

DOI 10.15589/jnn20150220

УДК 629.584: 681.518

Б99

**DESIGNING THE MODULAR DATA EXCHANGE
SYSTEM OF A TETHERED UNDERWATER SYSTEM****РОЗРОБКА МОДУЛЬНОЇ СИСТЕМИ ІНФОРМАЦІЙНОГО ОБМІНУ
ПРИВ'ЯЗНОЇ ПІДВОДНОЇ СИСТЕМИ****Oleksandr V. Blintsov**

energybox@mail.ru

ORCID: 0000-0003-0426-1219

Viktor I. Korytskyi

vic.koritskiy@gmail.com

ORCID: 0000-0002-9968-1568

О. В. Блинцов

канд. техн. наук, доц.

В. І. Корицький

асп.

*Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv**Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, г. Николаев*

Abstract. The functionality of a tethered underwater system largely depends on the simplicity of the processes of modification and extension of the structure of executive and measurement equipment. Moreover, during the execution of underwater works the performance of the control system of an underwater vehicle is also important. The modular data exchange system that provides increase in the performance of the control system of an underwater vehicle and the ease of modification of its structure has been designed. The structure of the data exchange system and technical and algorithmic support of its basic element – the interface expander – are developed. The data exchange system has a flexible structure and provides the ability to control executive equipment based on digital data exchange interfaces. The organization of clear interaction of third-party software with executive and measurement equipment of an underwater vehicle without any modification of its software and hardware is the distinctive feature of the system. The developed system may be applied in the design of tethered underwater systems. Interface expanders may be used to extend the list of executive and measurement equipment of existing underwater vehicles.

Keywords: data exchange; interface expander; modularity; tethered underwater system.

Анотация. Предложена структура системы информационного обмена привязной подводной системы, которая организована на основе принципа модульности. Базовым элементом системы является разработанный в рамках данной статьи расширитель интерфейсов, гарантирующий программное обеспечение поста управления возможностью прозрачного соединения с исполнительным и измерительным оборудованием подводного аппарата.

Ключевые слова: информационный обмен; расширитель интерфейсов; модульность; привязная подводная система.

Анотація. Описано структуру системи інформаційного обміну прив'язної підводної системи, яка організована на основі принципу модульності. Базовим елементом системи є розроблений в рамках даної статті розширювач інтерфейсів, який гарантує програмне забезпечення поста керування можливістю прозорого з'єднання з виконавчим і вимірвальним обладнанням підводного апарата.

Ключові слова: інформаційний обмін; розширювач інтерфейсів; модульність; прив'язна підводна система.

REFERENCES

- [1] Blintsov O. V. *Kontseptsiiia stvorennia bahatotsilovykh pryviaznykh pidvodnykh system z tsentralizovanim informatsiinym obminom* [Concept of developing multipurpose underwater tethered systems with centralized data exchange]. *Vostochno-evropeyskiy zhurnal peredovykh tekhnologiy* [Eastern-European Journal of Enterprise Technologies]. 2013, issue 6/9 (66), pp. 31–35.
- [2] Blintsov O. V. *Modulna struktura pidvodnogo aparata-robota bahatotsilovoho pryznachennia* [Modular structure of multipurpose submersible robots]. «*Pidvodna tekhnika i tekhnolohiia*»: *Materialy vseukrainskoi nauko-vo-tekhnichnoi konferentsii z mizhnarodnoiu uchastiu* [«Underwater technics and technologies»: Proceedings of the All-Ukrainian Scientific and Practical Conference with international participation]. Mykolaiv, NUOS Publ., 2013, pp. 53–56.

