

МІЖНАРОДНИЙ ГУМАНІТАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІНСТИТУТ ПРАВА, ЕКОНОМІКИ ТА МІЖНАРОДНИХ ВІДНОСИН  
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

## ДИПЛОМНА РОБОТА МАГІСТРА

на тему:

Забезпечення відмовостійкості обчислювальної системи з автоматичним  
розподілом ресурсів

Виконав: студентка 2 курсу  
зі спеціальності 123 «Комп'ютерна  
інженерія» за другим (магістерським)  
рівнем вищої освіти

Бушуєва М.В.

Науковий керівник: к.т.н., доцент

Гура В.І.

Одеса – 2020 рік

## ЗМІСТ

СПИСОК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	6
РЕФЕРАТ .....	7
ВСТУП .....	10
1 ОГЛЯД МЕТОДІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІДМОВОСТІЙКОСТІ В СУЧАСНИХ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ.....	13
1.1 Основні поняття відмовостійкості обчислювальних систем .....	13
1.2 Дослідження методів виявлення помилок і відновлення функціонування обчислювальних систем після виявлення збою .....	23
1.3 Дослідження практично реалізованих відмовостійких обчислювальних систем .....	35
1.4 Проблеми забезпечення відмовостійкості багатопроцесорних обчислювальних систем нетрадиційної архітектури, керованих потоком даних.....	57
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1 .....	61
2 ДОСЛІДЖЕННЯ АРХІТЕКТУРИ ТА ОСОБЛИВОСТЕЙ ОРГАНІЗАЦІЇ ФУНКЦІОНУВАННЯ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНИМ РОЗПОДІЛОМ РЕСУРСІВ.....	62
2.1 Дослідження принципів організації обчислювальних процесів в системі з автоматичним розподілом ресурсів.....	63
2.2 Аналіз архітектури і визначення ролі і завдань системи контролю і забезпечення відмовостійкості обчислювальної системи з автоматичним розподілом ресурсів .....	69
2.3 Параметри надійності обчислювальної системи з автоматичним розподілом ресурсів.....	82
2.4 Дослідження варіантів реалізації структури відмовостійкості виконавчого пристрою .....	83
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2 .....	90

3	АЛГОРИТМИ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІДМОВОСТІЙКОСТІ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ З АВТОМАТИЧНИМ РОЗПОДІЛОМ РЕСУРСІВ.....	92
3.1	Алгоритми роботи системи апаратного контролю багатопоточного виконавчого пристрою.....	93
3.2	Пристрої, що входять до складу багатопоточного виконавчого пристрою, алгоритми їх функціонування і методи контролю їх роботи .....	96
3.3	Алгоритми передачі інформації, необхідної для відновлення обчислювального процесу, на справний багатопоточний виконавчий пристрій в разі виникнення відмови одного з багатопоточного виконавчого пристрою.....	100
3.4	Алгоритми роботи системи апаратного контролю модулю асоціативної пам'яті.....	95
3.5	Алгоритми збереження резервної копії завдання в контрольних точках графа завдання, виконуваної на обчислювальній системі з автоматичним розподілом ресурсів, і алгоритму відновлення завдання з резервної копії в разі відмови пристроїв.....	106
	ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3 .....	115
	ВИСНОВКИ ДО МАГІСТЕРСЬКОГО ДОСЛІДЖЕННЯ.....	116
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	118

## ABSTRACT

Bushueva M.V.: Maintenance of three tolerance of the computing system with automatic distribution of resources. - Manuscript.

Consists of the introduction, four heads, the list of the literature from 49 names. Work is stated on 122 pages of the typewritten text, including 30 drawings and tables.

Object of research is the computing system new nonconventional architecture with automatic distribution of resources.

Object of research is the organization of the hardware control of parallel computing processes for the purpose of maintenance failure-safe functioning and reliability of given out information BCAPP.

Researches were spent with theory use is fault tolerance, reliability and technical diagnostics of computing systems, the theory of high-efficiency parallel calculations and techniques of designing of difficult computer complexes with application of systems of the automated designing.

As a result of the carried out research of essentially new architecture of the computing system with automatic distribution of resources are defined a role and problems of the monitoring system of calculations in the investigated computing system.

Results executed BKP are recommended to be used by master in educational process at studying of special of chair.

Forecast development of object of researches – updating of techniques.

Diagnostics and the control; of computing systems.

