

На правах рукопису

УДК 621.317:681.518

Шило Володимир Миколайович

**СТРУКТУРНА ОРГАНІЗАЦІЯ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ВІДКРИТИХ ІНФОРМАЦІЙНО-
ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ ПІДВИЩЕНОЇ ШВИДКОДІЇ**

Спеціальність 05.11.16 - інформаційно-вимірювальні системи
(в науці та промисловості)

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ - 1994

46 31. 880

Роботою є рукопис
Роботу виконано на кафедрі автоматизації експериментальних
досліджень Київського політехнічного інституту

Науковий керівник - доктор технічних наук, професор
Туз Ю. М.

Офіційні опоненти - доктор технічних наук, професор
Кадук Б. Г.
кандидат технічних наук
Зеленевський В. С.

Ведуча організація - ВО ім. С. П. Корольова

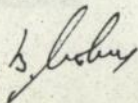
Захист відбудеться "20" лютого 1995р.
о 15 год. 00 хв. в ауд. 301, корп. 18, на засіданні спеціалізованої
Ради K068.14.14 при Київському політехнічному інституті за адресою:
252056, м. Київ-56, пр. Перемоги, 37, корпус 18

Відгук на автореферат у двох примірниках, які завірюються
печаткою, просимо надсилати за вказаною адресою на ім'я вченого
секретаря спеціалізованої Ради

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці інституту.

Автореферат розісланий "26" згрудня 1994р.

Вчений секретар спеціалізованої Ради,
кандидат технічних наук, доцент



Літвіч В. В.

ЛНБ України ім.В.Стефаніка



00756174 (U)

ЛНБ ім. В. Стефаніка
АН України

1. АНОТАЦІЯ

В дисертаційній роботі розглянуті загальні та спеціальні питання інтелектуалізації вимірювань у відкритих інформаційно-вимірювальних системах (ІВС) та побудови системного та прикладного програмного забезпечення інтелектуальних вимірів у відкритих ІВС підвищеної швидкодії.

1.1 Мета роботи

МЕТОЮ дисертаційної роботи є підвищення швидкості вимірювань у відкритих ІВС та скорочення часу на модернізацію ІВС для виконання нових вимірювальних задач шляхом розробки алгоритмів і структур програмних засобів, які використовують приладно-орієнтовану базу знань.

1.2 Для досягнення поставленої мети у дисертаційній роботі поставлено такі **ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ:**

1. Порівняльний аналіз і класифікація інтелектуальних відкритих ІВС стосовно їх інтерфейсів, інструментальних мов опису вимірювальних процедур та програмного забезпечення (ПЗ) з метою обґрунтування підходу до інтелектуалізації вимірювань у них, яка дозволила б підвищити швидкість вимірювань інтегрованих до складу системи приладів при одночасному скороченні часу, необхідного для перебудови системи для виконання нових вимірювальних задач.

2. Розробка процедури інтелектуалізації вимірювань у відкритих ІВС, що відрізняється використанням універсальної мови програмування всіх приладів системи та застосуванням стандартизованих засобів опису її ресурсів у вигляді відкритого драйверу, що являє собою приладно-орієнтовану базу знань.

3. Розробка структурно-функціональної організації програмних засобів, які реалізують запропоновану процедуру інтелектуалізації та використовують наявні апаратні засоби системи у вигляді інтелектуальних приладів.

4. Створення Інженерної методики проектування програмного забезпечення інтелектуальних відкритих ІВС, призначених для реалізації функцій автоматизованого повірювання робочих засобів вимірювання.

1.3 На захист виносяться такі **ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ:**

1. Узагальнений підхід до інтелектуалізації вимірювань у відкритих ІВС.

2. Процедура інтелектуалізації вимірювань у відкритих ІВС на основі запропонованих алгоритмів: попередньої генерації залежних від приладу керуючих кодів, автоматичного синтезу контекстних підстановок, ресурсно-орієнтованого автоконфігурування систем з віртуальних приладів.

3. Структурно-функціональна організація програмних засобів: бази вимірювальних знань у формі відкритого прикладного драйверу, інтелектуального пакету прикладних програм для ІВС і його підсистем: лінгвістичного процесора інструментальної мови високого рівня та конструктора відкритих драйверів вимірювальних приладів.

4. Інженерна методика проектування програмного забезпечення інтелектуальних відкритих ІВС, призначених для реалізації функцій автоматизованого повірювання

робочих засобів вимірювання, яка використовує при моделюванні архітектури системи та керуванні повірюваними, зразковими та допоміжними засобами вимірювання відкриті драйвери.

2. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

2.1 Актуальність роботи.

Необхідність прискорити розробку та впровадження нових інформаційних технологій за рахунок розподілу і подальшого інтегрування зусиль багатьох розробників та промисловців призвела до розвитку інформаційно-вимірювальних систем у напрямку їх відкритості. Концепція відкритих систем відбиває сучасний науково-технічний та технологічний рівень вимірювальної техніки, а відповідні ІВС складають стандартну базу для побудови інтегрованої системи розробка/виробництво-контроль/експлуатація, сумісної з стандартами міжнародних органів сертифікації. Комп'ютеризація вимірювань призвела до того, що сучасні засоби вимірювань отримали можливість цілеспрямованого вибору раціонального алгоритму вимірювань у передбаченій розробником ситуації, що можна трактувати як їх інтелектуалізацію, яка є нині одним з основних напрямків розвитку сучасних вимірювальних приладів та систем. Сьогодні у цій області досліджень найбільш відомі праці таких українських та російських вчених, як В. Н. Іванов, П. П. Орнатський, Г. С. Поспелов, С. В. Прокопчина, Ю. М. Туз, Е. І. Цветков, а також зарубіжних дослідників - Д. Хофмана, А. Вейцмана та інших. Серед практичних результатів найважливіші були отримані спеціалістами таких фірм, як Hewlett-Packard, National Instruments, Briel&Kjaer.

