

УДК 621.396.1

Толіупа С. В., д.т.н.; Дружинін В. А., к.т.н.

(Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій)

СИНТЕЗ ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕЛЕМЕТРИЧНИХ КОМПЛЕКСІВ ЦИФРОВОГО РАДІОБАЧЕННЯ З БАГАТОПОЗИЦІЙНИМ ПРИЙОМОМ

Толіупа С. В., Дружинін В. А. Синтез інформаційно-телеметричних комплексів цифрового радіобачення з багатопозиційним прийомом. Метою функціонування інформаційно-телеметричних систем радіобачення є надійна й достовірна доставка радіолокаційної інформації від бортових джерел літальних апаратів на наземний пункт збору та обробки радіолокаційної інформації. Для проектування таких телеметричних систем необхідна розробка високорівневих послуг з передачі інформації, які орієнтовані на передачу даних між пунктом збору інформації та спеціалізованою мережею користувача.

Ключові слова: ЦИФРОВЕ РАДІОБАЧЕННЯ, БАГАТОПОЗИЦІЙНИЙ ПРИЙОМ, ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕЛЕМЕТРИЧНИЙ КОМПЛЕКС, РАДІОЛОКАЦІЙНА ІНФОРМАЦІЯ

Толіупа С. В., Дружинін В. А. Синтез информационно-телеметрических комплексов цифрового радиовиденья с многопозиционным приемом. Целью функционирования информационно-телеметрических систем радиовиденья является надежная и достоверная доставка радиолокационной информации от бортовых источников летательных аппаратов на наземный пункт сбора и обработки радиолокационной информации. Для проектирования таких телеметрических систем необходима разработка высокоуровневых услуг по передаче информации, которые ориентированы на передачу данных между пунктом сбора информации и специализированной сетью пользователя.

Ключевые слова: ЦИФРОВОЕ РАДИОВИДЕНЬЕ, МНОГОПОЗИЦИОННЫЙ ПРИЙОМ, ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС, РАДИОЛОКАЦИОННАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Toliupa S. V., Druzhynin V. A. Synthesis of informatively-telemetric complexes of digital radiovision with a multiposition reception. The purpose of functioning of the informatively-telemetric systems of radiovision is reliable y reliable delivery radio-location information from the side sources of aircrafts on a surface assembly and treatment of radio-location information point. For planning of such telemetric systems development of high level services is needed in passing to information, which are oriented to communication of data between an assembly of infrmacii and specialized network of user point.

Key words: DIGITAL RADIOVISION, MULTIPOSITION RECEPTION, INFORMATIVELY-TELEMETRIC COMPLEX, RADIO-LOCATION INFORMATION

Метою функціонування інформаційно-телеметричних систем радіобачення є надійна й достовірна доставка радіолокаційної інформації від бортових джерел літальних апаратів або керованих груп літальних апаратів на наземний пункт збору та обробки радіолокаційної інформації (НПЗОРЛІ). Джерелами інформації, зазвичай, є радіолокаційні датчики та підсистеми інформаційного комплексування, наприклад, тепловізійні датчики. Використання систем радіобачення дозволяє отримувати візуальну інформацію про об'єкти моніторингу земної поверхні з детальністю, яка принаймня оптичним системам, незважаючи на погодні умови та природну освітленість району розвідки [1...3].

На цей час розвиток мікропроцесорної техніки привів до створення систем обробки й передачі бортових даних з більшою пропускну здатністю й автономністю та з можливістю комплексування даних обробки. Цей факт поряд із сучасним рівнем розвитку інформаційних технологій і можливостями фінансування дозволяє створювати більш ефективні й гнучкі цифрові телеметричні системи, що забезпечують моніторинг земної поверхні, які мають більші можливості при менших витратах ресурсів: меншим енергоспоживанням, меншою займаною смугою частот, меншою ймовірністю помилки передачі [4].