**Keywords:** computer with automatic distribution resources, fault tolerance, failure in functioning.

Досліджені в роботі методи організації апаратного контролю обчислювальних процесів і алгоритми забезпечення відмовостійкого функціонування пристроїв обчислювальної системи з автоматичним розподілом ресурсів забезпечують високу достовірність видаваної інформації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Курейчик В.М., Родзин С.И. Контролепригодное проектирование и самотестирование СБИС: проблемы и перспективы. М.: Радио и связь, 1994.
2. Родзин С.И. Программно-аппаратные методы и модели обеспечения отказоустойчивости вычислительных систем/Проблемы и перспективы развития устройств автоматики, связи и ВТ.-Ростов-Дон: РГУПС, 2000.
3. Согомонян Е.С, Слабаков Е.В. Самопроверяемые устройства и отказоустойчивые системы. — М.: Радио и связь, 1989.
4. Журавлев Ю.П., Котелюк Л.А., Циклинский Н.И. Надежность и контроль ЭВМ. — М.: Сов. Радио, 1978.
5. Селлерс Ф. Методы обнаружения ошибок в работе ЭЦВМ. - М.: Мир, 1972.
6. N.Suri, C.Walter, M.Hugue. Advances in Ultra-Dependable Distributed Systems/ IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, Ca. 1995.
7. Akers S., Krishnamurthy B. A Group-Theoretic Model for Symmetric Interconnection Networks//IEEE Tr. On Comp., V.38, N 4, April 1989, p.555-565.
8. Smith T. High Performance Fault-Tolerant Real Time Computer Architecture.//FTCS-16, Vienna, Austria, 1986.
9. Jonson D. The Intel 432: A VLSI Architecture for Computer Systems.//Computer, V.17, N3, August 1984, pp. 40-48.
10. Васильев Н.П. и др. Самовосстанавливаемая управляющая ВС// В книге III Всесоюзное совещание по технической диагностике. М., Наука, 1975.
11. Согомонян Е.С. Отказоустойчивые избыточные структуры.// Автоматика и телемеханика, 1986, N 10.
12. Wakerly J. Tripled Modular System Organization.// IFIP Congress, Stockholm, Sweden, 1974.
13. Ведешенков В.А. Об организации самодиагностируемых цифровых систем.// Автоматика и телемеханика, N7, 1983.
14. Гарднер Х. Полностью аппаратное резервирование без участия программ// Электроника, 1983, N2, стр. 39-43.

15. Wallance J.J. Bames W.W. Designing for Ultrahigh Availability: the RTR Operating System// Computer, 1984, N8, p. 31-39.
16. Харченко В.С. Модели и алгоритмы реконфигурации отказоустойчивых систем с адаптивной многоярусной мажоритарно-резервированной структурой.// Автоматика и телемеханика, N8,2000.
17. Кривоносое А.И., Меховской Н.Ф. и другие. Эскизный проект. Бортовая цифровая вычислительная машина унифицированной космической платформы. КБЭ (г.Харьков), 1990, печ.
18. Каравай М.Ф., Согомонян Е.С. Reliability Analysis of Redundant Systems.// FTCS-8, Toulouse, France, 1978.
19. Веселовский Г.Г., Куприянова М.В. Анализ некоторых комбинаторных свойств двоичного гиперкуба.// Автоматика и телемеханика, N8, 1997, стр. 178-187.
20. J. R. Sklaroff, "Redundancy Management Technique for Space Shuttle Computers," ЮММ J. Res. Develop. 20, pp. 20-28 (Jan. 1976).
21. Preparata F. On the Connection Assignment Problem of Diagnosable System.// IEEE Tr. On Electr. Computers, EC-16,1967.
22. Кеннет А. Многопроцессорная архитектура для обработки транзакций.// Электроника, т. 56, N2, 1983.
23. Carr R. The Tandem global update protocol./ Tandem Syst. Rev. 1,2,1985.
24. Rennels D. FT computing - Concepts and Examples.// IEEE Tr. On Comp., V. C-33, N 12, Dec., 1984. 25. Lala J. et al. A Design Approach for Ultra-Reliable Real-Time Systems.// Computer, V 24, N 5, May, 1991.
25. Cristian F. Understanding Fault-Tolerant Distributed Systems.// Communication of ACM, V 34, N2, Febr. 1991, pp. 57-78.
26. Lapri J. et al. Definition and Analysis of Hardware- and Software- Fault Tolerant Architecture.// Computer, V 23, N 7, July 1992.