Але до цього часу не були пророблені теоретичні та практичні аспекти, що стосуються використання інтелектуального підходу для підвищення швидкості вимірювань у відкритих ІВС. Важливе місце, яке посідає програмне забезпечення у відкритих системах, визначає **АКТУАЛЬНІСТЬ** розробки програмних засобів, які дозволили б інтегрувати до складу таких систем вимірювальні прилади різних поколінь та виробників, досягти при цьому максимально швидкого обміну інформацією в системі і водночас скоротити вартість модифікації ІВС до нових вимірювальних задач. Це являє собою складну науково-технічну проблему, що утворилася на межі вимірювальної та обчислювальної техніки та вимагає побудови пакетів прикладних програм, які дозволяли б інженеру-вимірювачу вирішувати вимірювальні задачі по їх опису та вхідним даним без прямого програмування процесу вирішення цих задач, конфігуруючи ІВС згідно з умовами завдання. Жоден з проектів такого напрямку не був повністю впроваджений у виробництво, а наявні пакети мають ряд особливостей, таких, як орієнтованість на апаратну та програмну підтримку тієї ж фірми, розміщення їх найбільш важливих складових частин у ПЗУ, приховані механізми програмування приладів на регістровому рівні, що суттєво утруднює їх використання у нашій країні. Внаслідок складності та різноманітності проблем, що з'являються при цьому, загальна теорія побудови таких програмних засобів тільки починає формуватися, але її розвиток стримується тим, що

структурно-алгоритмічна конструкція сучасних комерційних програм складає ноу-хау фірми-власника і тому не розголошується.

2.2 Методи дослідження

Під час вирішення поставлених у роботі теоретичних і практичних задач використано алгоритми та методи загальної теорії інформаційно-вимірювальних систем, об'єкто-орієнтованого проектування складних систем, автоматизації розробки програмного забезпечення, штучного інтелекту, комп'ютерної лінгвістики та теорії множин. Експериментальні дослідження проводилися на сучасному вимірювальному обладнанні, включаючи прилади в стандарті VXI(HP-75000, Hewlett-Packard) та IEEE 488.2 (National Instruments, Rohde & Schwarz), по розробленим програмам на алгоритмічних мовах C++, HP BASIC/QBASIC, SCPI, ITG. Обробка результатів моделювання та експерименту проводилася з використанням методів математичної статистики.

2.3 Наукова новизна.

1. Теоретично та експериментально обґрунтований підхід до інтелектуалізації вимірювань у відкритих ІВС на основі використання бази вимірювальних знань у формі драйверу вимірювального приладу, який містить сигнально-орієнтовану модель, відтворюючу функціональні можливості приладу, та відповідаючий міжнародним стандартам опис його технічних та метрологічних властивостей. Відрізняється застосуванням об'єктового принципу побудови та універсальної мови програмування вимірювальних процедур, що дозволяє інтегрувати до складу системи засоби вимірювальної техніки, підтримуючі будь-який стандартний міжприладний інтерфейс, та дає можливість для реалізації автоматичного синтезу вимірювальних систем під прикладні завдання.

2. Розроблена процедура інтелектуалізації вимірювань у відкритих ІВС, що дозволяє підвищити інтерактивну швидкість приладів у системі та знизити час на розробку і перенесення програмного забезпечення на інші відкриті ІВС, яка базується на розроблених алгоритмах: предгенерації залежних від приладу керуючих кодів, автоматичного синтезу контекстних підстановок, ресурсно-орієнтованого автоконфігурування систем з віртуальних приладів.

3. Розроблена нова структурно-функціональна організація ряду програмних засобів, що реалізують запропоновану процедуру інтелектуалізації вимірювань у відкритих ІВС: загальні структури інтелектуального пакета прикладних програм та відкритого структурного драйвера, а також входячих до пакету підсистем Лінгвістичного Процесора інструментальної мови високого рівня і Інтерактивного Конструктора відкритих драйверів вимірювальних приладів.

4. Створена Інженерна методика проектування програмного забезпечення інтелектуальних відкритих ІВС, призначених для реалізації функцій автоматизованого повірювання робочих засобів вимірювання, що містить п'ять основних етапів: ідентифікація процесу повірювання, синтез апаратно-незалежної програми керування апаратурою, моделювання архітектури системи, визначення кращого варіанту з альтернативних за допомогою системи показників, деталізація технічних рішень та

компоновка системи. Принципова відмінність від існуючих методик полягає у створенні базового програмного забезпечення системи, яка розглядається як об'єднання віртуальних приладів, перед фактичним визначенням реальних приладів у структурі системи та у застосуванні на усіх етапах проектування відкритих приладних драйверів, що дозволяє проводити обслуговування та модернізацію апаратури без зміни базового програмного забезпечення, що суттєво прискорює цей процес.

2.4 Практична цінність та впровадження результатів роботи.

У дисертаційній роботі здобувачем отримані такі важливі практичні результати:

1. Розроблені нові науково-технічні рішення, необхідні для побудови програмно-забезпечення інтелектуальних відкритих ІВС, в яких керування приладами, що підтримують будь-який стандартний міжприладний інтерфейс, виконується за допомогою універсальної мови програмування вимірювальних процедур, дозволяючи створювати апаратно-незалежні програми для виконання вимірювальних задач і повністю відповідаючи вимогам міжнародних стандартів.