Традиційно більша частина ресурсів телеметричних систем, за винятком мережі передачі даних, використовувалася для розв'язку певного завдання й повністю полягала у веденні певної організації.

Відсутність стандартних рішень таких задач приводила до того, що мережа передачі телеметричних даних "багаторазового використання" повинна була виконувати найбільш низькорівневі функції щодо передачі інформації, тобто забезпечувати доставку окремого радіолокаційного виміру або біта.

Метою розробки телеметричних систем CCSDS була не тільки автоматизація передачі даних у межах певної системи, але й гарантія підтримки бортових телеметричних систем, що належать одній організації (країні), наземними телеметричними системами інших організацій (країн).

Для проектування таких телеметричних систем, у першу чергу, необхідна розробка високорівневих послуг з передачі інформації, які орієнтовані на передачу даних між пунктом збору інформації та спеціалізованою мережею користувача.

Відомо [1], що телеметрична система CCSDS включає дві основні категорії: пакетна передача телеметричних даних (пакетна телеметрія) і кодування телеметричного каналу. Пакетна телеметрія представляє собою стандартизований і високоавтоматизований спосіб передачі даних, що спрощує процес доставки інформації від бортових джерел. Вона надає механізм, що включає стандартні структури даних і протоколи, які дозволяють спростити розробку й розширити можливості телеметричної системи комплексу радіобачення. Кодування телеметричного каналу – це спосіб передачі даних зашумленим радіоканалом, що дозволяє безпомилково відновлювати їх на прийомній стороні. Дешифрування закодованих даних на прийомній стороні наземного пункту збору та обробки радіолокаційної інформації дозволяє відновлювати їх з низькою ймовірністю помилки й тим самим поліпшує характеристики каналу.

Спільно пакетна телеметрія й кодування телеметричного каналу забезпечують надійну й достовірну передачу телеметричної інформації.

Для проектування телеметричної системи комплексу радіобачення зручно користуватися методикою ієрархічної побудови, що дозволяє розглядати систему як формалізований набір процедур. Ієрархічна побудова, відповідно до еталонної моделі взаємодії відкритих систем (Open Systems Interconnect model, OSI) Міжнародної організації стандартизації (International Standards Organization, ISO) і Міжнародного консультативного комітету з телеграфії й телефонії (Consultative Committee on International Telegraphy & Telephony, CCITT), дає змогу логічно групувати функції телеметричної системи комплексу радіобачення в рівні й установлює зв'язку між цими рівнями. Таким чином, ієрархічна побудова “розкладає” складну процедуру телеметрії наземних об'єктів у набори порівняно простих функцій, що перебувають у загальних архітектурних шарах.

У межах рівня обмін даними відбувається відповідно встановленим стандартним правилам або протоколам. При цьому для кожного рівня строго визначена низка послуг, які забезпечуються нижнім рівнем стосовно нього, і аналогічно строго визначена низка послуг, що надаються даним рівнем верхньому рівню. Поки зберігаються міжрівневі інтерфейси, будь-які процеси, що протікають у межах рівня, “прозорі” для інших рівнів і не впливають на їхню роботу. Отже, будь-який рівень може бути цілком змінений або вилучений розроблювачем відповідно до вимог користувача (замовника), або технологічними вимогами без порушення цілісності системи. Якщо при цьому надані інтерфейси сусіднім рівням, користувач може взаємодіяти із системою на кожному з її рівнів.

Таким чином, ієрархічна побудова є потужним інструментом розробки гнучких структурованих систем, які достатньо легко адаптуються до мінливих вимог або нових технологій. Ця методика стандартизації телеметричних систем комплексів радіобачення припускає:

- інкапсуляцію даних джерела радіолокаційної інформації (сегменту радіолокаційного зображення об'єкту) й формування в такий спосіб у реальному масштабі часу автономного пакета інформації;
- комутацію незалежних пакетів від строго регламентованих джерел інформації даних у загальні фреймові структури для передач на НПЗОРЛІ по радіоканалу;
- доставку користувачеві пакета (пакетів) джерел інформації.

