

# КОМП'ЮТЕРНІ ЗАСОБИ, МЕРЕЖІ ТА СИСТЕМИ

V. Romanov, V. Hrusha,  
D. Artemenko, O. Skrypyuk, N. Vilk

## SMART SENSORS: FEATURES AND ISSUES OF DEVELOPMENT

*Main features and issues of smart sensors and smart sensor systems development based on modern IT are considered*

*Рассматриваются основные особенности и проблемы проектирования интеллектуальных сенсоров и сенсорных систем на базе современных информационных технологий.*

*Розглядаються основні особливості та проблеми проектування інтелектуальних сенсорів та сенсорних систем на базі сучасних інформаційних технологій.*

© В.О. Романов, В.М. Груша,  
Д.М. Артеменко,  
О.В. Скрипник, Н.М. Вільк,  
2008

УДК 681.3

В.О. РОМАНОВ, В.М. ГРУША, Д.М. АРТЕМЕНКО,  
О.В. СКРИПНИК, Н.М. ВІЛЬК

## ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СЕНСОРИ: ОСОБЛИВОСТІ ТА ПРОБЛЕМИ ПРОЕКТУВАННЯ

Сучасні напрямки досліджень у галузі сенсорики. За останні десятиліття з'явилася велика кількість сенсорів різного призначення. Розвиток мікропроцесорної техніки вніс свій вклад і в розвиток сенсорних технологій. Якщо раніше отримані сенсорні дані доводилось обробляти мало не вручну, то в теперішній час вся обробка може бути здійснена мікропроцесорним блоком приєднаним до сенсорного елемента. Такі пристрої почали називати інтелектуальними сенсорами (Smart Sensors) [1, 2]. Хоча дане визначення на сьогодні не є точним. У даний час до інтелектуальних сенсорів ставиться ряд додаткових вимог. Зокрема, крім чутливого елемента, вони повинні володіти засобами обробки сигналу, комунікаційними можливостями (кабельним або бездротовим зв'язком), автономним живленням, інтерфейсом користувача, захистом від впливу зовнішнього середовища, мати можливість ідентифікувати місце знімання даних тощо. Більш того, почали з'являтися інтелектуальні сенсори, інтегровані на одному кристалі, та цілі інтелектуальні лабораторії на кристалі (lab-on-chip) [3]. З метою побудови нових, доступних споживачу сенсорних систем дослідники працюють над:

- зменшенням вартості, розмірів і споживання сенсорів, покращенням характеристик сенсора (чутливість, точність тощо);
- забезпеченням комунікації (уніфікація зв'язку через шини інтерфейсів, безпроводовий зв'язок);

- підвищенням рівня інтеграції;
- уніфікацією виготовлення та експлуатації через застосування стандартів (наприклад, IEEE 1451).

Результатом останніх досліджень стала поява таких сенсорних систем як [1]: штучний ніс (nose-on-chip), штучний язик (electronic tongue), газові аналізатори складних сумішей, безлінзові мікроскопи, монолітні слухові апарати, масспектрометри, рухомі динамічні сенсори, вісcomedри на кристали, хімічні лабораторії на кристали, ДНК аналізатори на кристали, ID верифікатори на кристали та т. п.

**Уніфікація сенсорних технологій.** Інститут інженерів з електротехніки та радіоелектроніки (The Institute of Electrical and Electronics Engineers – IEEE) розробив комплексний стандарт IEEE 1451 [4]. Одна з його цілей полягає у спрощенні підключення сенсорів до вимірювальних каналів, засобів обробки та комп'ютерних мереж. Дана мета досягається шляхом визначення набору інтерфейсів і структури програмного забезпечення. Запропоновано нову структуру інтелектуальної сенсорної системи (Smart Sensors System) на базі використання двох типів модулів NCAP (Network Capable Processor) та TIM (Transducer Interface Module).

Перспективною є версія стандарту IEEE 1451.4, мета якої – забезпечення можливості автоматичної настройки (plug&play) для звичайних аналогових перетворювачів (сенсорів). Стандарт IEEE 1451.4 визначає метод табличного опису сенсора (TEDS – Transducer Electronic Data Sheets). Даний опис включає інформацію для великої кількості типів сенсорів та їх застосувань (рис. 1).

