, са актуални за всяка космическа експедиция независимо от нейното времетраене.

За решаване на тези задачи на космическата медицина се налага да се използват нови по-съвършени инструменти, каквито са методите и системите за цифрова обработка на биомедицински сигнали (ЦОБС).

В тази насока са направени първи успешни стъпки [1—5]. Положителните резултати от тези първи опити дават основание да се направи извод, че е необходимо да се продължат изследванията в областта на ЦОБС.

Целта на тези изследвания са усъвършенстване на съществуващите и създаване на нови поколения системи за ЦОБС за работа в космически условия.

На базата на резултатите от апробирането на предложените системи за ЦОБС и изискванията към тях за работа в условия на микрогравитация при провеждане на медицински изследвания могат да се обобщят следните насоки за тяхното по-нататъшно развитие.

— Ефективно съвместяване на процесите на ЦОБС и символната обработка с цел създаване на поколения интелектуални системи за ЦОБС.

— Използване на цифрови сигнални процесори с харвардска структура за увеличаване на изчислителната мощност и работа в режим на реално време на системите за ЦОБС.

— Експресна валидация на резултатите от медицинските изследвания в условията на космическия полет. Диагностика, контрол и прогнозиране на здравословното състояние на астронавтите в реално време.

II. Архитектура на системата

А. Архитектурни принципи на организация на интелектуалната система за ЦОБС

Анализът на резултатите от използване на системи за ЦОБС при космически медицински изследвания показва, че в архитектурата на второто поколение системи (интелектуални системи за ЦОБС) трябва да бъдат отразени следните особености [5—7]:

— За постигане на висока скорост на обработката при максимални параметри на биоинформационния поток е необходимо всеки модул за ЦОБС да бъде автономен.

— Връзката между отделните модули на системата не трябва да зависи от алгоритъма за ЦОБС.

— Обменът на информацията между модулите за ЦОБС, аналоговия интерфейс и обслужващия микрокомпютър се осъществява с помощта на комуникационни процесори, които работят под управлението на главния монитор на системата. Първият комуникационен процесор служи за управление на обмена между модулите за ЦОБС и източника на информация (биодатчиците). Той се управлява от втория комуникационен процесор, т. е. от диспечера на шината за ЦОБС (ДШЦОБС).

Вторият комуникационен процесор управлява обмена на информацията по вътрешна шина (ВШЦОБС), която свързва отделните модули за ЦОБС.

— Възможност за развитие и усъвършенстване на системата при минимално (модулно) изменение на хардуера и софтуера.

Б. Структура на архитектурата

Структурната схема на системата за интелектуална ЦОБС (система за ЦОБС — второ поколение) е показана на фиг. 1.

Архитектурата е построена на основата на принципите, които са изложени в т. А. Конкретно това означава, че се осъществява разделяне на информационните потоци според техния обем и скорост. Реализира се паралелна ЦОБС, която ефективно е съвместена със символната обработка.

В предложената архитектура тези цели са постигнати, като са използвани отделни модули (апаратни и програмни) за ЦОБС, символна обработка и ефективни елементи за връзка и обмен на информацията между тях.

В качеството на свързващи елементи между ЦОБС и символната обработка е използван ДШЦОБС. Той управлява комуникациите между отделните модули на ЦОБС, интерфейса на обслужващия микрокомпютър (ИОМК) и неговата работа не зависи от алгоритъма на ЦОБС и алгоритъма на символната обработка.

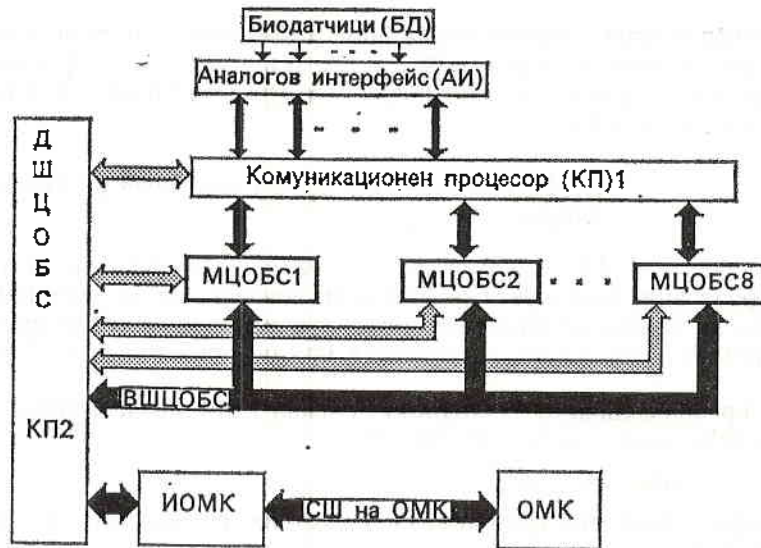
В архитектурата на системата са използвани осем модула за ЦОБС и един обслужващ микрокомпютър (ОМК).