Така концепція забезпечує наступні переваги:

- незалежність автономних пакетів;
- фіксовані й стандартні протоколи між джерелами даних на борту (бортах) й НПЗОРЛІ;
- оптимальний, реальний розподіл телеметричних каналів з використанням механізмів пріоритної комутації;
- реалізація практично безпомилкового телеметричного каналу завдяки використанню завадостійкого кодування;
- більш дешева й швидка доставка даних моніторингу користувачу (користувачам).

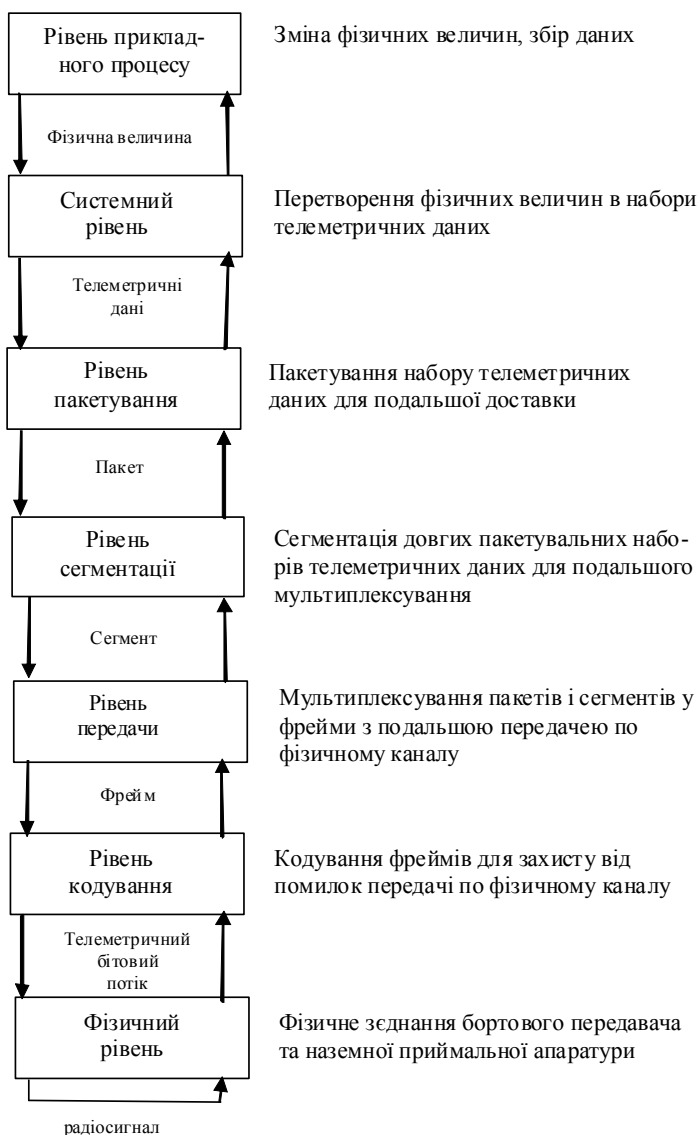


Рис. 1. Ієрархічна модель телеметричної служби

сегмента визначається інтерфейсом з нижнім рівнем.

Фрейми необхідні для достовірної й надійної доставки пакетів джерел радіолокаційної інформації або сегментів за телеметричним каналом до мережі передачі даних. Передбачається кілька варіантів передачі даних. Один з них – мультиплексування фреймів у віртуальні канали. Фрейм починається із синхромаркера і має основний заголовок. Основний

На рис.1 приведена ілюстрація телеметричної системи моніторингу поверхні, яка представлена у вигляді семирівневої ієрархічної моделі, побудованої за зразком моделі OSI. Слід зазначити, що рекомендації комітету CCSDS адресовані тільки п'ятьом нижнім рівням цієї моделі.