27. Analog Devices: New Product Applications - ADSP 21xx SHARC Processors, 1999.
28. Шнитман В.З. Современные высокопроизводительные компьютеры [Электронный ресурс] 1/ Центр Информационных Технологий. - 1996. — Режим лоступа: <http://citforum.ru/hardware/svk/contents.shtml>. - Загл. с экрана.
29. Каравай М.Ф. Математические основы отказоустойчивости./ Методы и системы технической диагностики. Саратов: изд. СГУ, 1990. Вып. 14. 4.1 С.3-7.
30. Agerwala T., J.L.Martin, J.H.Mirza and others "SP2 System Architecture" // ЮМ Systems Journal, Vol. 34, М 2,1995.
31. Кузьминский М., Волков Д. Современные суперкомпьютеры: состояние и перспективы // Открытые Системы. - 1995.-№6
32. Мокрушин Л.А. Концепция компьютеров потока данных: Обзор-реферат. / Л.: ЛЭТИ, каф.Иит, 1990 .
33. Agervala T., Arvind. Data Flow Systems // Computer.-Vol.15. -No.2. Feb, 1982.-P. 10-13
34. Buck J.T., Scheduling dynamic dataflow graphs with bounded memory using the token flow model // Thesis of dissertation for the degree of Doctor of Philosophy, University of California at Berkeley, 1993.
35. Dennis J., Data Flow Supercomputers // Computer.- Vol.13. -No.1 1. Nov, 1980.-P.48-56
36. Dennis J.. The Evolution of 'Static' Data-Flow Architecture // Advanced Topics in Dataflow Computing, ed. L. Bic and J.-L. Gaudiot, Prentice Hall, 1991. - P.35-91.
37. Kavi K.M., J. Arul, R. Giorgi. Execution and Cache Performance of the Scheduled Dataflow Architecture // Journal of Universal Computer Science, Vol. 6, no. 10, 2000.

38. Culler D., "The Explicit Token Store" // Journal of Parallel and Distributed Computing., vol.10,289-308, 1990.
39. Гиндбург А., М. Милчев, Ю. Солоницын, «Периферийные устройства» // СПб: ПИТЕР, 2001.
40. Гордеев А.В., Молчанов А.Ю. "Системное программное обеспечение" // СПб: ПИТЕР, 2002.
41. J. Silc, B. Robic, T. Ungerer. Asynchrony in parallel computing: From dataflow to multithreading // Parallel and Distributed Computing Practices. - March 1998. - Vol.1, No.I. -P.56-82.
42. J.B. Denis, G.R. Gao. Multithreaded Architectures: Principles, Projects and Issues // ACAPS Technical Memo 29, MIT, 1994.
43. Arvind, A.T. Dahbura, A. Caro. Computer Architecture Research and the Real World // Computation Structures Group Memo 397, MIT Laboratory for Computer Science, Cambridge, MA, April 23, 1997.
44. Фетисов Н.С. Архитектура многопроцессорной вычислительной системы потока данных // Препринт 11. м.: ВЦКП АН СССР, 1991.
45. C. Ruggiero, J Sargeant. Control of Parallelism in the Manchester Dataflow Machine // In Functional Programming Languages and Computer Architecture, number 274 in Lecture Notes in Computer Science, P.1-15. Springer Verlag, 1987.
46. Мокрушин Л.А. Концепция компьютеров потока данных: Обзор-реферат. - Л.: ЛЭТИ, каф. ИИТ, 1990.
47. K.R. Traub, G.M. Popadopoulos, M.J. Beckerle, J.E. Hicks, J. Young. Overview of the Monsoon Project // Proceedings of the 1991 IEEE International Conference on Computer Design, Cambridge, MA, October 1991.
48. Бурцев В.С., "Выбор новой системы организации выполнения высокопараллельных вычислительных процессов, примеры возможных архитектурных решений построения суперЭВМ. "В кн. "Параллелизм вычислительных процессов и развитие архитектуры суперЭВМ"/М, 1997, с.41.

49. Бурцев В.С., "Система массового параллелизма с автоматическим распределением аппаратных средств суперЭВМ в процессе решения задачи. "Воб. Вычислительные машины с нетрадиционной архитектурой. // СуперЭвм. Выпуск 2, М. ВЦКП РАН, 1994г., с. 3-37.