В модулите за ЦОБС се реализира конвейерен режим на обработка на базата на цифровите сигнални процесори с харвардска структура.

В. Апаратни и програмни средства на системата

В качеството на модули за ЦОБС могат да се използват различни цифрови сигнални процесори с харвардска структура.

Известни са различни такива, като DSP56200, TMS320C2x, TMS320C3x,



Фиг. 1. Структурна схема на системата
 МЦОБС — модул за цифрова обработка на биомедицински сигнали, ИОМК — интерфейс на обслужващия микрокомпютър, ОМК — обслужващ микрокомпютър, СШ на ОМК — системна шина на ОМК, ВШЦОБС — вътрешна системна шина за цифрова обработка на сигнали

TMS320C5x, T9506, VSP (LEUTRON VISION), INMOS T800/805 или IMST414/425 [8—13].

В различни изследвания, където се използва ЦОБС, най-често се използва цифров сигнален процесор (ЦСП от английския превод на Digital Signal Processor — DSP) от типа TMS320Cxx, производство на фирмата Texas Instruments.

Този процесор е подходящ, защото за него съществуват разработена периферия и интерфейс, освен това има добре развит софтуер. Скоростта на последните разпространени версии (TMS320C2x до TMS320C5x) варира в границите от $28,6 \cdot 10^6$ до $33,0 \cdot 10^6$ операции за секунда (MIPS) [13].

В качеството на комуникационни процесори се използват стандартни 16/32 битови процесори INTEL 286/386 с тактова честота от 25 до 50 MHz.

В ролята на ОМК се използва процесор i386 с тактова честота от 25 до 50 MHz.

II. Методика на обработка

В общия случай биомедицинските сигнали (БМС) се разделят на два класа [14, 15]:

— Едномерни биомедицински сигнали. Към този клас могат да бъдат отнесени електроенцефалограми (ЕЕГ), евокирани потенциали (ЕП), електромиограми (ЕМГ), електрокардиограми (ЕКГ), електрооколограми (ЕОГ), артериално кръвно налягане (АКН), честота на сърдечния пулс (ЧСП), кожно съпротивление;

— Вторият клас БМС са двумерните. Към него се отнасят сигнали от радиологични прибори, рентгенови и томографски изображения, ултра-

звукови изображения, термоизображения. Обобщено към този клас могат да се причислят всички видове БМС, които имат двумерен характер.

В настоящата статия се разглежда методика за ЦОБС, които принадлежат и на двата класа.

А. Разпознаване на БМС с помощта на корелационен анализ

При постъпване на сигнал от БД той се преобразува в цифров вид, след което се извършва цифров автокорелационен анализ. Целта на автокорелационния анализ е разпознаване на сигнала на фона на шума и определяне на неговата принадлежност (ЕЕГ, ЕОГ, ЕМГ и др.).

След преобразуването изходният сигнал $x(k)$ представлява сума от истинския БМС $b(k)$ и шум $n(k)$ [16—18]

$$(1) \quad x(k) = b(k) + n(k).$$

Автокорелационната функция на сумарния сигнал $x(i)$ се представя с уравнението

$$(2) \quad C_{xx}(i) = \sum_{k=0}^{N-1} x(k) x(k-i).$$

При определена стойност на автокорелационната функция, която надвишава предварително зададена стойност C_{em} , се приема, че това е търсеният сигнал, в противен случай процедурата продължава.

След като бъде разпознат БМС, той се подлага на цифрова филтрация, целта на която е определяне на неговата принадлежност.

Едновременно с филтрацията се извършва и спектрален анализ с детайлизиране на информацията, която се съдържа в сигнала. Това е необходимо за следващия етап на обработката — експрес-анализ на контролираните психофизиологични параметри с цел установяване на здравословния статус на астронавтите и неговото прогнозиране.

