

Автоматизоване проектування комп'ютерних та кіберфізичних систем

Лекція 1

Лекція №1

Кіберфізичні системи.

Поняття кіберфізичної системи.

Узагальнена структура кіберфізичної системи.

Характеристики та принципи роботи КФС.

Складові кіберфізичних систем.

Вбудовані системи.

Сенсорні мережі.

Комунікаційні мережі.

Інтелектуальні самоорганізовані мережі.

Засоби криптографічного захисту інформації.

Проектування комп'ютерних та кіберфізичних систем.

Проблеми створення кіберфізичних систем. Апаратно-програмна платформа для створення прикладних кіберфізичних систем.

Узагальнена структура кіберфізичної системи.

Узагальнену структуру кіберфізичної системи наведено на рис. 1. КФС містить мережу інтелектуальних вимірювально-обчислювальних вузлів, об'єднаних комутувальним середовищем та підтриманих високопродуктивними обчислювальними засобами та засобами захисту інформації, підключених до центрів збору та опрацювання інформації.

Узагальнена структура кіберфізичної системи.

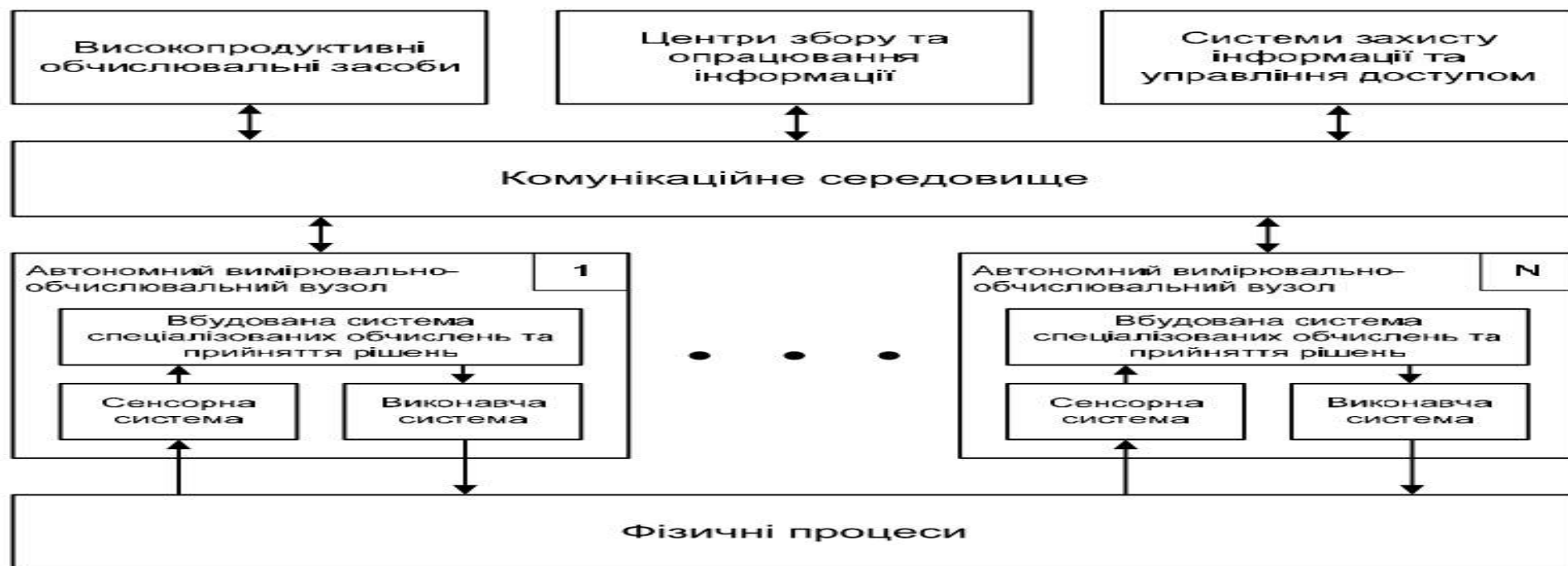


Рис. 1. Узагальнена структура кіберфізичної системи

Характеристики та принципи роботи КФС.