2. Розроблено пакет прикладних програм, до складу якого ввійшли препроцесор/парсер інструментальної мови SCPI, інтерактивний конструктор приладних драйверів, менеджер віртуальних ресурсів та підсистема панельного програмування приладів. Пакет призначений для інтелектуалізації вимірювань у відкритих ІВС, що дає можливість використовувати віртуальні об'єднання порівняно простих і дешевих вимірювальних модулів замість дорогих багатофункціональних приладів та може використовуватися в наукових, промислових та улюблених цілях.

3. Створено Інженерну методику розробки програмного забезпечення інтелектуальних відкритих ІВС, призначених для реалізації функцій автоматизованого повірювання робочих засобів вимірювання. Методика дозволяє легко адаптуватися до змін у технічному забезпеченні системи, забезпечити зручність виконання алгоритмів повірювання, автоматичну обробку інформації та її документування та супроводити кожен прилад інформацією про його індивідуальні метрологічні показники, яка придатна для безпосереднього використання системою, зменшити кількість виконуваних оператором функцій за рахунок їх автоматизації. Методика впроваджена в навчальний процес, що підтверджено відповідним актом.

4. На основі проведених теоретичних та експериментальних досліджень розроблені та передані замовникам комплект інструментальних програмних засобів автоматизації проектування програмних засобів відкритих ІВС та програмне забезпечення системи автоматизації для технологічного контролю і регламентного обслуговування бортового і наземного авіаційного радіоелектронного обладнання, які отримали позитивні оцінки, підтверджені актами про використання.

Результати роботи можуть бути використаними:

- в авіаційній промисловості для побудови бортових ІВК і для вирішення завдань наземного контролю авіаційного обладнання та автоматизації вимірювань;

- в оборонній промисловості для побудови керуючих систем озброєнь та для вирішення завдань метрологічного забезпечення виробництва, регламентного обслуговування та повірювання радіоелектронного обладнання;
- в енергетиці та промисловій автоматичі для побудови систем управління;
- в радіоелектронній промисловості для автоматизації технологічних операцій;
- в учбовому процесі по підвищенню кваліфікації науково-технічних працівників вищої школи.

Результати роботи були використані під час виконання науково-дослідних держбюджетних та госпдоговірних робіт кафедри АЕД у 1991-1994 роках за програмою ДКНТ України 6.4 "Засоби створення комп'ютерних інтегрованих виробництва" у НПК "Електронприлад", м. Київ та у ХПКБ "Авіаконтроль", м. Харків, в учбовому процесі (підвищення кваліфікації наукових працівників КПІ) відділом продовженої інженерної освіти КБ інформаційних систем КПІ.

2.5 Апробація роботи

Результати дисертаційної роботи доповідалися та обговорювалися на конференціях: науково-технічній конференції "Застосування обчислювальної техніки і математичних методів в наукових та економічних дослідженнях"/Київ, 1991/, міжнародній науково-технічній конференції "Пам'яті академіка М. П. Кравчука" в секції "Застосування обчислювальної техніки та математичних методів у наукових дослідженнях" /Київ, 1992/, 5-й міжнародній конференції IMECO "Electrical Measuring Instruments for Low and Medium Frequencies" /Австрія, Відень, 1992/, міжнародній конференції/виставці асоціації VERA+ & VITA "VVSopex93 - VME/VXibus в промисловості та наукових дослідженнях"/Москва, 1993р./.

2.6 Публікації

Матеріали дисертаційної роботи відображені у 6 друкованих працях (тези доповідей на науково-технічних конференціях, з них 5 на міжнародних).

2.7 Структура та розмір роботи

Дисертаційна робота складається з вступу, чотирьох глав, висновку, переліку літератури та семи додатків, основний її текст викладено на 187 машинописних сторінках, ілюстровано 38 малюнками та 6 таблицями на 40 сторінках. Список цитованої літератури містить 119 назв.

3. ГОЛОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступній частині роботи розглянуто розвиток інформаційно-вимірювальних систем з точки зору вдосконалення їх міжприладних інтерфейсів та комп'ютеризації вимірювань з приділенням особливої уваги інтелектуальним засобам вимірювань та системам. Відзначається місце інтелектуалізації як одного з основних напрямків розвитку сучасних вимірювальних приладів і систем, який має особливе значення для підвищення швидкості вимірювань у відкритих ІВС і недостатньо пророблений на сучасному рівні. Подано визначення інтелектуального вимірювального приладу та інтелектуальної ІВС за сукупністю їх морфологічних та функціональних властивостей. Наголосе-

но на принципову важливість вирішення комплексу задач інтелектуалізації при підвищенні швидкості вимірювань та окреслено основні напрямки досліджень, пов'язані з розробкою та вдосконаленням програмного забезпечення інтелектуальних вимірювань. Подано стислу характеристику роботи.

У першій главі роботи проведено огляд літератури з питань, пов'язаних з найбільш важливими аспектами інтелектуалізації вимірювань і подано приклади інтелектуальних засобів вимірювань. Шляхом розгляду високошвидкісних міжприладних інтерфейсів відкритих ІВС робиться висновок, що завдяки ієрархічній системній організації, гнучкому конфігуруванню та керування приладами як за допомогою повідомлень, так і шляхом прямого зчитування/запису регістрів найбільш придатним з них для побудови інтелектуальних систем є VXI. При існуванні великої кількості програмного забезпечення (ПЗ) для обслуговування вимірювань у відкритих ІВС дуже важливим буде стандартизація ПЗ ІВС, отож наведено її основні напрямки. Звернувши увагу на існування двох моделей побудови ПЗ, вибирається як більш перспективна рівнева модель і робиться класифікація ПЗ відкритих ІВС на основі вдосконаленої рівневої моделі.