У рамках концепції пакетної телеметрії дані про процеси на борту про об'єкт, що підлягає моніторингу, формуються в блоки, які називаються “вихідним пакетом” або “пакетом джерела”. Ці блоки супроводжуються основним заголовком, що містять поля ідентифікації пакета, контролю послідовності пакетів, інформацію про довжину пакета й обов'язковим кінцевим полем контролю помилок. Пакет джерела (джерел) – основний блок даних, який телеметрується користувачеві з об'єкта (джерела радіолокаційних вимірювань). Він звичайно містить значну кількість зв'язаних даних від конкретного бортового джерела.

Для керування потоком даних і їх передачі по каналах зв'язку передбачена можливість сегментації більших блоків даних у менші: пакети джерела (формат 1) або сегменти пакетів (формат 2). При цьому розмір поля даних пакета або

заголовок містить поля ідентифікації фрейму, номер фрейму й поле, що описує стан поля даних фрейму.

Поле даних фрейму може завершуватися необов'язковою областю, що включає поле операційного керування й поле контролю помилок. Перше з них забезпечує виконання деяких функцій обміну даними (наприклад, калібрування бортового часу, підтвердження приймання команд та т.ін.). Поле контролю помилок дозволяє виявляти й виправляти помилки, які можуть з'явитися в процесі обробки й передачі даних.

Передача фреймів вимагає більш низькорівневих послуг, таких як модуляція/демодуляція й кодування/декодування.

В зв'язку з тим, що одним з основних вимог до телеметричної системи комплексу є безпомилкова доставка даних (вірогідність передачі), тому для їхнього захисту від помилок, викликаних шумами радіоканалу використовується кодування каналу. Для захисту даних від шумів фізичного каналу бітовий потік кодується одним або обома наступними кодами: *блоковий код Ріда-Соломона; згортковий код.*

Завдяки комбінації цих кодів, канал практично звільняється від помилок. Дані, що зв'язують рівень кодування каналу з наступним рівнем – це каналні символи, виведені кодером, тобто послідовність інформаційних бітів (бітовий потік), у вигляді якої представлені захищені фрейми передачі.

Канальні символи, що надходять на фізичний рівень, зокрема на рівень радіоканалу, модулюють радіосигнал. Завдяки кодуванню, помилки, які виникають у процесі фізичного поширення радіосигналу, можуть бути виявлені й виправлені одержувачем.

На рис. 2 представлена ілюстрація взаємного відображення різних структур телеметричних даних.