- [3] Vaulin Yu. V. *Osobennosti navigatsionnogo i algoritmicheskogo obespecheniya teleupravlyаемого neobitaемого podvodnogo apparata* [Special features of navigational and algorithmic support of remote-controlled unmanned underwater vehicles]. *Podvodnye issledovaniya i robototekhnika* [Underwater Investigations and Robotics]. 2013, no. 2(16), pp. 4–16.
- [4] Korytskyi V. I. *Systema informatsiinoho obminu samokhidnoi pryv'язnoi pidvodnoi tekhnolohichnoi platformy* [Data exchange system of a self-propelled tethered underwater technological platform]. *Innovatsii v sudnobuduvanni ta okeanotekhnitsi: Materialy V Mizhnarodnoi naukovu-tekhnichnoi konferentsii* [«Innovations in Shipbuilding and Ocean Engineering»: Proceedings of the 5th International Scientific and Technical Conference]. Mykolaiv, NUOS Publ., 2014, pp. 131–133.
- [5] Kostenko D. V., Trybulkevych S. L. *Systema keruvannia pidvodnym aparatom po protokolu Modbus TCP* [The control system of an underwater vehicle on the Modbus TCP protocol]. *Pidvodna tekhnika i tekhnolohiia: Materialy vseukrainskoi naukovu-tekhnichnoi konferentsii z mizhnarodnoiu uchastiu* [«Underwater technics and technologies»: Proceedings of the All-Ukrainian Scientific and Technical Conference with international participation]. Mykolaiv, NUOS Publ., 2014, part 1, pp. 65–67.
- [6] Chernenko K. V., Molchanov A. V., Yegorov S. A., Kutsenko A. S. *Osobennosti postroeniya informatsionno-upravlyayushchey sistemy teleupravlyаемого podvodnogo apparata* [Special features of construction of the data and control systems of remote-controlled underwater vehicle]. *Vestnik MGTU im. N. E. Baumana. Ser. «Mashinostroenie»*. [Bulletin of the Bauman Moscow State Technical University. Mechanical Engineering]. 2012, special issue «Special robotics and mechatronics», pp.65–74.
- [7] Troelsen A. *Model COM i primenenie ATL 3.0* [COM modelling and ATL 3.0 application]. Saint Petersburg, St. Petersburg Publ., 2001. 928 p.
- [8] Sheng Jie, Chung Sam, Hansel Leo, et al., JAUS to EtherCAT Bridge: Toward Real-Time and Deterministic Joint Architecture for Unmanned Systems. *Journal of Control Science and Engineering*, 2014, vol. 2014. doi:10.1155/2014/631487.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Сучасні завдання, які ставляться перед прив'язними підводними системами (ППС) та їх підводними апаратами (ПА), вимагають розробки нових ПА, побудованих на основі цифрових технологій з дотриманням концепцій модульності їх конструкції, і багатфункціональності [1, 2].

Успішність реалізації таких концепцій залежить від можливостей з розширення складу основних і додаткових пристроїв, якими можна обладнати ПА, і програмних засобів, за допомогою яких виконується керування ними. Тому актуальною є реалізація гнучкої системи інформаційного обміну (СІО) ППС з високими швидкістю й пропускну здатністю, а також можливістю оперативного підключення до ПА або поста керування (ПК) ППС додаткових пристроїв. Гнучкість СІО обмежується двома чинниками, характерними для ППС.

Перший з них полягає в тому, що певні елементи виконавчого обладнання, що входять до складу ППС, можуть бути несумісними як на фізичному, так і на більш високих рівнях взаємодії. Для під'єднання кожного такого пристрою до СІО необхідно застосовувати перетворювач інтерфейсів, що недоцільно як з економічної точки зору, так і з точки зору ефективності застосування інформаційних ресурсів СІО.

Другий чинник зумовлений тим, що середовищем розповсюдження каналу зв'язку між пристроями ПА й пристроями ПК є інформаційна складова кабель-

троса (КТ) — оптичне волокно або мідні провідники. Застосування апаратних пристроїв з різними інтерфейсами інформаційного обміну призводить до необхідності забезпечувати відповідні середовища поширення. Це призводить до подорожчання КТ, а також, і це критично для ППС, до збільшення діаметра КТ і, як наслідок, до збільшення його гідродинамічного опору і зниження експлуатаційних характеристик ППС загалом.

Крім того, існує необхідність в організації резервних каналів інформаційного обміну й створенні виділених каналів для підвищення швидкодії обладнання ПА при низьких швидкостях обміну даними [4].

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

Аналіз архітектури сучасних ППС й організації систем керування обладнанням ПА показав, що на сьогодні СІО ППС організовано здебільшого за одним з двох підходів:

- на базі інтерфейсів інформаційного обміну (ІО) з фізичною топологією «загальна шина» (CAN, RS-485 та ін.);
- за ієрархічним принципом.

У першому випадку до кожної шини СІО може бути підключено один або декілька пристроїв, якими керує окремий контролер [3]. Проектування СІО ПА може виконуватись з використанням виділених ІО на базі плат розширення типу PC/104 [6]. Таким СІО притаманні недоліки:

– низька пропускна здатність, недостатня для передавання відео високої чіткості;

– зниження швидкодії системи керування при функціонуванні на шині пристроїв з низькою швидкістю обміну даними;

– залежність програмного забезпечення контролерів виконавчих пристроїв від особливостей інформаційних протоколів обладнання;

– ускладнення структури СІО з можливим виникненням необхідності в перепрограмуванні контролерів при включенні до складу ПА додаткового обладнання.