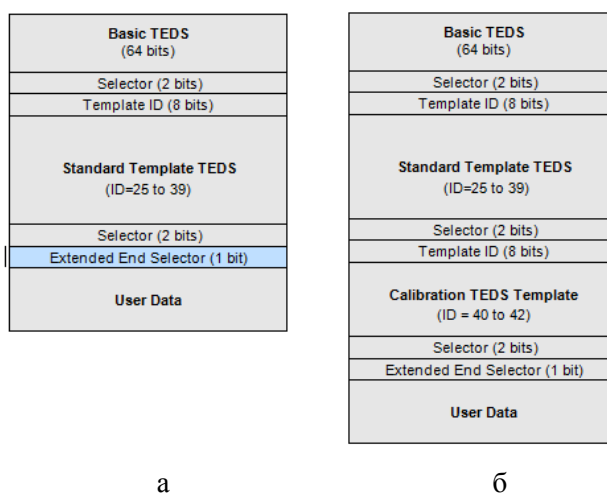


РИС. 1. Приклади структури TEDS: а – базова частина табличних описів TEDS;  
б – базова частина табличних описів TEDS із таблицею калібрування сенсорів

Таблиці TEDS можна використовувати одним із двох шляхів. По-перше, TEDS можна розмістити у вбудованій пам'яті, зазвичай, EEPROM. По-друге її

можна завантажити з мережі Інтернет у вигляді окремого файла (Virtual TEDS). Останнє забезпечує можливість роботи із застарілими сенсорами, які не мають вбудованої пам'яті. Схема використання TEDS показана на рис. 2.

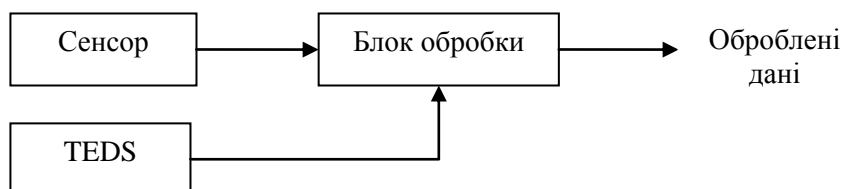


РИС. 2. Схема використання TEDS в інтелектуальних сенсорах та сенсорних системах

Крім розглянутих стандартів, розроблених інститутом IEEE, запропоновано мову опису перетворювачів – Transducer Markup Language (TML) [5], яка створена відкритим геопросторовим консорціумом (Open Geospatial Consortium). Мова TML – структуровані дані у вигляді XML (базованої специфікації), призначеної для використання процесором, що обробляє дані від сенсора. Мета мови – надання процесору можливості обробки сенсорних даних без будь-якої додаткової інформації зовні.

**Безпроводовий зв'язок.** Поява безпроводових технологій, таких як Wi-Fi, Bluetooth, GPRS, ZigBee та інших, надала зручні засоби для побудови безпроводових сенсорних мереж. При розробці систем на базі даних технологій розробник має враховувати вимоги щодо зв'язку конкретної проектованої ним системи, зокрема: розмір мережі, безпеку та швидкість передачі даних, ціну обладнання та затрати на його встановлення і обслуговування, споживання, формати даних, що будуть передаватися тощо [6, 7].

Так, наприклад, стандарти GSM/ GPRS дозволяють одержувати дані практично з будь-якої місцевості в межах покриття мережі GSM з високими рівнем безпеки та швидкістю ( до 171 кбіт/сек або до 473 кбіт/сек за новими можливостями стандарту EDGE). На рис. 3 показана вимірювальна система на базі GPRS-модема. Недоліками такої системи є необхідність оплати за передачу даних, велике споживання струму в активному режимі, необхідність наявності покриття GSM-мережею.