При огляді наявних мов програмування вимірювальних процедур підкреслено переваги мові SCPI (Standard Commands for Programming Instrumentation), як незалежної від класу приладу, побудованої на легко нарощуваній ієрархічній структурі та завдяки сигнально-орієнтованій моделі забезпечуючій вертикальну, горизонтальну та функціональну сумісність приладів. Тому при програмуванні інтелектуальних приладів використання SCPI буде найбільш ефективним, але вітчизняні засоби реалізації SCPI відсутні внаслідок значних труднощів при алгоритмізації та необхідності вирішення ряду теоретичних проблем концептуального рівня. Для подолання цих перешкод розглядається комплекс задач інтелектуалізації та методів їх розв'язання і обґрунтовується необхідність розробки нових підходів до їх вирішення, класифіковано інтелектуальні відкриті ІВС за запропонованою схемою та наведено приклади їх промислової реалізації.

У другій главі роботи на основі розгляду компонентів відкритих ІВС (проаналізовано позиції National Instruments, Hewlett-Packard, Bruel&Kjaer) вироблено узагальнений підхід до інтелектуальних вимірювань у відкритих ІВС, в основу якого покладено визначення інтелектуальних приладу, системи та вимірювання. Інтелектуальним вимірювальним приладом (ІВП) вважається засіб вимірювань, створений для вироблення вихідного сигналу у формі, доступний для сприйняття комп'ютером, з яким він з'єднується по стандартному міжприладному інтерфейсу, здатний приймати рішення про проведення вимірів, базуючись на знаннях, і відповідаючий необхідним і достатнім ознакам на морфологічному і функціональному рівні. Сукупність таких засобів вимірювань, що не суперечить основним ознакам відкритих систем, у поєднанні з засобами обчислювальної техніки, при керуванні якими застосовані засоби штучного інтелекту, яка виконує загальну задачу отримання інформації про об'єкт вимірювання і коректує її згідно з закладеними як в прилади, так і в зовнішню для них базу

вимірювальними знаннями, запропоновано називати інтелектуальною відкритою ІВС. Інтелектуальними вимірюваннями у відкритих ІВС (ІВВ ІВС) при цьому вважаються вимірювання з наступними ознаками:

- ІВВ ІВС являють собою комп'ютеризовані автоматизовані вимірювання;
- ІВВ ІВС провадяться за допомогою ІВП;
- для забезпечення єдності та точності ІВВ ІВС базуються на відкритих міжнародних стандартах на апаратне та програмне забезпечення ІВП, що дають засоби опису сигналів, процесів та ресурсів системи. Ці описи переводяться у форми, необхідні для сприйняття комп'ютером, за допомогою інструментальних програмних засобів;
- робочий цикл ІВВ ІВС складається з п'яти етапів: сприйняття інформації, ідентифікації вимірювальної ситуації та встановлення множини алгоритмів вимірювань, вибір кращого алгоритму з числа можливих, синтез віртуального ІВП, власне проведення вимірів;
- для керування ІВВ ІВС користуються єдиною універсальною мовою програмування вимірювальних процедур, реалізація якої опирається на відкритий структурний драйвер вимірювального приладу (ВСД), забезпечуючий інтерфейси доступу до ресурсів системи, поєднаного з засобами машинної графіки, реалізованої у формі інтелектуального проблемно-орієнтованого графічного інтерфейсу;
- при проведенні ІВВ ІВС має місце адаптація до умов проведення вимірів шляхом автоматичного конфігурування приладів, включення логічного виводу та прийняття рішень у вимірювальний процес, запам'ятовування конфігурацій обладнання з можливістю їх подальшого використання.

Показано, що при впровадженні процедури інтелектуалізації вимірювань у відкритих ІВС на основі запропонованих теоретичних припущень потрібно дати загальний опис предмету ІВВ ІВС і на цій базі виділити методи рішень локальних задач інтелектуалізації, для чого адаптовано для відкритих ІВС виведену С.В. Прокопчиною формулу результату узагальнених інтелектуальних вимірювань, уводячи до неї показники V_k та G , що дає у підсумку:

$$\{h_k\} = Q\{\varphi_j, \{x_\ell\}, V_k, \{z_m\}, \{r_\ell\}, G\} \quad (1)$$

$$k=1..K, j=1..J, \ell=1..L, \ell=1..L, m=1..M, \varphi_j \in \Phi_j, x_\ell \in X_\ell, r_\ell \in R_\ell, z_m \in Z_m,$$

$$\lim V_k \rightarrow 0, \lim G \rightarrow 1$$

де $h_k \in H_k$ - результат інтелектуального вимірювання, що належить множині рішень H_k ; K - число можливих рішень задачі інтелектуалізації; Q - функція оптимізаційного правила вибору рішення, визначаючого в процесі вимірювань структуру алгоритма φ_j з множини можливих алгоритмів Φ_j ; $\{x_\ell\}$ - множина експериментальних даних, отриманих в результаті прямих вимірювань; V_k - інтерактивна швидкість k -го вимірювання, $\{r_\ell\}$ - множина ресурсів системи, відбиваючих метрологічні та техніко-економічні обмеження; $\{z_m\}$ - апіорна інформація про об'єкт вимірювань, що містить апіорні можливості окремих рішень і неформальні знання про об'єкт вимірювань з відповідних множин X_k ,

$R_L, Z_M; G$ - адаптований К. Вейцманом показник можливостей системи по розвитку та вдосконаленню.