Характеристики і принцип роботи КФС

Кіберфізичні системи мають застосування у багатьох областях, таких як: управління охорони здоров'я, автомобільне управління, електромережі, фізична інфраструктура (дороги, мости).

Незалежно від області застосування КФС мають такі основні характеристики:

- *Залежність від середовища виконання.*

КФС дуже тісно пов'язані з середовищем в якому вони виконуються (фізичні процеси). Будь-яка зміна в поведінці середовища призводить до зміни поведінки кіберфізичної системи.

- *Чітко визначені можливості*

КФС, як правило, складаються з декількох компонентів, які мають різні характеристики. Сенсори, які вбудовані в фізичні пристрої з метою моніторингу, мають обмежені можливості. В той час як програмні засоби, що керують цими сенсорами є більш потужнішими.

- *Мережевість*

КФС, на відміну від традиційних автономних вбудованих систем, вимагають мережевий зв'язок між компонентами для того, щоб забезпечити свої послуги.

Характеристики та принципи роботи КФС.

Принцип роботи КФС

1. Моніторинг

Головний аспект в КФС, який полягає в спостереженні за роботою середовища в якому працює КФС. Він також використовується для отримання відгуків щодо будь-яких дій які відбувалися в минулому з КФС. Це потрібно для того, щоб уникнути збоїв у системі у майбутньому.

2. Обробка даних

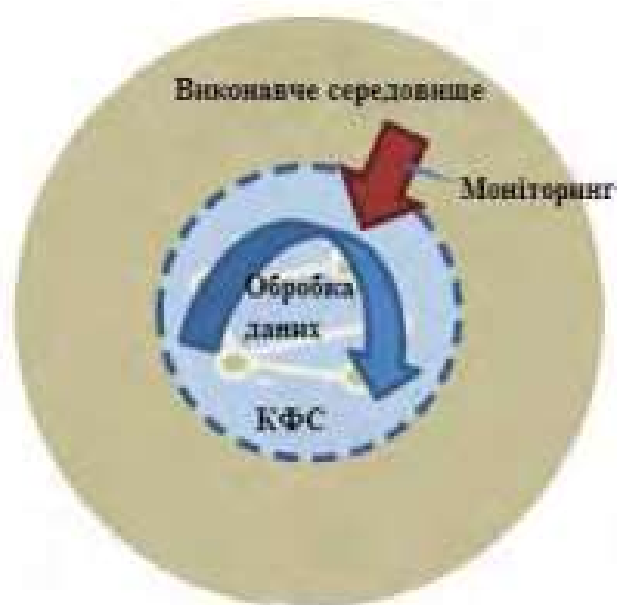
Стосується аналізу даних, зібраних в ході моніторингу, для того щоб дізнатися чи фізичний процес відповідає попередньо визначеним критеріям. У випадку, коли критерії не є задоволеними, коригувальні дії визначаються відповідно до інших успішно виконаних критеріїв.

3. Виконання

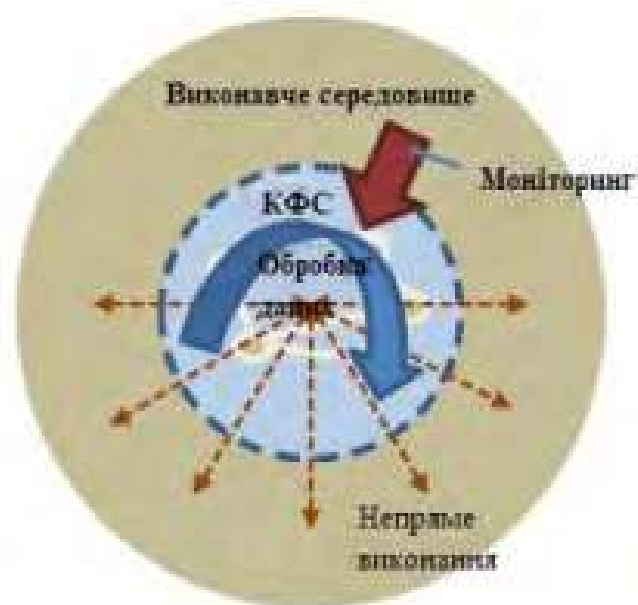
На цьому етапі здійснюється виконання дій, які були визначені на етапі обробки даних. При цьому поведінка КФС може бути змінена повністю.