У другому випадку СІО ППС має багаторівневу організацію. Найвищий рівень реалізує зв'язок між ПА і ПК, а на нижчих рівнях розміщуються виконавчі й вимірювальні пристрої (ВВП), які згруповано за певною ознакою (наприклад, за призначенням) [5]. Для узгодження інформаційних інтерфейсів і протоколів обладнання ПА і СІО переважно використовуються спеціальні проміжні пристрої [8]. Серед недоліків таких СІО можна виділити:

– обтяження модернізації системи керування при заміні встановленого обладнання продуктами інших виробників;

– ускладнення процесу включення до складу ПА нового обладнання;

– наявність додаткових вузлів збільшує складність системи, процесів її експлуатації й модернізації.

Крім того, описані СІО потребують додаткового каналу зв'язку для передавання відео, що на сьогодні є неприйнятним через збільшення діаметра КТ.

У роботі [1] як базовий елемент СІО пропонується застосовувати інтерфейси з високою швидкістю обміну даними: Fast Ethernet для малих ПА; Gigabit Ethernet для ПА, обладнаних пристроями, що потребують великої пропускної здатності (відеокамерами високої чіткості, багатопробієвими гідроакустичними приладами). Використання технології Ethernet в СІО ППС дає змогу забезпечити модульність і багатofункціональність, але необхідність у застосуванні перетворювачів для пристроїв з іншими інтерфейсами зв'язку залишається.

МЕТОЮ РОБОТИ є розробка системи інформаційного обміну ППС для забезпечення зв'язку між обладнанням ПА і поста керування з різними апаратними інтерфейсами, що забезпечить гнучкість і багатofункціональність підводного апарата.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Модульну СІО, яка позбавлена недоліків попередніх її варіантів, пропонується організувати за функціональною схемою, яку зображено на рис. 1.

Інформаційний обмін між обладнанням ПА (рушійно-рульовий комплекс, система відеоспостереження та ін.) і ПК реалізовано на базі технології «клієнт–сервер». Обладнання ПК і ПА за допомогою комутаційного обладнання (К) об'єднується в єдину мережу на базі виділеного високошвидкісного ПО (наприклад, Fast Ethernet). Сервер СІО встановлює зв'язок з модулем інформаційного обміну (МІО) ПА і забезпечує виконання таких завдань:

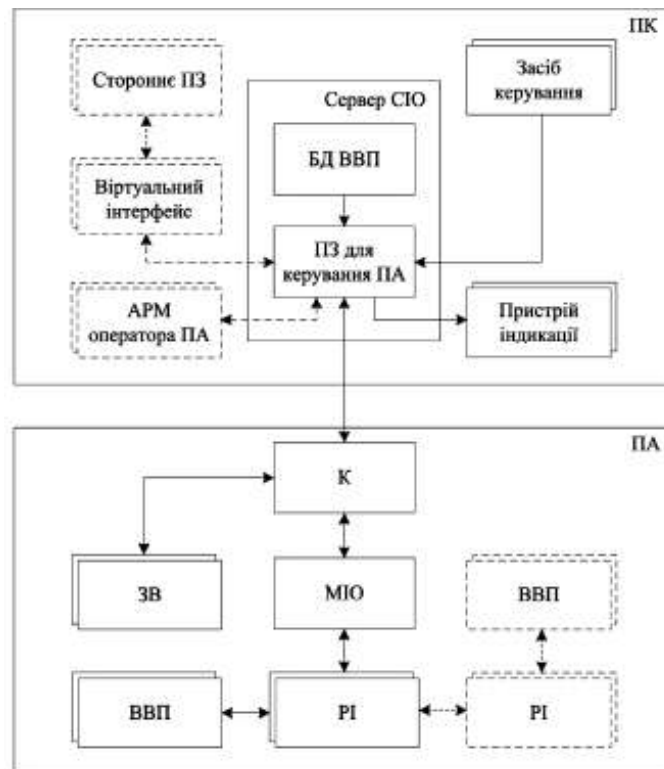


Рис. 1. Функціональна схема СІО

- організація інформаційного обміну між клієнтським обладнанням ПК і обладнанням ПА;
- розподілення доступу на керування виконавчим обладнанням між членами екіпажу ПА — автоматизованими робочими місцями (АРМ) операторів ПА;
- узгодження інформаційних протоколів обладнання ПК і ПА;
- інтеграція системи інформаційного обміну ПА з програмним забезпеченням (ПЗ) сторонніх виробників;

– ретрансляція телеметричної й відеоінформації, що отримана від обладнання ПА, всім клієнтам СІО.