Б. Филтрация и спектрален анализ на БМС

Филтрацията може да се реализира по няколко начина. Преимуществено в тези случаи се използват два метода на филтрация — цифрова филтрация, реализирана с помощта на цифрови филтри с крайна импулсна характеристика, и адаптивна цифрова филтрация. Математическите модели на двата метода на филтрация са отразени със следните изрази:

$$(3) \quad b(i) = \sum_{k=0}^{N-1} h(k) x(k-i),$$

$$(4) \quad e(i) = d(i) - \sum_{k=0}^{N-1} h(k) x(k-i).$$

Ако например е необходимо да се идентифицират α -, β - или δ -ритми, в първия случай се получава следният образ (за α -ритми):

$$(5) \quad \alpha^*(i) = \sum_{k=0}^{N-1} h(k) \alpha(k-i),$$

а при втория вид филтрация:

$$(6) \quad e_a(i) = d_a(i) - \sum_{k=0}^{N-1} h(k) a(k-i).$$

Експериментално може да се установи за кои типове БМС какъв вид филтрация трябва да се използва.

Спектралният анализ се реализира на базата на бързо преобразуване на Фурие (БПФ).

В. Експрес-анализ

Експрес-анализът се извършва с помощта на ОМК. Алгоритмите на обработката се определят в зависимост от вида на медицинските изследвания. Прогнозирането на здравословния статус се осъществява в реално време и не зависи от алгоритъма на ЦОБС.

Литература

1. Поталов, А. Н. и др. — Космическая биология и авиакосмическая медицина, 1991, № 4, 26—30.
2. Фор, А. Восприятие и распознавание образов. М., Машиностроение, 1989, 98—103, 113—122, 212—216.
3. Недков, Р. Д. и др. — Космическая биология и авиакосмическая медицина, 1991, № 5, 56—59.
4. Nedkov, R., S. Simeonov, S. Tapchev. — Аерокосмически изследвания в България, № 10 (под печат).
5. Баевский, Р. М. — Космическая биология и авиакосмическая медицина, 1991, № 4, 21—26.
6. Гас, В. К. и др. — Труды Института инженеров по электронике и радиоэлектронике. Перевод с англ. (Proceedings of the IEEE, 1987, 75, No 9, 120-136), 1987, 75, 120—136.
7. News Letters — LEUTRON VISION, 1991, No 10, 6-12.
8. Хилмен, Г. Д. и др. — Труды Института инженеров по электронике и радиоэлектронике. Перевод с англ. (Proceedings of the IEEE, 1987, 75, No 9, 52-60), 1987, 75, 52—60.
9. Куйсянъ, Л. и др. — Труды Института инженеров по электронике и радиоэлектронике. Перевод с англ. (Proceedings of the IEEE, 1987, 75, No 9, 8-28), 1987, 75, 8—28.
10. Сугай, М. и др. — Труды Института инженеров по электронике и радиоэлектронике. Перевод с англ. (Proceedings of the IEEE, 1987, 75, No 9, 28—29), 1987, 75, 28—29.
11. Digital Signal Processing Application with the TMS320 Family. Texas Instruments. Signal Processing Series, Prentice Hall, 1988-1991, 1-3.
12. Image Processing with LEUTRON VISION — more than 10 years of experience. Product Catalog, 1991, 18—20.
13. Texas Instruments TMS320C5x DSP. Preview Bulletin — Printed in USA, 1990, 1-7.
14. Канелини, В. и др. Цифровые фильтры и их применение. М., Энергоатомиздат, 1983, 295—307.
15. Шагас, Ч. Вызванные потенциалы мозга в норме и патологии. М., Мир, 1972.
16. Макс, Ж. Методы и техника обработки сигналов при физических измерениях. М., Мир, 1, 1983, 203—210.
17. Макс, Ж. Методы и техника обработки сигналов при физических измерениях. М., Мир, 2, 1983, 160—164.
18. Блейхут, Р. Быстрые алгоритмы цифровой обработки сигналов. М., Мир, 1989, 18—31.

Постъпила на 7. IV. 1993 г.

System for intelligent digital biosignal processing on space board

Roumen Nedkov

(S u m m a r y)

In the article the problems of digital biosignal processing (DBSP) on space board are examined. As an instrument for realization of DBSP an intelligent system is proposed. In this system the digital and the symbol processing are distinguished.

The proposed intelligent system is a new generation system.