



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **111968** (13) **C2**
(51) МПК (2016.01)
G01D 21/00
G01D 1/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

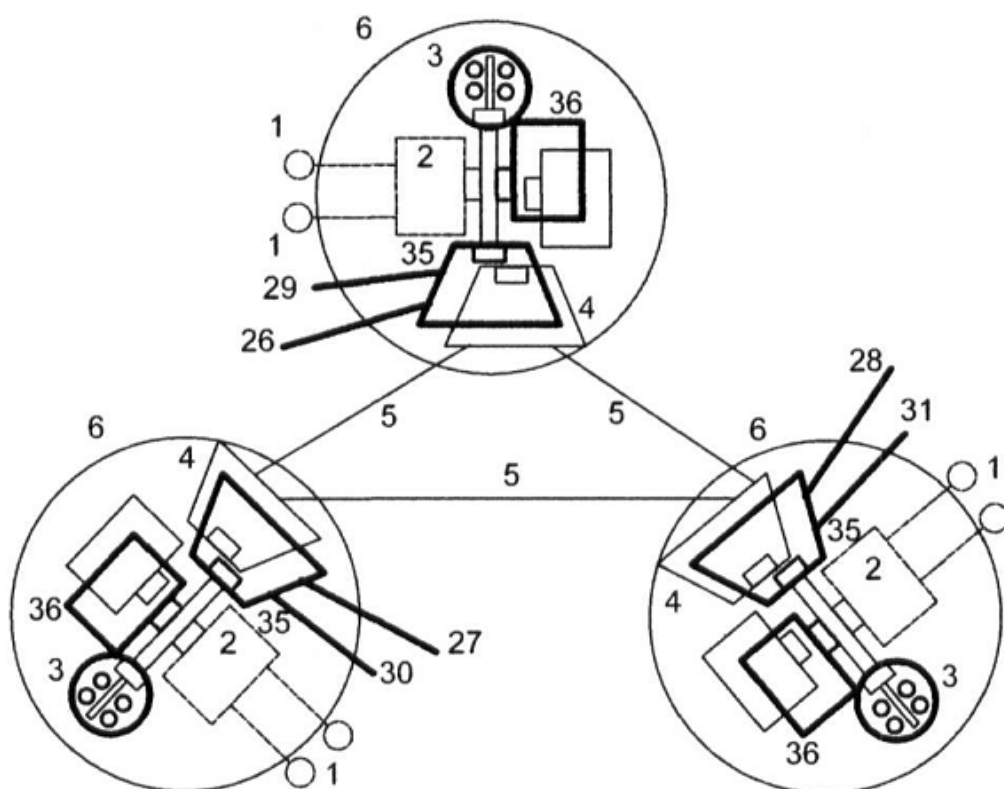
(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки: а 2013 14246	(72) Винахідник(и): Манжело Валерій Олександрович (UA), Конельський Володимир Анатолійович (UA), Конельський Віктор Анатолійович (UA)
(22) Дата подання заявки: 06.12.2013	(73) Власник(и): Манжело Валерій Олександрович, вул. Донецька, 57-а, кв. 181, м. Київ, 03151 (UA), Конельський Володимир Анатолійович, вул. Жовтнева, 1, кв. 27, м. Вишневе, 08132 (UA), Конельський Віктор Анатолійович, вул. Жовтнева, 1, кв. 27, м. Вишневе, 08132 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 11.07.2016	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: US 7818364 B2, 19.10.2010 US 2012185264 A1, 19.07.2012 US 7734877 B2, 08.06.2010 EP 0318270 B1, 04.09.1996 RU 109567 U1, 20.10.2011 RU 2009140534 A, 10.05.2011 RU 124385 U1, 20.01.2013
(41) Публікація відомостей про заявку: 10.06.2015, Бюл.№ 11	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 11.07.2016, Бюл.№ 13	

(54) ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА**(57) Реферат:**

Винахід належить до засобів вимірювання фізичних величин, а саме до інформаційно-вимірювальних систем. Інформаційно-вимірювальна система об'єднує до $3 * n$, де $n = 1, 2, 3 \dots N$, доданих віддалених підсистем, при цьому мікропроцесорні вузли кластерів верхнього рівня віддалених підсистем приєднано до мікропроцесорних вузлів інших кластерів таких віддалених підсистем каналами міжвузлових зв'язків так, що із кожних трьох кластерів сформовано n окремих доменів, а внутрішні мікропроцесорні вузли кожного з цих доменів підключені каналами міжвузлових зв'язків по одному до додаткових трьох мікропроцесорних вузлів обчислень і ретрансляції, з'єднаних між собою по три каналами міжвузлових зв'язків в утворені з них кластери стовбурового рівня. Технічним результатом, що досягається даним винаходом, є розширення підвищення якості експлуатаційних та метрологічних характеристик.