До складу сервера також входить база даних (БД) ВВП, яка містить дані про функціональні можливості ВВП, їх технічні характеристики, інформаційні протоколи, які використовуються обладнанням ПА.

Сигнали керування (СК) та інші запити можуть бути сформовані програмним забезпеченням для керування ПА або стороннім ПЗ. Дане ПЗ може бути встановлене на сервері СІО й на обладнанні АРМ операторів ПА.

ПЗ для керування ПА на сервері отримує СК від локальних засобів керування або від обладнання АРМ операторів, перетворює сигнали до форми, що сумісна з інформаційним протоколом ПА, та надсилає перетворені СК обладнанню апарата. Також ПЗ для керування ПА обробляє телеметричну інформацію від виконавчого обладнання ПА й відеоінформацію від засобів відеоспостереження (ЗВ). Отримані дані ретранслюються до АРМ операторів ПА й передаються до локальних засобів відображення. Якщо завдання керування виконавчим пристроєм покладено на стороннє ПЗ, то зв'язок з ВВП забезпечується за рахунок віртуальних ІО (СОМ-порт та ін.). Дані інтерфейси створюються ПЗ для керування ПА на етапі ініціалізації. Інформаційний обмін між сервером СІО й обладнанням АРМ операторів ПА пропонується реалізовувати з використанням технології Component Object Model [7], що дасть змогу істотно знизити навантаження на ІО, який з'єднує сервер СІО з МІО ПА за рахунок зменшення обсягу службових даних.

СК, сформовані обладнанням ПК, надходять до ВВП за допомогою МІО. Даний модуль призначений для узгодження інформаційних інтерфейсів ПА і ПК, перетворення СК до форми, яка сумісна з інформаційними протоколами ВВП, і розподілення СК між обладнанням ПА.

Як виконавчі, так і вимірювальні пристрої можуть бути виконаними на базі ІО різних типів, наприклад, RS-232, RS-422/485, CAN і т.д. Узгодити ІО ВВП з МІО пропонується на базі розширювача інтерфейсів (РІ), функціональну схему якого зображено на рис. 2.

РІ — це мікроконтролерний пристрій, який містить ІО двох типів: інтерфейс керування (ІК) і підпорядковані інтерфейси (ПІ).

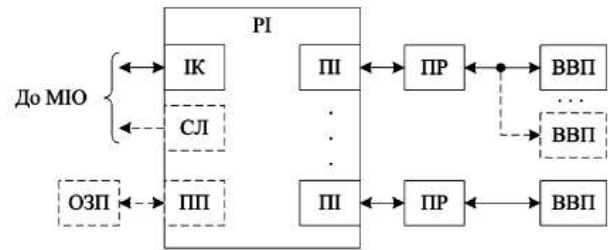


Рис. 2. Функціональна схема розширювача інтерфейсів

ІК може бути як вбудованим до мікроконтролера, так і зовнішнім модулем ІО. Даний модуль розв'язує завдання отримання й обробки пакетів керування від МІО ПА або РІ вищого рівня. ПІ є вбудованими в мікроконтролер і реалізують кілька ІО одного типу (UART, CAN, Ethernet та ін.). Кожний модуль ПІ з'єднано з перетворювачем логічних рівнів (ПР) сигналів від модуля до рівнів, які сумісні з такими у фізичній реалізації певного інтерфейсу (RS-232, RS-485/422, CAN та ін.). ПІ залежно від типу й фізичної топології ІО може бути з'єднано з одним або групою ВВП.

Пакет з СК для ВВП надходить до РІ, відбувається процедура перевірки цілісності й допустимості СК, і надсилається відповідним ПІ необхідному ВВП. У процесах інформаційного обміну РІ й СІО може бути задіяна сигнальна лінія (СЛ). Сигнал в СЛ використовується РІ для сповіщення МІО ПА про виникнення важливої події, наприклад, отримання розширювачем пакета з відповіддю від певного ВВП або групи пристроїв, виявлення помилки в процесі інформаційного обміну з МІО і т. д. Для усунення нестачі оперативної пам'яті, яка може виникнути під час обміну великими об'ємами даних, пропонується розширити об'єм оперативного запам'ятовуючого пристрою (ОЗП) з використанням в якості інтерфейсу обміну даними паралельного порту (ПП).