Будь-яка кіберфізична система може виконуватись в одному з трьох можливих режимів: пасивний, пасивно-активний та активний.

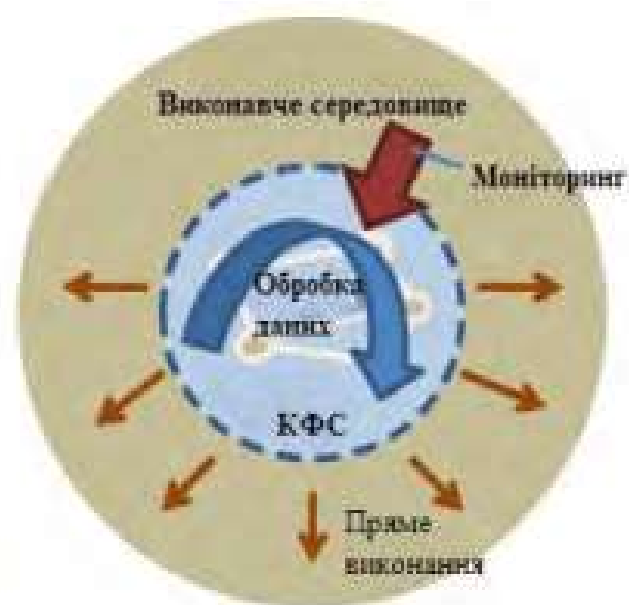
Характеристики та принципи роботи КФС.



Пасивний режим



Пасивно-активний режим



Активний режим

Характеристики та принципи роботи КФС.

Пасивний режим - у цьому режимі кіберфізична система не виконує ніяких дій, окрім збору інформації та контролю середовища. (Наприклад: медичні прилади.)

Пасивно-активний режим - у цьому режимі кіберфізична система контролює своє оточення (фізичний аспект). Якщо певна дія виконується не вірно, тоді відбувається непряме виконання шляхом зміни поведінки системи (кіберасpekt). Наприклад: дата-центри виконують smart-планування для того, щоб зменшити температурну шкалу в певних місцях

Активний режим – в цьому режимі кіберфізична система, як і в пасивно-активному режимі контролює своє середовище. Однак, коли певна дія виконується не вірно, тоді відбувається пряме виконання шляхом модифікації поведінки фізичного середовища. Наприклад: системи вентиляції приміщень.

Складові кіберфізичних систем.

Вбудовані системи. Інтеграція фізичних процесів та обчислень не є чимось новим. Для опису таких систем давно використовують термін “вбудовані системи”. Серед успішних їх застосувань – системи зв’язку, домашня автоматика, озброєння, повітряний та наземний транспорт тощо. До перших розробок цього напрямку належать створені нами вбудовані процесори та комп’ютерні системи [8–16], впроваджені в технічних комплексах як цивільного, так і військового призначення. Зокрема, це розроблення та впровадження низки процесорів спектрального аналізу радіолокаційних сигналів, розробка та впровадження ряду програмованих процесорів цифрового опрацювання сигналів, створення широкого спектра спеціалізованих процесорів багатовимірного спектрального аналізу сигналів та зображень [13], шифрування та кодування інформації [14] тощо. Спектр розв’язуваних задач є надзвичайно широким. Зокрема, в частині опрацювання зображень ми розв’язували задачі виділення та ідентифікації рухомих об’єктів в полі зору відеокамери, визначення координат візуального об’єкта у просторі, побудови тривимірних моделей об’єктів та інші [15, 16].

Складові кіберфізичних систем.

Вбудовані системи.