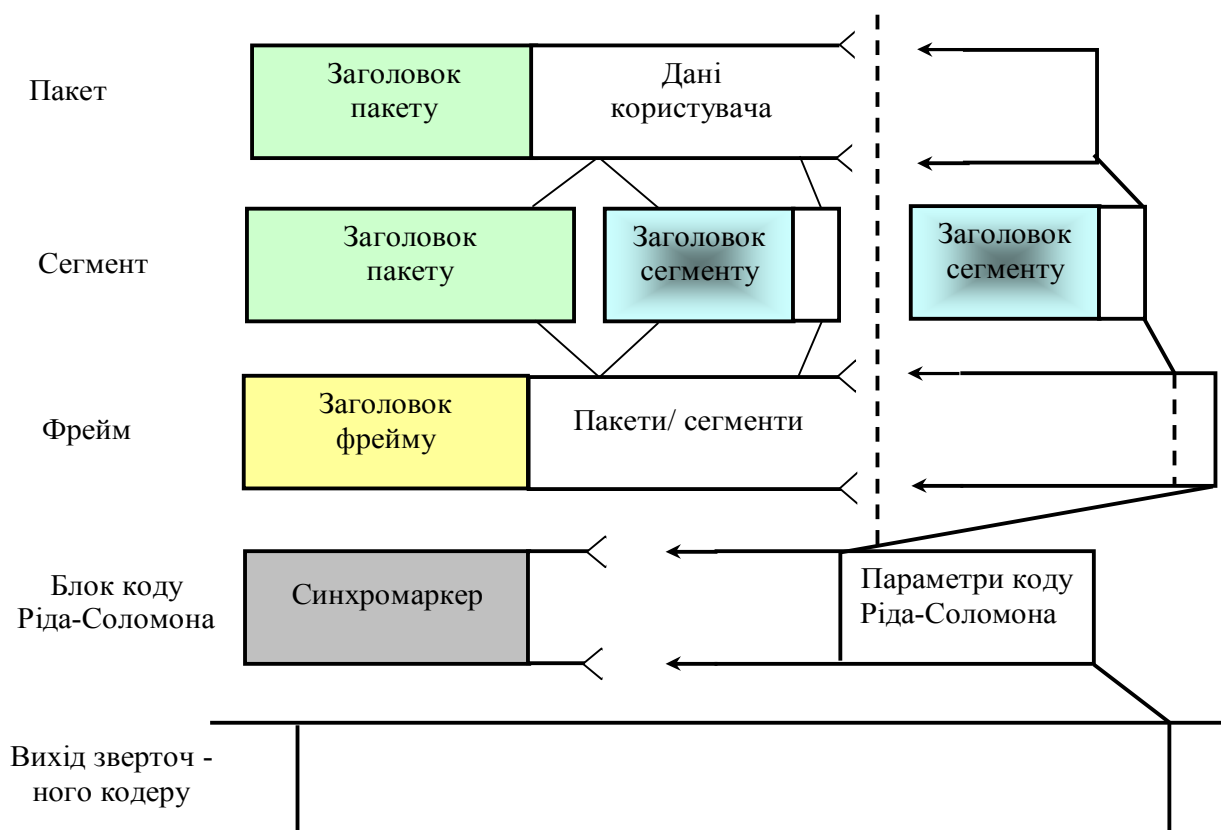


Рис. 2. Структури телеметричних даних

У рамках запропонованої моделі зручно розглядати взаємодію систем телеметрії й телекерування. Приклад “симетрично” взаємодії систем показаний на рис. 3.

Телеметрична система повинна гарантувати своєчасну доставку даних від усіх джерел, які досить часто одержують доступ до цього загального ресурсу (каналу), і керування буферизацією даних джерел. Довгі пакети джерел радіолокаційної інформації, що одержують монопольний доступ до каналу на неприпустимо тривалі для інших джерел періоди, можуть створювати проблеми в керуванні потоком даних.

Пропонується два способи розв'язку проблеми керування потоком даних.

Сегментація пакетів джерела, при якій довгі пакети джерела, які генеруються прикладними процесами, розділяються на борту на менші пакети фіксованої довжини - сегменти пакетів. Сегменти пакетів джерела можна мультиплексувати із “короткими” пакетами джерела в один віртуальний канал, забезпечивши в такий спосіб джерелам даних безпосередній доступ до цього віртуального каналу. Для наступного відновлення пакетів джерела на Землі використовується інформація із заголовків фреймів і сегментів.