Зв'язок з ВВП доцільно реалізувати на базі технології трансляції даних. СК для певного ВВП трансляються РІ до форми, яка сумісна з інформаційним протоколом певного пристрою, і надсилається пристрою-адресату засобами ІО, до якого він підключений. Відповідь, яку отримано від ВВП, аналізується розширювачем, перетворюється до форми, яка сумісна з протоколом СІО ПА й надсилається МІО. Для спрощення процесу внесення змін до конфігурації СІО, а також до складу обладнання ПА в рамках даної роботи пропонується реалізувати можливість динамічного налаштування кожного з ПІ, які входять до складу РІ. Динамічне налаштування ПІ досягається збереженням до ОЗП РІ апаратних налаштувань кожного ПІ й правил трансляції даних між протоколами СІО й ВВП, які приєднано до розширювача.

Налаштування кожного з ПІ, окрім апаратної конфігурації (швидкість обміну даними, формат одиниці даних тощо) містять таблицю приєднаних пристроїв.

У даній таблиці зберігаються дані про інформаційний протокол, який використовується кожним окремим ВВП, команди, які необхідно виконати кожному ВВП, й деталізована інформація про стан процесу обміну даними (кількість успішних і помилкових команд, кількість помилок, що виникають при виконанні кожної з команд). ПІ може функціонувати в одному з двох режимів: шлюзу пакетів або циклу команд. Режим шлюзу пакетів зручно застосовувати в процесі керування ВВП стороннього ПЗ або при організації СІО з ієрархічною структурою (інформаційного обміну між розширювачами інтерфейсів).

Процес обміну даними між ПЗ ПК й обладнанням ПА в режимі шлюзу пакетів необхідно реалізувати за діаграмою послідовності, яку зображено на рис. 3.

Процес інформаційного обміну починається з процедури формування стороннім ПЗ керуючої команди для ВВП. Дана команда за допомогою віртуального ІО надсилається ПЗ для керування ПА. Сервер СІО на основі отриманих даних створює пакет-команду, який є сумісним з МІО ПА на рівні інформаційного протоколу. Модуль інформаційного обміну, одержавши відповідний пакет, виконує перевірку цілісності прийнятих даних, виділяє з них команду для РІ й надсилає дану команду розширювачу за допомогою ІК. Після прийняття команди РІ виділяє дані, які підлягають передачі до виконавчого пристрою, і надсилає їх за допомогою відповідного ПІ.

ВВП, одержавши команду, виконує її обробку, формулює відповідь і передає її відповідному ПІ. РІ отримує відповідь від ВВП і сповіщає МІО про наявність даних. МІО, обробивши відповідне сповіщення, надсилає РІ запит на дані від ВВП, і очікує їхньої

доставки. РІ формує пакет, що містить дані від ВВП, і направляє його МІО. МІО, у свою чергу, створює на основі даних пакет-відповідь, яка направляється програмному забезпеченню сервера СІО. Сервер виділяє з цього пакета корисні дані (відповідь від ВВП) і за допомогою віртуального ІО доставляє їх сторонньому програмному забезпеченню.

У режимі шлюзу пакетів ВВП є для СІО віртуальним пристроєм з невідомими адресою й інформаційним протоколом. Тому, у випадку підключення до одного ПІ в режимі шлюзу декількох пристроїв завдання адресації, перевірки цілісності інформаційного обміну й формування команд покладено на клієнтське ПЗ. Також у функціонуванні ПІ в режимі шлюзу пакетів можливим є каскадне включення РІ. У цьому випадку процес доставки пристрою команди й одержання відповіді доповнюється циклами обміну МІО-РІ, кількість яких дорівнює кількості РІ на маршруті «Стороннє ПЗ–ВВП».

Режим циклу команд зручно використовувати для автоматизації процесів керування обладнанням, інформаційний протокол якого відомий. Також даний режим дозволяє прискорити процес інформаційного обміну з ВВП за рахунок скорочення маршруту проходження запитів до виконавчих пристроїв і відповідей від них. Авторами пропонується процес функціонування ПІ в режимі циклу команд реалізувати на базі діаграми послідовностей, яку зображено на рис. 4.

У даному режимі формат, перелік і послідовність команд, які повинен виконувати ВВП, зберігається в пам'яті РІ. ПІ циклічно надсилає по одному запиту з переліку по черзі кожному ВВП. Пристрій обробляє