Використання мови SCPI як єдиного засобу керування апаратурою та обміну вимірювальними даними робить необхідним розв'язання задачі ідентифікації приладно-незалежних команд SCPI для їх наступної трансляції в коди, які розпізнаються приладами. Суть запропонованого для досягнення цієї мети алгоритму полягає у наступному. Аналіз SCPI-опису прикладної задачі провадиться в два етапи, перший (початкова обробка) полягає у розподілі операторів, що містять SCPI-команди, на два класи: ініціалізаційних та власне керуючих приладом. На другому етапі виконується синтаксичний та семантичний розбір символічної послідовності за допомогою граматичних правил та ВСД приладу, по логічній адресі якого йшло звернення. В результаті встановлюється належність приладу до однієї з інтерфейсних моделей, в динамічну таблицю заносяться відповідні дані або символічна стрічка перероблюється у деревоподібну структуру згідно з правилами граматики команди або даних, і далі виконується синтез контекстних підстановок на обраній для остаточної компіляції алгоритмічній мові. Для формального опису SCPI запропонована граMATика як самої мови, так і представлення в SCPI вимірювальних даних по ADIF-стандарту. Наприклад, граMATика SCPI (Γ_s) розроблена на базі лінгвістичної контекстно-залежної моделі і розглядається як сукупність: синтаксичних правил P_s ; множини нетермінальних символів V_N , з яких будуються ланцюжки команд $T_s(\zeta)$ множини термінальних символів V_T , необхідних для встановлення ієрархії команд в $T_s(\zeta)$ згідно з P_s ; ключа K_s , по якому препроцесор розпізнає SCPI-оператори.

$$\Gamma_s = (V_N, V_T, P_s, K_s) \quad (2)$$

$V_T = V_I \cup V_{II}$; $V_I = \{ '(', ')', '.', 'm' \}$; $V_{II} = \{ '^*', ':', ':', ':', ':', 'CR', 'LF', '_' \}$

$V_N = C_{scpi}^s \cup C_{scpi}^u \cup C_{GPIB}$; $K_s = (SCPI_assign | SCPI_output)$

Для забезпечення максимуму інтерактивної швидкості приладу V_k за основу було взято метод, запропонований спеціалістами Hewlett-Packard (т.зв. **C-SCPI**), суть якого полягає у перенесенні трансляції символічних команд перед виходом прикладної задачі у реальний час. Залежність V_k від властивостей вимірювальної задачі запропоновано у вигляді:

$$V_k = \frac{1}{\sum_{i=1}^N (t_s(i) + \sum_{j=1}^{n_i} t_c(j) + t_d(j))} \quad [\text{вимірів /сек}] \quad (3)$$

де $t_c(i)$ - час, необхідний для виконання команди, яка програмує циклічні вимірювання, n_i - їх кількість для окремої вимірювальної операції, $n_i = \{n_{min}, n_2, \dots, n_{max}\}$; min і MAX - відповідно міні- і максимальна кількість циклічних вимірювань, програмованих однією

командою; $t_s^{(i)}$ - час переключення на нову команду; N - кількість переключень; $t_d^{(i)}$ - час, необхідний для запису результатів циклічних вимірювань на магнітний диск; Стосовно окремих SCPI-команд можна вказати, що:

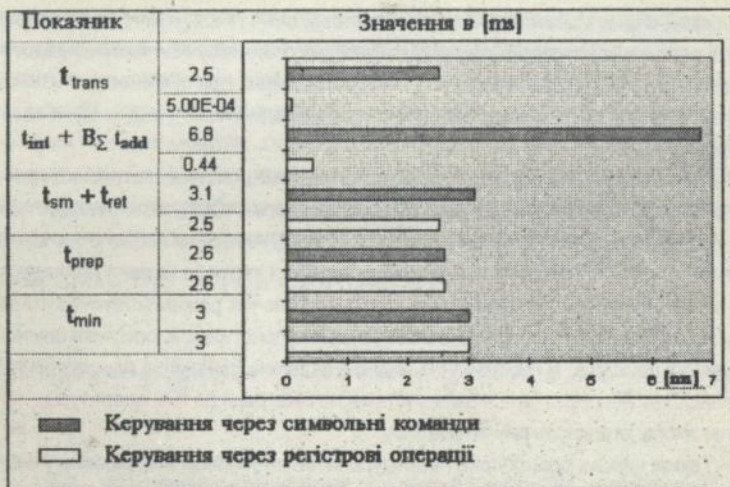
$$t_c = t_{trans} (L_{com} + K_M L_{dat}) + [t_{int} + B_{\Sigma} t_{add}] + [t_{sm} + t_{ret}] + t_{prep} + K_M t_{min} \quad (4)$$

$$t_s = t_{trans} (L_{com} + L_{dat}) + t_{int} + B_{\Sigma} t_{add} + t_{sm} + t_{ret} + t_{prep} \quad (5)$$

де t_{trans} - час на передачу або отримання байту по інтерфейсній шині; t_{int} - час на інтерпретацію команди та її трансляцію у вимірювальну функцію; t_{sm} - час на виконання суто вимірювальних операцій у приладі; t_{ret} - час на видачу приладом результату вимірювань на шину; L_{com} і L_{dat} - кількість байтів відповідно у команді та блоку даних; K_M - кількість елементарних SCPI-команд у складі циклічної команди, t_{add} - показник часу виконання базової команди, B_{Σ} - число базових команд після трансляції; t_{prep} - час на переключення приладу на наступну вимірювальну операцію; t_{min} - мінімальний час між двома ідентичними вимірювальними операціями.

Таблиця 1.

Показники швидкості циклічних вимірювань для мультиметра E1326B



Якщо при його реалізації методу контролювати пересилку команд на прилад, це призведе до зниження N і тому підвищить V_k , а можливість керувати приладами на регістровому рівні у десятки разів знижує t_{trans} і у кілька разів знижує показник $t_{int} + B_{\Sigma} t_{add}$, що також позитивно впливає на швидкість приладу (див. таблицю 1). Забезпечуючи такі можливості алгоритм названий алгоритмом попередньої генерації приладно-залежних управляючих кодів (ПГП-ЗУК). Але водночас ми повинні

забезпечити зниження часу та вартості модернізації ІВС, які суттєво погіршуються при прямому використанні реєстрів приладу.