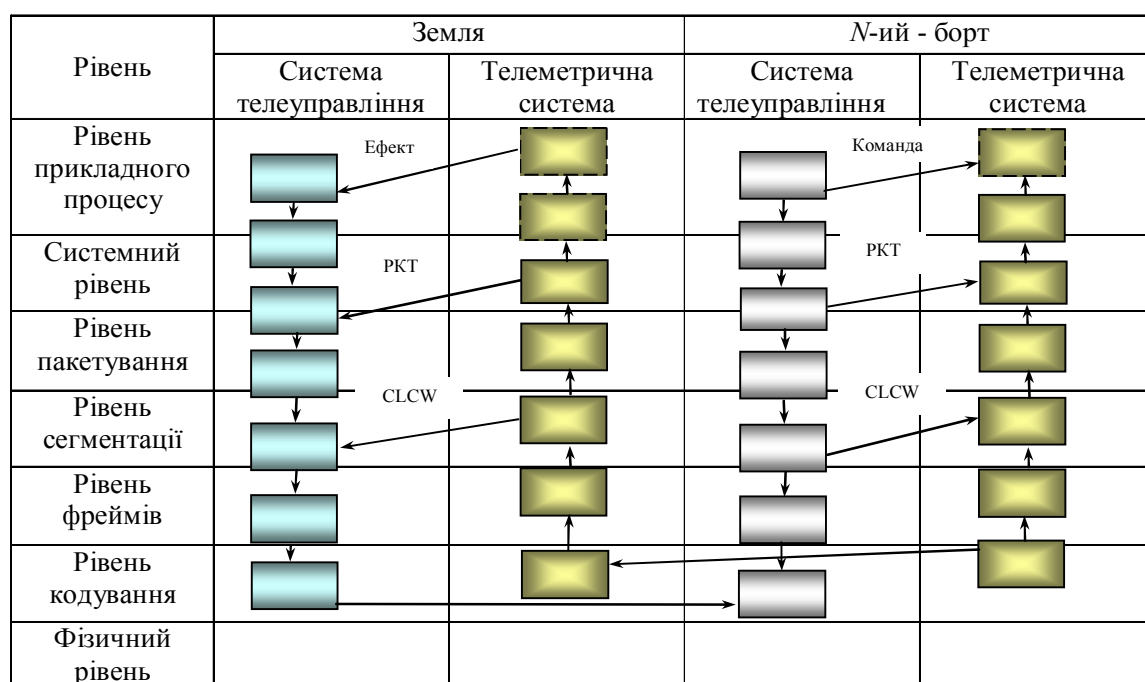


Рис. 3. Взаємодія систем телеметрії й телекерування

На рис. 4 показаний потік телеметричних даних різних бортових джерел, адресованих відповідним одержувачам. У верхній частині рисунка зображені джерела, що генерують пакети джерел і сегменти пакетів. Ці сегменти й пакети мультиплексується у фрейми віртуальних каналів.

Фрейм після завадостійкого кодування передається на НПОРЛІ, де демультимплексується в віртуальні канали, з яких отримуються сегменти пакетів та пакети. Пакети джерела (джерел) інформації доставляються з використанням інформації з поля ідентифікації заголовка пакета. Для доставки пакетів, час доставки яких обмежено, використовується інформація вторинного заголовка пакета.

Уся повнота переваг телеметричної системи CCSDS у комплексі, що розглядається, досягається реалізацією в проєкті системи всіх розглянутих рекомендацій. У якості альтернативи, система може бути побудована так, щоб використовувати лише окремі з рівнів запропонованої ієрархічної моделі, але при цьому повинні бути забезпечені міжрівневі інтерфейси.