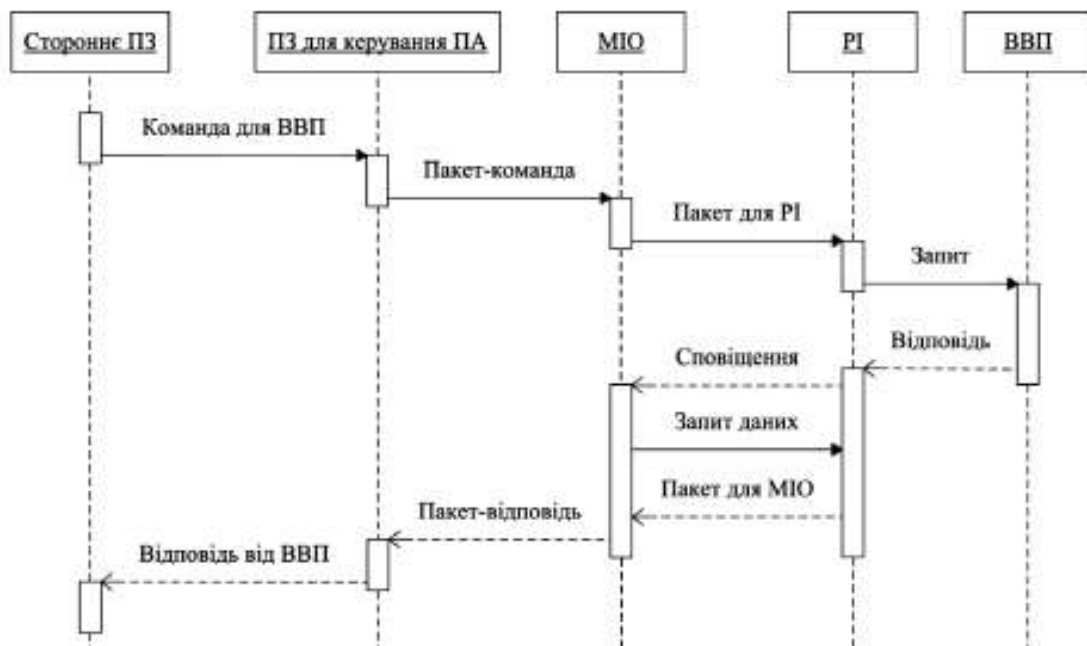


Рис. 3. Діаграма послідовності функціонування ПІ в режимі шлюзу пакетів

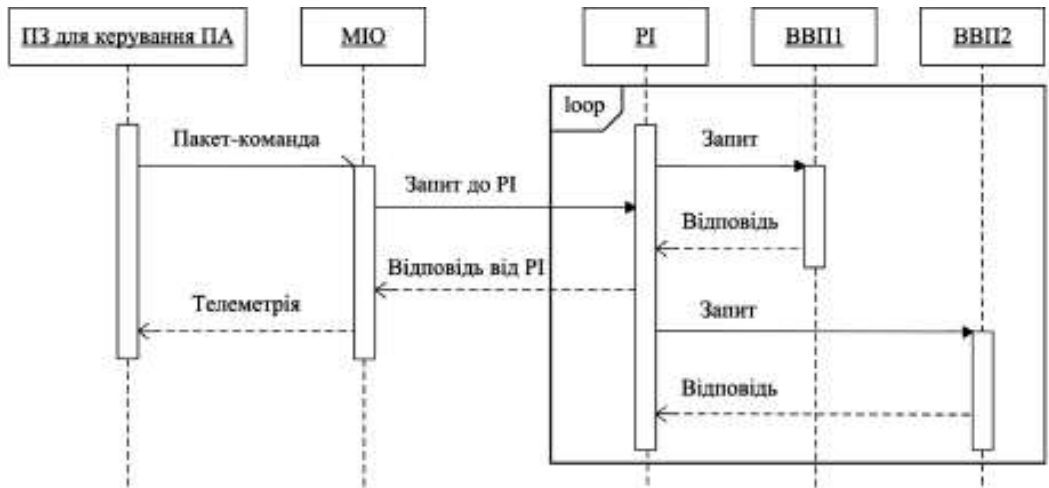


Рис. 4. Діаграма послідовності функціонування ПЗ в режимі циклу команд

отриманий запит і формує відповідь, яку спрямовує PI. PI, у свою чергу, перевіряє цілісність отриманих даних і зберігає телеметричну інформацію від ВВП до спеціально виділених буферів.

ПЗ для керування ПА періодично створює й відправляє МІО ПА пакети-команди, які містять СК для кожного ПІ, що функціонує в режимі циклу команд. МІО з цих даних формує запити для кожного з PI, які встановлено в СІО, та по черзі направляє ці запити відповідним розширювачам. PI, одержавши запит від модуля інформаційного обміну, виконує перевірку цілісності прийнятих даних, обробляє їх і формує відповідь. СК, які одержано розширювачем від МІО, зберігаються у відповідних буферах і використовуються в запитах до виконавчих пристроїв з початку наступного циклу команд.