Таке завдання частково вирішується описом в інтерактивному режимі технічних та метрологічних характеристик віртуального приладу як складових частин моделі, на основі якої автоматично синтезуються функціональні блоки з операторів алгоритмічної мови високого рівня, поставлені в ВСД у співвідношення з командами SCPI. Для алгоритмізації такого опису вживається лінійна математична модель n -го ВСД, яка може бути представлена формулою:

$$D_n = \sum_{i=1}^k C_{ui} + A_1 C_{d1} + \dots + A_j C_{dj} + \dots + A_m C_{dm} \cup E_n^{bus} \cup E_n^{ins} \quad (6)$$

де D_n - n -й ВСД, C_{ui} - контекстні підстановки для унікальної SCPI-команди, підтримуваної n -м ВСД; A_j - коефіцієнт, що виражає число SCPI-команд, контекстні підстановки яких ідентичні C_{dj} -й команді SCPI, $j = 1, \dots, m$; k - число SCPI-команд, які підтримуються n -м приладом; (E_n^{bus}) - множина інтерфейсно-залежних функцій у виконуваний частині, (E_n^{ins}) - множина приладно-залежних функцій там же. Загальна структура такої моделі розроблена згідно з міжнародними стандартами SCPI і RDL, а алгоритм, забезпечуючий її реалізацію, отримав назву Автоматичного Синтезу Контекстних Підстановок (АСКП). Але досягти належних показників можна лише при сумісному з АСКП забезпеченні автоконфігурації системи з віртуальних приладів (АСВП) згідно з умовами прикладної задачі.

Тому на основі алгоритму стандартного для VXI-систем системного програмного засобу (Менеджера Ресурсів) розроблений алгоритм АСВП, який реалізується через Менеджер Віртуальних Ресурсів у поєднанні з ВСД. Алгоритм забезпечує ідентифікацію кожного пристрою в системі, конфігурацію адресної карти та ієрархії приладів, само-тестування, конфігурацію переривань, вихід на робочий режим (статична конфігурація), а також аналіз сформульованої на SCPI вимірювальної задачі, пошук та синтез відповідних приладів, їх підключення згідно з задачею (динамічні можливості), відрізняючись від прототипа можливостями по інтеграції до ІВС апаратури, керованої по будь-якому стандартному інтерфейсу.

Таким чином, розроблена процедура інтелектуалізації вимірювань у відкритих ІВС полягає у застосуванні при керуванні приладами алгоритму ПГП-ЗУК, драйвери для якого створюються через алгоритм АСКП, а система при цьому конфігурується за допомогою алгоритму АСВП.

Третя глава роботи присвячена побудові на структурно-функціональному рівні програмних засобів, реалізуючих запропоновані алгоритми. Детально розроблено структуру файлу для зберігання пов'язаної з вимірювальним приладом інформації у формі відкритого структурного драйверу (ВСД), що відрізняється сумісним використанням стандартів SCPI та RDL, дозволяючи досягти вичерпно повного опису функціональних можливостей приладу. Запропоновано рівневу модель для розподілу на групи

тих приладів, керування якими реалізовано через ВСД, а також систему взаємопов'язаних моделей для відображення ієрархії ВСД, виділяючи при цьому найпростішу, покращену, розширену та віртуальну моделі, що дозволяє керувати окремими підсистемами ІВС як віртуальними приладами. Наведено фрагменти коду з реалізованих драйверів вітчизняних та зарубіжних приладів.

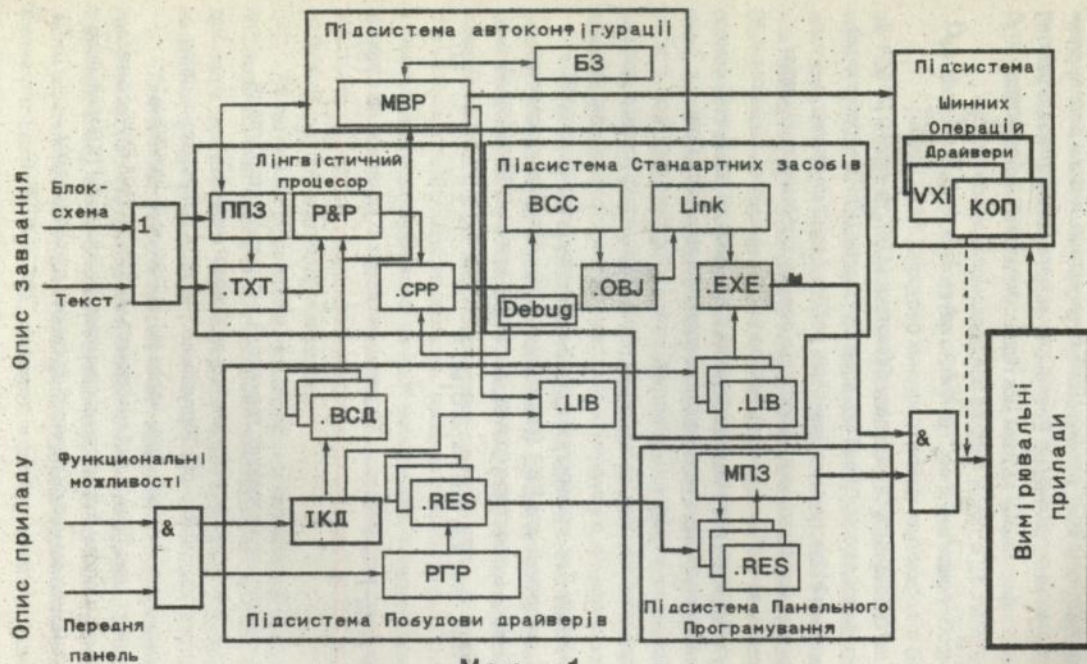
Після аналізу існуючих алгоритмів вибрано об'єктно-орієнтований підхід до створення програмного комплексу в цілому, проаналізовано алгоритмічні мови його програмування та вибрано C++ як мову реалізації. Розглянуто варіанти побудови програмного комплексу, окреслено інформаційні зв'язки між підсистемами та модулями при організації їх взаємодії (Мал. 1), а також вибрані для подальшого використання системні програмні засоби поміж існуючих. Необхідно зауважити, що крім основного файлу драйверу (.ВСД) створюються файли графічних ресурсів (.RES) і файл завершених функцій, що підключається до складу бібліотеки (.LIB), та ведучу роль, яку відіграють при інтелектуалізації розроблені Препроцесор/Парсер (P&P), обробляючий SCPI-текст, та Інтерактивний Конструктор Драйверів (ІКД), за допомогою якого створюється опис приладу. Для підтримки діалогового режиму роботи базові модулі мають розгорнуту систему звичайних та ієрархічно організованих меню, вікон та передніх панелей, відповідаючих умовам міжнародних стандартів на графічний інтерфейс користувача. Передбачена можливість представлення результатів проектування та вимірювання у графічному вигляді. Ієрархічні структури класів, об'єктів та методів підсистем запроєктовано таким чином, щоб користуватися ними в якомога більшій кількості модулів, з'єднуючи їх до складніших конструкцій з застосуванням віртуальних методів. Так, працюючий у реальному часі інтерпретатор SCPI монтується з модулів, створених для P&P. В конструкторі драйверів застосовано теоретико-множинний підхід нуклеативного типу стосовно базових SCPI-моделей:

$$\bigcap_j \{T_{ij} \ I_{ij} \ A_{ij} \ S_{ij}\} = \{T_{i,m} \ I_{i,m} \ A_{i,m} \ S_{i,m}\} \quad (7)$$

$$\bigcap_{j \rightarrow \infty} \{T_{ij} \ I_{ij} \ A_{ij} \ S_{ij}\} \rightarrow 0 \quad (8)$$

де T_{ij} , I_{ij} , A_{ij} , S_{ij} - множини відповідно: транзакцій, інструкцій, атрибутів та специфікацій по RDL; індекс m означає їх належність до базової моделі.

При розробці структури Менеджера Віртуальних Ресурсів деталізовано склад ідентифікаційних та комунікаційних реєстрів, через які контролюється вхідна інформація і перевіряється опис прикладної вимірювальної задачі. Це виконується шляхом виділення з нього вектору вхідних даних вимірювальної задачі та подальшого аналізу на відповідність вимогам несуперечності та однозначного задання



Мал. 1.

ППЗ-планувальник прикладних задач, Р&Р-препроцесор/парсер, TXT-текстовий файл, CPP-файл на С++, МВР-менеджер віртуальних ресурсів, БЗ-База знань, ВСС-компілятор С++, EXE-виконуваний модуль, VSD-відкритий структурний драйвер, ІКД-інтерактивний конструктор драйверів, МПЗ-монітор прикладних задач, РГР-редактор графічних ресурсів, RES-файл ресурсів, LIB-бібліотеки, OBJ-компільований код

початкових межових умов з боку як метрологічних, так і суто технічних обмежень.. При застосуванні розробленого ПЗ час на програмування вимірювальних задач знаходиться на рівні кращих показників зарубіжних пакетів при зниженні (в часі) на 5-10% показника адаптації системи для нових вимірювальних задач.

Далі в роботі розроблена комплексна інженерна методика проектування програмного забезпечення автоматизованих повірювальних комплексів на основі конфігурування ресурсів системи під формалізований опис вимірювальної задачі. Методика містить п'ять етапів: ідентифікація процесу повірювання, особливістю якого є заповнення стандартних форм згідно з ГОСТ 8.042-83, на основі яких виробляються блоки опису вимірювальних процедур на SCPI, використані на другому етапі; синтез апаратно-незалежної програми керування апаратурою, на якому розробник з'єднує ці блоки у єдину програму за допомогою конструкції C++; моделювання архітектури системи, коли виконується машинний аналіз необхідного для вирішення завдання обладнання на основі його ВСД і при необхідності синтезуються віртуальні прилади з наявних апаратних та програмних засобів з взаємоузгодженням їх метрологічних показників; визначення кращого варіанту з альтернативних; деталізація технічних рішень та компоновка системи. На цьому (останньому) етапі створюються ВСД для віртуальних приладів остаточного варіанту, проєктується інтерфейс користувача системи та форми документів для представлення результатів повірювання.

4. ГОЛОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ

1. На основі порівняльного аналізу інтелектуальних відкритих IBC та класифікації їх апаратного і програмного забезпечення сформульовано основні задачі інтелектуалізації вимірювань у таких системах та обґрунтовано узагальнений підхід до інтелектуалізації вимірювань у відкритих IBC, дозволяючий досягти підвищення швидкості вимірювань у системі (у типових випадках у кілька разів) та скоротити час на модернізацію таких систем під нові вимірювальні задачі на 5-10%.

2. Запропонована класифікаційна схема для приладних драйверів відкритих IBC.

3. Розроблена процедура інтелектуалізації вимірювань у відкритих IBC на основі запропонованих алгоритмів: предгенерації залежних від приладу керуючих кодів, автоматичного синтезу контекстних підстановок, ресурсно-орієнтованого автоконфігурування систем з віртуальних приладів, застосування якої призводить до досягнення максимальної інтерактивної швидкості приладів у складі системи, скорочує час на адаптацію її програмного забезпечення під нові вимірювальні задачі та автоматично конфігурує прикладні системи для їх виконання.