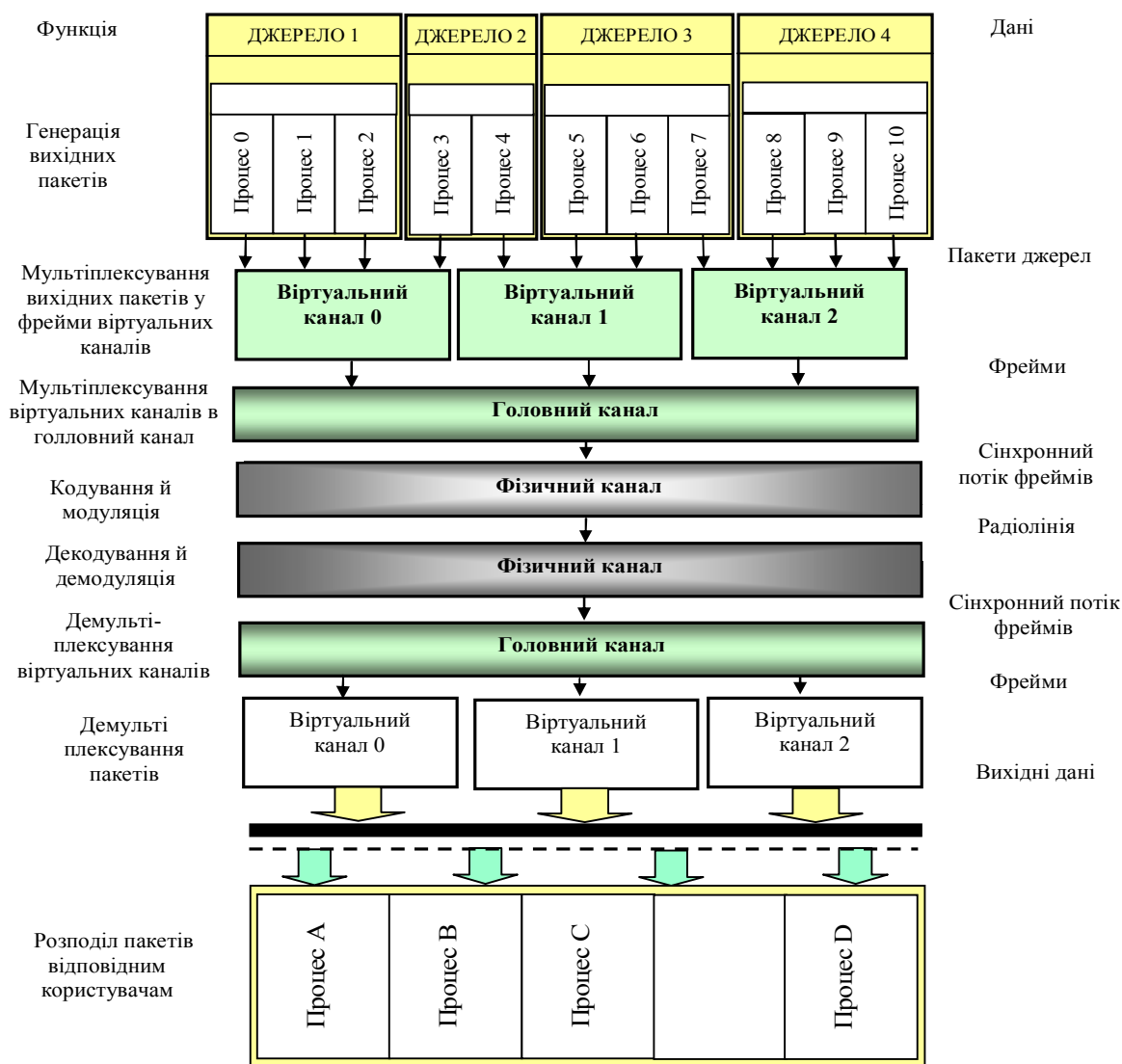


Рис. 4. Потік телеметричних даних бортових джерел інформації

Література

1. Кондратенков Г. С. Радиовидение. Радиолокационные системы дистанционного зондирования Земли: [учеб. пособ. для вузов] / Г. С. Кондратенков, А. Ю. Фролов. – М.: «Радиотехника», 2005. – 368 с.
2. Нероиский Л. Б. Микроволновая аппаратура дистанционного зондирования поверхности Земли и атмосферы. Радиолокаторы с синтезированной апертурой антенны / Л. Б. Нероиский, В. Ф. Михайлов, И. В. Брагин. – С.Пб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, 1999. – 236 с.
3. Потехии В. А., Радиолокационные станции обзора Земли / В. А. Потехии, А. П. Реутов., Ю. А. Феоктистов ; под. ред. Г. С. Кондратенкова. – М.: Радио и связь, 1983. – 384 с.
4. Современная телеметрия в теории и на практике: учебный курс. / [Назаров А. В., Козырев Г. И., Шитов И. В. и др.]. – С.Пб.: Наука и техника, 2007. – 672 с.