Ядром вбудованої системи є універсальний процесор з набором з'єднаних з ним спеціалізованих процесорів. Зважаючи на велику кількість спеціалізованих процесорів, необхідних для використання у вбудованих системах, ми створили сучасні засоби їх автоматичного синтезу. Насамперед потрібно згадати систему Хамелеон, призначену для автоматичного синтезу спеціалізованих процесорів з мови високого рівня [17]. Вона дає змогу в сотні разів скоротити кількість людино-годин, необхідних для проектування і тестування спеціалізованих процесорів порівняно з розробленням традиційними засобами на рівні міжрегістрових передач. Під час побудови системи “Хамелеон” вперше розв’язано наукові задачі, зокрема удосконалено метод подання алгоритму графом для візуалізації та верифікації алгоритмів; розроблено новий метод запису алгоритму на рівні зв’язків між окремими операціями або блоками операцій, який зберігає паралельну структуру алгоритму; запропоновано метод визначення незалежних операцій або блоків операцій із тексту програми та збереження їх паралельної структури; удосконалено метод проектування алгоритмічних операційних пристроїв. На цій основі розроблено програмні засоби опрацювання структури алгоритмів, автоматичної побудови потокових графів алгоритмів та їх структурних матриць [18],

Складові кіберфізичних систем.

Сенсорні мережі. Бездротові сенсорні мережі є одним з попередників та ключовим елементом, що вплинув на формування концепції кіберфізичних систем. Роботи зі створення сенсорних мереж ми виконували, реалізуючи низку наукових проектів, метою яких було розроблення нових принципів побудови вимірювально-обчислювальних мереж на основі інтелектуальних агентів та створення системи розподілених контактних вимірювань на основі автономних мобільних інтелектуальних агентів [19, 29]. Рішення, отримані в результаті виконання цих проектів, дають змогу будувати автономні розподілені вимірювально-обчислювальні системи, що здатні самостійно приймати рішення щодо оптимізації процесів збору та попереднього опрацювання вимірювальної інформації.

Складові кіберфізичних систем.

Комунікаційні мережі. Ще одним ключовим елементом, що вплинув на формування концепції кіберфізичних систем, є сучасні засоби телекомунікацій. Сьогодні ці засоби забезпечують взаємодію компонентів системи практично довільного розміщення з використанням як дротового, так і бездротового зв'язку. Ми набули досвід проектування та синтезу просторових засобів телекомунікацій в межах створення системи попередження про природні катаклізми [21] та системи цифрового оперативно-технологічного зв'язку [22]. Зокрема, система цифрового оперативно-технологічного зв'язку (ЦОТЗ) призначена для побудови мережі оперативно-технологічного зв'язку (ОТЗ) залізничного транспорту в цифрових і цифро-аналогових мережах, організованих по волоконно-оптичних лініях і кабельних лініях з мідними жилами. Система ЦОТЗ забезпечує можливість узгодженого з'єднання з фізичними ланцюгами і стандартними телефонними каналами систем передавання наявної аналогової мережі ОТЗ та використовується на розпорядній чи виконавчій станції відділкового оперативно-технологічного зв'язку, а також для організації станційного зв'язку. Система забезпечує можливість організації групових каналів вибіркового зв'язку, а також можливість організації каналів передачі даних, зокрема даних АСКОЕ, зв'язку наряд і радіозв'язку у поїздах. Система ЦОТЗ працює за асинхронним пакетним принципом передавання інформації, що забезпечує стійкість до навмисного пошкодження. Вихід з ладу будь-якого вузла або лінії зв'язку не приводить до виходу з ладу системи загалом.

Складові кіберфізичних систем.

Інтелектуальні самоорганізовані системи. В 2000 р. ми розпочали роботи зі створення багатоагентних систем як основи інтелектуальних систем збору інформації [23, 24]. У ході цих робіт розроблено методи структурної та функціональної адаптації автономних децентралізованих вимірювально-обчислювальних систем на основі принципів самоорганізації та самонавчання, функціонально повний набір базових алгоритмів колективної поведінки та універсальні нарощувані архітектури інтелектуальних агентів на їх основі. Створено моделі колективів штучних інтелектуальних агентів-дослідників, здатних самостійно генерувати нові дослідницькі задачі та знаходити способи їх розв'язання за рахунок спільних узгоджених дій.