4. Розроблена структура зберігання інформації, яка стосується приладу, у формі відкритого структурного дійвера вимірювального приладу, що базується на міжнародних стандартах SCPI і RDL, та запропонована ієрархічна система моделей для побудови таких драйверів. Створено драйвери для ряду вітчизняних та зарубіжних приладів.

5. Розроблена структурно-функціональна організація програмних засобів, інтегрованих до складу інтелектуального пакету прикладних програм, що використовує в загальній структурі пакету (та структурах: Лінгвістичного Процесора інструментальної мови високого рівня і Конструювання відкритих прикладних драйверів) нові науково-технічні рішення на структурному і алгоритмічному рівні. Пакет впроваджено у складі підсистеми автоматизації проектування ІВС на VXIbus, розробленою згідно з програмою 6.4 ДКНТ України "Засоби створення комп'ютерних інтегрованих виробництв".

6. Запропонована Інженерна методика проектування програмного забезпечення інтелектуальних відкритих ІВС, призначених для реалізації функцій автоматизованого повірювання робочих засобів вимірювання, яка використовує при моделюванні архітектури системи та керуванні засобами вимірювання відкриті структурні драйвери. Методика пройшла апробацію при підвищенні кваліфікації співробітників КПІ.

7. Створено та передано замовнику в особі ХПКБ 'Авіаконтроль' програмне забезпечення системи автоматизації для технологічного контролю і регламентного обслуговування бортового і наземного авіаційного радіоелектронного обладнання.

5. ГОЛОВНІ ПУБЛІКАЦІЇ ЗА МАТЕРІАЛАМИ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

1. Демченко Ю. В., Широцин С. В., Шило В. Н. Мультисистемный интегратор - "Применение вычислительной техники и математических методов в научных и экономических исследованиях. Сборник тезисов докладов научно-технической конференции, Киев, 1991.- С. 28-30.

2. Туз Ю. М., Шило В. Н. Проблемы программного обеспечения современных информационно-измерительных систем. - "Пам'яті академіка М. П. Кравчука (до 100-річчя з дня народження)", 12-15 травня 1992, Сборник тезисов докладов научно-технической конференции, Киев, 1992.- С. 38-41.

3. Широцин С. В., Шило В. Н., Бойко С. Т. Особенности объектного подхода при программировании измерительных систем. - "Пам'яті академіка М. П. Кравчука (до 100-річчя з дня народження)", 12-15 травня 1992, Сборник тезисов докладов научно-технической конференции, Киев, 1992.- С. 41-42.

4. Demchenko J. V., Shyrochin S. V., Shylo V. N. Test and Measurement System Standard based Application Software Integration. - "Electrical Measuring Instruments for Low and Medium Frequencies", April 8-10, 1992, IMECO TC-4 5-th International Symposium Proceeding.-Vienna, 1992, P31-33

5. Демченко Ю. В., Широцин С. В., Шило В. Н., Бойко С. Т. Программные средства для разработки VXIbus систем. - "VME/VXIbus в промышленности и научных исследованиях", 2-4 июня 1993, Сборник трудов научной конференции/ выставки ассоциации VERA+ & VITA, Москва, 1993, С. 98-110.

6. Шило В. Н. Разработка системного программного обеспечения открытых ИИС. - "VME/VXIbus в промышленности и научных исследованиях", 2-4 июня 1993, Сборник трудов научной конференции/ выставки ассоциации VERA+ & VITA, Москва, 1993, С. 172-180.

В

АННОТАЦІЯ

Шило Владимир Николаевич. *СТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ОТКРЫТЫХ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ПОВЫШЕННОГО БЫСТРОДЕЙСТВИЯ*

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.16 : "Информационно-измерительные системы (в науке и промышленности)".:- КПИ. 1994

В работе рассмотрены общие и специальные вопросы интеллектуализации измерений в открытых ИИС и построения программного обеспечения интеллектуальных измерений в открытых ИИС повышенного быстродействия. В результате проведенных исследований достигнуто повышение скорости измерений в открытых ИИС (в ряде случаев на порядок и выше) при одновременном сокращении на 5-10% времени на модернизацию ИИС для выполнения новых измерительных задач посредством разработки алгоритмов и структур программных средств, использующих приборно-ориентированную базу знаний.

Осуществлено документально подтвержденное промышленное внедрение.

ANNOTATION

Shylo Vladimir Nikolaevich. *The structural organization of intelligence open computer-aided measurement systems of improved throughput*

Thesis for scientific degree of candidate of the technical sciences. Speciality 05.11.16 'Computer-aided measurement systems (science and industrial)'.:- KPI.-1994

This paper describes general and special approaches to intelligent measurements in open computer-aided high-throughput measurement systems. As result of scientific researches the increasing of measutement speed was achieved (up by a factor of almost ten and more) with 5-10% reducing of test development time for new measurement tasks. This increase in performance is a result of designed algorithms and structures of new software tools, which are based on device-dependent database.

Efficiency of industrial implementation is documented.

Ключевые слова: программно-алгоритмическое обеспечение измерительных систем, интеллектуализация измерений в системах, высокоскоростные межприборные интерфейсы.

ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України

Підп. до друку 12.12.94 . Формат 60×84^{1/16}
Папір друк. № 3. Спосіб друку офсетний. Умови друк. арк. 93 .
Умови фарбо-відб. 124 . Обл.-вид. арк. 10 .
Тираж 100 . Зам. № 4-6132

Фірма «ВІПОЛІ»
252151, Київ, вул. Волинська, 60.

456309

AB 31.680