Відповідь, сформульована розширювачем, надсилається МІО, який виділяє дані, необхідні клієнтському ПЗ. З телеметрії, яку отримано від усіх ВП, МІО формує пакет телеметрії й надсилає його програмному забезпеченню для керування ПА. Програмне забезпечення одержує даний пакет і обробляє телеметричну інформацію згідно з внутрішньою логікою.

Процес трансляції СК, одержаних від МІО до форми, яка сумісна з протоколом ВВП організуємо за алгоритмом, блок-схему якого наведено на рис. 5.

Формування пакету з запитом починається з виділення ПІ СК, які необхідно включити до запиту. СК помічаються в таблиці СК P. Кожен СК, який виділено з таблиці, перетворюється процедурою Encode згідно з правилами інформаційного протоколу, який використовується певним ВВП. Процедура Encode за необхідністю виконує інвертування порядку слідування байтів у параметрі та/або табличну заміну байтів з керуючими кодами.

Оброблені СК застосовуються в процесі формування пакету запиту (процедура GenMes). Запит до ВВП створюється на основі даних про пристрій

(об'єкт D[i]), формату запиту (об'єкт M[j]) і масиву параметрів B, перетворених процедурою Encode. Сформований запит записується до програмного буфера Buf, вміст якого передається процедурі активації процесу передачі даних StartTrn.

Після передачі запиту до ВВП ПІ очікує пакету з відповіддю. Якщо даний пакет не отримано в проміжку часу, що визначається користувачем при налаштуванні інтерфейсу, ПІ фіксує помилку в процесі передачі. Якщо ж пакет з відповіддю від ВВП отримано, PI переходить до виконання процедури його обробки.

Процес обробки пакету з відповіддю від ВВП пропонується реалізовувати на базі алгоритму, блок-схему якого представлено на рис. 6.

Обробка пакету починається з перевірки цілісності його змісту (функція CheckIntegrity), результат якої записується до прапорця Good. За результатами перевірки збільшується лічильник успішних відповідей під індексом j при цілісному пакеті й лічильник помилкових відповідей в іншому разі.

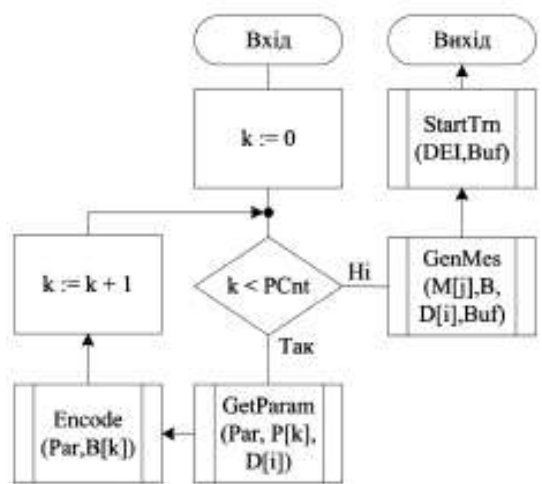


Рис. 5. Блок-схема алгоритму формування запиту до ВВП в режимі циклу команд

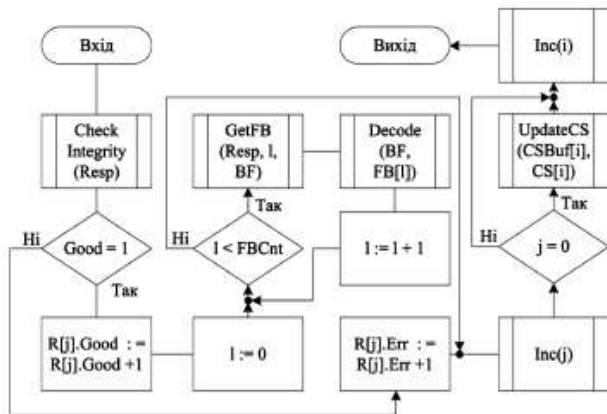


Рис. 6. Блок-схема алгоритму аналізу відповіді від ВП в режимі циклу команд

Якщо прийнятий пакет є цілісним, то виконується цикл розбору телеметричної інформації. Даний цикл складається з виділення телеметричної змінної з відповіді Resp (процедура GetFB) й перетворення її до зручного для обробки виду згідно з інформаційним протоколом пристрою (процедура Decode). Також процедура Decode записує перетворені дані до таблиці телеметричної інформації відповідного пристрою.

Після завершення циклу обробки телеметрії відбувається збільшення індексу команди. Якщо в результаті збільшення індексу був розпочатий перехід до початкової команди циклу, ПІ оновлює таблицю сигналів CS значеннями з буфера CSBuf. Останнім етапом алгоритму є збільшення індексу поточного пристрою. Саме з цим пристроєм буде виконуватись інформаційний обмін на наступній ітерації циклу команд.