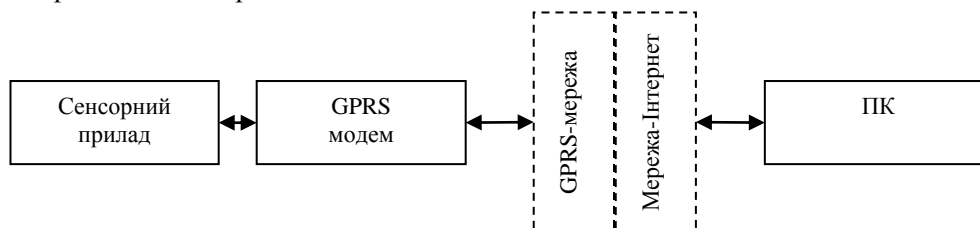


РИС. 3. Збір даних у біосенсорних системах за допомогою GPRS-модема

**Використання інформаційних технологій у створенні сенсорів і сенсорних систем.** Поділ науки на дисципліни зіграв важливу роль в історичному розвитку науки, групуючи вчених за певними сферами інтересів і даючи їм можливість працювати і розвиватися за певними напрямками, здійснюючи нові відкриття й винаходи та сприяючи накопиченню знань людства про навколишній світ. На даний час існує понад 15 тисяч дисциплін. Відповідно, склалася ситуація, коли для проведення певних досліджень або створення нового продукту необхідні знання з кількох дисциплін. До таких наукоємних продуктів належать і сучасні інтелектуальні сенсори та сенсорні системи на їх основі. Розв'язати цю проблему можна утворенням нових дисциплін на базі кількох як, наприклад, сталося з біосенсорикою, або кооперацією фахівців для виконання міждисциплінарного проекту. Перший спосіб прийнятний при проведенні тривалих досліджень і явної перспективності даного напрямку. Для короткострокових не дуже коштовних проектів більш прийнятний другий спосіб. Для ефективної взаємодії між фахівцями застосовують сучасні досягнення інформаційних технологій (ІТ). Так, для проведення міждисциплінарних досліджень доволі корисними стають віртуальні лабораторії, які орієнтовані на роботу з територіально розподіленими користувачами [8]. Віртуальні лабораторії, крім того, дозволяють фахівцям проводити спільні дослідження за рахунок надання віддаленого доступу до коштовного обладнання та навчальних матеріалів, що знаходяться в різних наукових установах [9]. До подібних систем слід віднести віртуальну лабораторію автоматизованого проектування (ВЛАП) [10], яка створена в Інституті кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України.

Ця ВЛАП успішно використовується в рамках програми НАН України "Сенсорні системи для медико-екологічних та промислово-технологічних потреб". Проекти, які виконуються за цією програмою, є, переважно, міждисциплінарними. Головними виконавцями проектів є біохіміки, біологи, хіміки та ін., які в більшості випадків не мають певного досвіду доведення розробки біосенсора до біосенсорного приладу без залучення спеціалістів з приладобудування, мікроелектроніки тощо. Використання ВЛАП дозволяє підтримувати не тільки проектування біосенсорного приладу, але й увесь його життєвий цикл [11–13]. Спрощена схема життєвого циклу продукту показана на рис. 4.

ВЛАП надає можливість спеціалістам різних галузей створювати прилади на основі ефектів, які ними описані й формалізовані, при мінімальних знаннях схемотехніки та електроніки. Відкривши певний ефект і створивши його модель, спеціалісти різних галузей можуть у віртуальній лабораторії перевірити можливість створення приладу на основі цього ефекту, створити модель такого приладу, здійснити попередні розрахунки основних елементів приладу і в автоматичному режимі розробити документацію, яка б слугувала основою для початку наступного проектування, а надалі й серійного виробництва.