Складові кіберфізичних систем.

Засоби криптографічного захисту інформації. Засоби криптографічного захисту інформації є важливою складовою кіберфізичних систем. До цих засобів належать створені нами процесори криптографічного захисту інформації, методи і засоби побудови пристроїв для формування цифрового підпису, методи та програми для побудови криптографічних систем з відкритим ключем, протоколи захисту даних симетричними блоковими шифрами в локальних комп'ютерних мережах, засоби визначення стійкості до вторгнень, виявлення атак і доступу до інформації [14, 25, 26].

Складові кіберфізичних систем.

Високопродуктивні комп'ютерні системи. Для побудови комп'ютерних систем високої продуктивності, необхідних для виконання складних алгоритмів опрацювання даних, розроблено теоретичні основи проектування паралельних спеціалізованих процесорів та паралельної пам'яті комп'ютера, а також основи організації багатопроцесорних комп'ютерних систем на основі паралельної пам'яті [27–29]. Розгорнуто роботи зі створення самоконфігурованих комп'ютерних систем, які підтримані європейською науковою програмою Network for Sustainable Ultrascale Computing (NESUS), яка виконується у межах Європейської програми кооперації в науці та технологіях COST – European Cooperation in Science and Technology [30, 31].

Проблеми створення кіберфізичних систем.

Проблеми створення кіберфізичних систем

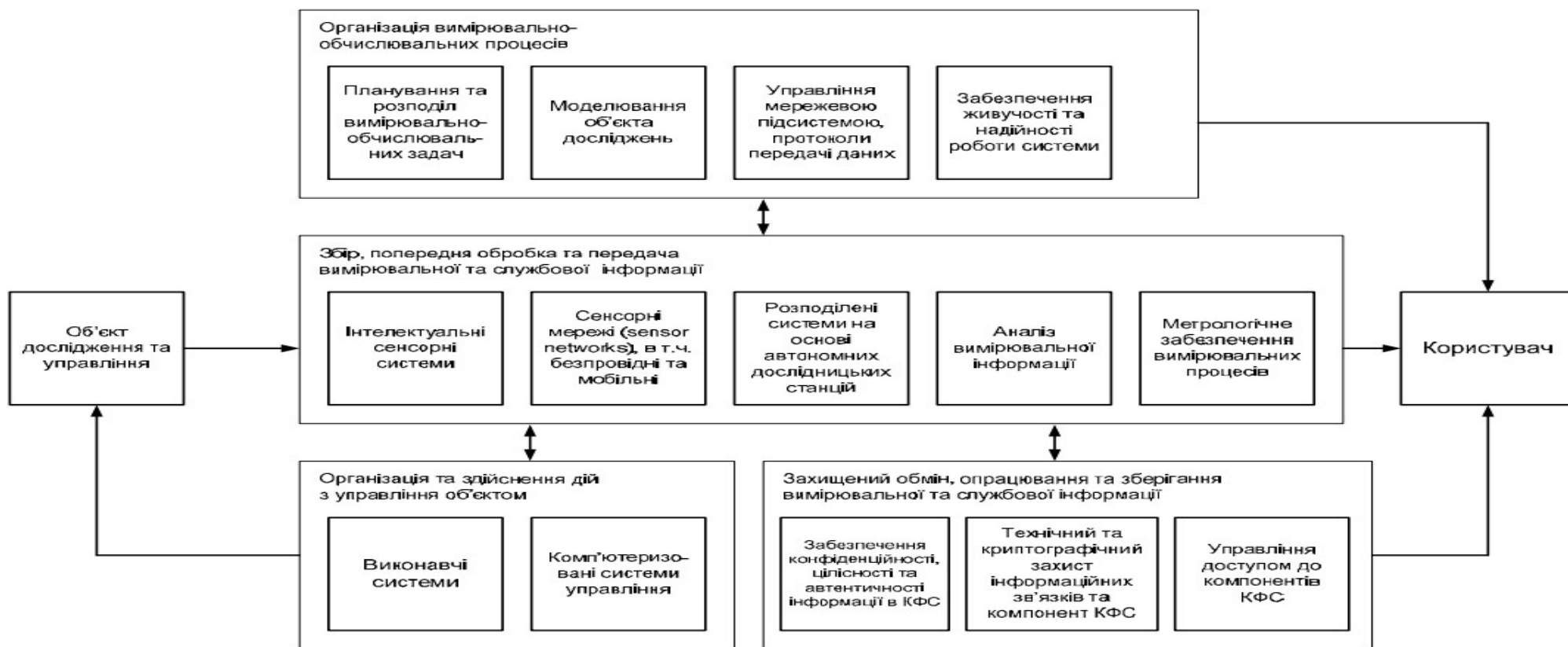
До основних проблем створення КФС можна зарахувати такі:

- Забезпечення ефективного поєднання множини різнотипних компонентів у кіберфізичній системі. Для вирішення цієї проблеми потрібно дослідити різні підходи до побудови та організації роботи КФС та організувати пошук оптимальних рішень.
- Забезпечення ефективної взаємодії кібернетичних засобів з фізичним середовищем. Для вирішення цієї проблеми необхідно забезпечити адаптацію кібернетичних засобів до синергетичних процесів, які проходять в фізичному середовищі.
- Забезпечення ефективного поєднання централізованих та децентралізованих способів управління функціонуванням кібернетичних засобів з акцентом на впровадження принципів самоконфігурування та самоорганізації.
- Забезпечення такої швидкості прийняття рішень кібернетичними засобами, яка дозволяє досягти потрібної якості функціонування КФС.
- Забезпечення поділу КФС на незалежні ієрархічні рівні та розроблення принципів взаємодії між рівнями, що дозволить спростити структурну організацію КФС та принципи її побудови.
- Забезпечення розпізнавання та ефективного захищеного функціонування компонентів та КФС загалом.

Апаратно-програмна платформа для створення прикладних кіберфізичних систем.

Як перший крок у напрямі створення кіберфізичних систем, спираючись на результати наукових досліджень попередніх років, пропонуємо підхід, відповідно до якого предметом досліджень є принципи побудови універсальної апаратно-програмної платформи для створення прикладних кіберфізичних систем. Об'єктом дослідження є кіберфізична система як узагальнена об'єднувальна модель вимірювально-обчислювальних технологій, технологій комп'ютеризованого управління та прийняття рішень, комунікаційних технологій та технологій захисту інформації. Загальна фундаментальна проблема, яка розглядається у межах цього підходу, полягає у пошуку шляхів поєднання вимірювально-обчислювальних процесів та процесів управління з фізичними процесами різної природи для отримання нових можливостей під час планування та виконання комплексних задач з дослідження та управління фізичними процесами.

Апаратно-програмна платформа для створення прикладних кіберфізичних систем.



Апаратно-програмна платформа для створення прикладних кіберфізичних систем.

В основу запропонованого підходу покладено розроблення теоретичних принципів побудови прикладних кіберфізичних систем та принципів їх функціонування і практичної реалізації у вигляді універсальної, масштабованої, гнучкої та нарощуваної апаратно-програмної платформи, у складі якої організується захищена взаємодія вимірювально-обчислювальних, керуючих, комунікаційних та виконавчих компонентів. Забезпечення функціональної повноти різних за призначенням компонентів апаратно-програмної платформи та досягнення синергетичного ефекту від їх об'єднання дасть змогу вивести процеси дослідження та управління фізичними процесами (навколишнє середовище, технологічні процеси, об'єкти наукових досліджень тощо) на новий якісний рівень. Забезпечення масштабованості, гнучкості та здатності до нарощуваності відкриє широкі можливості застосування апаратно-програмної платформи як основи для створення інтелектуальних автономних захищених вимірювально-обчислювальних систем та мереж широкого спектра застосування. У межах цього підходу передбачається також розроблення та реалізація основних компонентів апаратно-програмної платформи з урахуванням їх подальшого об'єднання з іншими компонентами у єдину систему.