Застосування РІ дає змогу організувати інформаційний обмін між ПК і пристроями ПА з різними апаратними інтерфейсами, використовуючи один канал інформаційного обміну в КТ, тим самим забезпечу-

ється можливість застосовувати КТ менших діаметрів за рахунок зменшення кількості інформаційних складових КТ. Використовувати МІО в сукупності з запропонованими РІ пропонується не тільки на ПА, а й на ПК для забезпечення гнучкості СІО й розширення функціональних можливостей ППС.

Описаний підхід використано при розробці СІО для ППС проекту «Гідрограф» виробництва Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова (м. Миколаїв). Зв'язок обладнання ПК і ПА реалізовано на базі інтерфейсу Gigabit Ethernet. Обмін СК між ПА й сервером СІО здійснюється за допомогою МІО, до якого підключено РІ з чотирма ІО типу RS-485. Два інтерфейси застосовано для керування рушійно-рульовим комплексом (маршовими й допоміжними рушійними пристроями), один — для отримання телеметрії від бортової системи навігації й один зарезервовано для подальшого розширення структури ПА. Всі задіяні інтерфейси використовуються в режимі циклу команд, що істотно знижує обсяг службової інформації, яка циркулює між ПК і ПА, а також спрощує процес розробки ПЗ для керування ППС.

ВИСНОВКИ. 1. Запропоновано структуру системи інформаційного обміну для самохідного прив'язного ПА, яка містить модуль інформаційного обміну й РІ, і забезпечує відповідність концепціям модульності й багатофункціональності підводного апарату.

2. На основі технології трансляції даних розроблено структуру й алгоритмічне забезпечення РІ інформаційного обміну для використання в складі системи інформаційного обміну ППС, який дає змогу об'єднати пристрої ПА й ПК з різними апаратними інтерфейсами в єдину систему й використовувати один канал зв'язку в КТ, чим забезпечується можливість застосовувати КТ менших діаметрів за рахунок зменшення кількості їх інформаційних складових.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] **Блінцов, О. В.** Концепція створення багатоцільових прив'язних підводних систем з централізованим інформаційним обміном [Текст] / О. В. Блінцов // Восточно-европейский журнал передовых технологий. — Харьков, 2013. — Вып. 6/9 (66). — С. 31–35.
- [2] **Блінцов, О. В.** Модульна структура підводного апарату-робота багатоцільового призначення [Текст] / О. В. Блінцов // «Підводна техніка і технологія»: Матеріали всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю. — Миколаїв: НУК, 2013. — С. 53–56.
- [3] **Ваулин, Ю. В.** Особенности навигационного и алгоритмического обеспечения телеуправляемого необитаемого подводного аппарата [Текст] / Ю. В. Ваулин, В. В. Костенко, А. М. Павин // Подводные исследования и робототехника. — 2013. — № 2 (16). — С. 4–16.
- [4] **Корицький, В. І.** Система інформаційного обміну самохідної прив'язної підводної технологічної платформи [Текст] / В. І. Корицький // Інновації в суднобудуванні та океанотехніці: Матеріали V Міжнародної науково-технічної конференції. — Миколаїв: НУК, 2014. — С. 131–133.
- [5] **Костенко, Д. В.** Система керування підводним апаратом по протоколу Modbus TCP [Текст] / Д. В. Костенко, С. Л. Трибулькевич // Підводна техніка і технологія: Матеріали всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю — Миколаїв: НУК, 2014. — Ч. 1 — С. 65–67.

- [6] Особенности построения информационно-управляющей системы телеуправляемого подводного аппарата [Текст] / К. В. Черненко, А. В. Молчанов, С. А. Егоров, А. С. Куценко // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Сер. «Машиностроение». Спец. вып. «Специальная робототехника и мехатроника». — 2012. — С. 65–74.
- [7] **Трельсен, Э.** Модель COM и применение ATL 3.0 / Э. Трельсен. — СПб. : БХВ — Санкт-Петербург, 2001. — 928 с.
- [8] JAUS to EtherCAT Bridge: Toward Real-Time and Deterministic Joint Architecture for Unmanned Systems / Jie Sheng, Sam Chung, Leo Hansel, et al. // Journal of Control Science and Engineering. — 2014. – Vol. 2014. — Available at: DOI : 10.1155/2014/631487.

© О. В. Блінцов, В. І. Корицький

Надійшла до редколегії ???.?.2015

Статтю рекомендує до друку член редколегії ЗНП НУК
д-р техн. наук, проф. ??????????