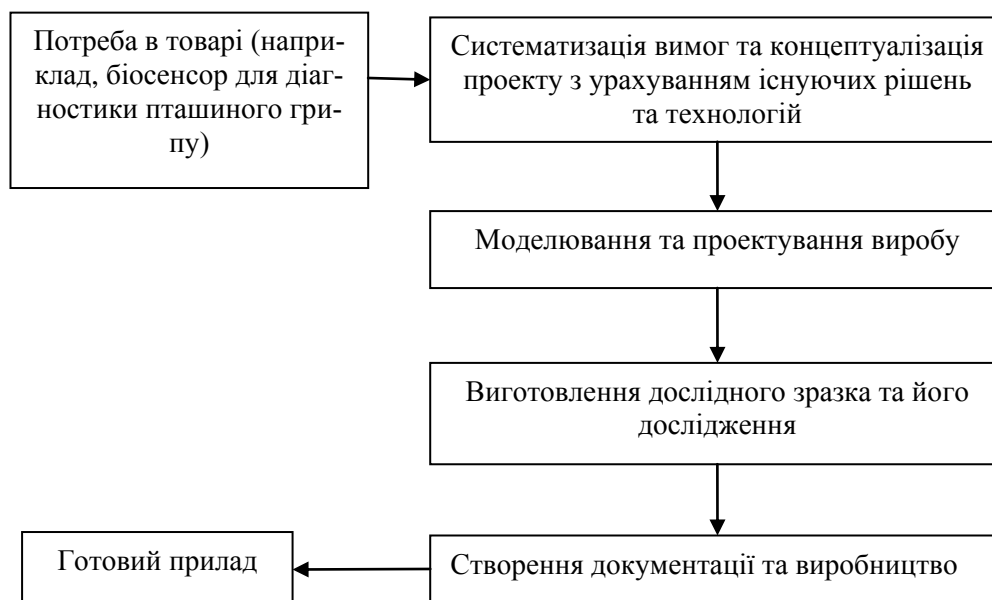


РИС. 4. Життєвий цикл продукту

ВЛАП доцільно використовувати на етапі технічного завдання або пілот-проекту, оскільки саме на цих ранніх етапах можна достатньо швидко оцінити можливість реалізації проекту, а також певні його характеристики (в тому числі й економічну вигоду від практичної реалізації проекту). Розроблену в Інституті кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України ВЛАП доцільно використовувати не тільки для проектування нових пристроїв і систем, але і для перевірки й оцінювання робочих гіпотез, проведення експериментальних досліджень, оптимізації спроектованого пристрою за критеріями (наприклад, точність/ціна, точність/надійність тощо), напрацювання методичного забезпечення та для дистанційного навчання.

На етапах систематизації вимог, концептуалізації проекту, а також на останніх стадіях аналізу та оцінки проекту, також буде корисною система онтологічного супроводження проектів. Така система дозволить виявляти інші аналогічні проекти, проводити аналіз прототипів та оцінку їх можливостей згідно вимог, заданих користувачем даної системи. При реалізації даної системи нами використано досвід проекту по управлінню знаннями в наукових дослідженнях – European IST project Esperanto (рис. 5) [14].

Отже, створена ВЛАП і системи онтологічної підтримки проектів дозволяють об'єднати зусилля фахівців з різних галузей науки на всіх етапах розробки наукоємного продукту або проведення досліджень у рамках певного проекту.



8. *Hrusha V., Osolinskiy O., Sachenko A. et al.* Distributed On-line Temperature Control System // *Computing*, Vol. 6, Issue 7, Тернопіль: „Економічна думка”, 2007. – С. 62–67.
9. *Grimaldi D., Rapuano S., Laopoulos T.* Aspects of Traditional versus Virtual Laboratory for Education in Instrumentation and Measurement // *IEEE Instrumentation and Measurement Technology : Conf., Ottawa, Canada : Proceeding*, 2005. – Vol. 2. – P. 1233–1238.
10. *Галелюка І.Б.* Елементи теорії та інструментальні засоби віртуального проектування комп'ютерних пристроїв і систем автоматизації експериментальних досліджень біологічних об'єктів: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – К., 2008. – 20 с.
11. *Палагін О.В., Романов В.О., Галелюка І.Б., Груша В.М.* Інформаційні технології як інструмент міждисциплінарних досліджень // *Автоматика-2008*. Доп. XV Міжнар. конф. з автоматичного управління, 23-26 вересня 2008. – Одеса: ОНМА, 2008. – С. 880–882.
12. *Палагін О.В., Романов В.О., Галелюка І.Б., Качановська М.С.* Віртуальна лабораторія для проектування і розрахунку приладів // *Розвиток інформаційно-комунікаційних технологій та розбудова інформаційного суспільства в Україні : Тез. доп. міжнар. наук. конф., 15–21 березня 2007. СеВІТ-2007, Ганновер, Німеччина, 2007.* – С. 27–33.
13. *Романов В.О., Клочан П.С., Брайко Ю.О., Галелюка І.Б.* Інформаційні технології для проектування інтелектуальних портативних біосенсорів // *Матеріали міжнар. конф. "50 років Інституту кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України"*. – ІК НАН України, Київ, Україна, 2007 24–26 грудня. – С. 197–204.
14. <http://www.esperonto.net> : European IST project Esperonto.

Отримано 21.11.2008