UA 111968 C2



Фиг. 1

Винахід належить до засобів вимірювання фізичних величин, а саме до великих систем, складених із значної кількості пристроїв, що здатні перетворювати під час вимірювання фізичну взаємодію середовища з чутливими органами вхідних блоків цих пристроїв (давачами) у функціонально визначений електричний сигнал, а також потім останній у відповідний цифровий код (цифрове вимірювальне перетворення). Мікропроцесорні пристрої та канали зв'язку між ними забезпечують в такій системі автоматичну реалізацію наперед заданої програми вимірювань, фіксацію та обробку даних, а також передавання отриманої інформації у вигляді потоку даних (цифрових кодів) на адресу інших приймачів, що можуть бути розташовані у будь-якому місці, де існує доступ до публічних засобів швидкісного електрозв'язку.

Інформаційно-вимірювальна система з наданими вище ознаками може використовуватися в промисловості та науково-дослідницькій діяльності, а також для обслуговування (спостереження за поточним станом) віддалених об'єктів чи об'єктів, які переміщуються, при їх забезпеченні якісною технічною підтримкою широкого кола реальних задач, пов'язаних з виконанням великої кількості одночасних автоматичних вимірювань і отримання і мінімальних затримкою в часі масивів узгоджених швидкозмінних даних від значної кількості різноманітних давачів, що розташовані на значній відстані. Такі системи забезпечують високий рівень готовності, надійності та ремонтпридатності технічних засобів, а також оперативності та достовірності отриманих даних, який дозволяє їх використання на сучасному автоматизованому транспорті (швидкісна залізниця, морські судна та авіація), в енергетиці, у хімічній і гірничодобувній промисловості для досягнення необхідного рівня метрологічного забезпечення та інформаційного обслуговування визначеного відповідального технологічного обладнання. Реалізація основних функцій вимірювання передбачає підтримання постійного якісного системного зв'язку між усіма складовими системи в межах досліджуваних об'єктів, що забезпечує гарантоване своєчасне передавання оперативних даних.

Особливістю запропонованого в заявці технічного рішення є можливість досягнення необхідного у кількісному вимірі числа задіяних у процесах вимірів давачів різного типу для обслуговування не тільки реального локального технічного комплексу за умов збереження найвищих показників їх швидкодії в разі підключення до відповідних терміналів інформаційно-вимірювальної системи, але також дослідження віддалених від засобів обробки та відображення даних інших відповідальних і складних мобільних об'єктів, що потребують для безаварійної роботи вчасного отримання повної та досконалої інформації про можливі відхилення від встановленого поточного режиму експлуатації та максимально деталізований опис їх технічного стану.

Інформаційно-вимірювальні системи, як подальший розвиток техніки телеметричних систем, обов'язково мають канали зв'язку, що автоматично за діючою програмою розподіляють і направляють сигнали від давачів у напрямку до засобів відображення інформації. Сучасні мікропроцесори як пристрої широкого кола застосувань є заздалегідь пристосованими ефективно працювати в подібних засобах автоматизації вимірювань. Мікропроцесор універсального типу, як правило, в інформаційно-вимірювальній системі виконує ряд базових керуючих функцій, але практично ніколи не приймає безпосередньої участі у формуванні первинного результату як аналогово-цифрового перетворення. Таке обумовлюють особливості його архітектури, які можуть суттєво обмежити швидкодію та у кінцевому розгляді інші важливі метрологічні характеристики усього вимірювального пристрою.

Для досягнення найкращих метрологічних показників найбільш уживаною є структура, де використано спеціально розроблені давачі високого класу точності, що перетворюють змінну вимірювану фізичну величину у функціонально залежний електричний сигнал (струм, напругу чи частоту або подовженість імпульсів в їх періодичній послідовності), який безпосередньо направлено на вхід аналогово-цифрового перетворювача паралельної дії. Цей досконалий вузько спеціалізований пристрій, наприклад, прецизійний перетворювач LTR114 [1], за мінімальний час процедури оброблення аналогової величини встановлює на своєму вихідному регістрі двійковий код, що з великою точністю відповідає миттєвому значенню аналогового сигналу, який діє на його вхідних терміналах (клемах). Саме цей двійковий код періодично зчитується з названого регістра та обробляється мікропроцесором згідно із виконуваною програмою вимірювань, яка періодично викликається на виконання із запам'ятовуючого пристрою обслуговуючого комп'ютера [2]. Характерним є те, що у такому виробі [1] висока амплітудна роздільна здатність у 24 двійкових розряди (при необхідній редукації шумів у 110 дБ) досягається при частотах повторення послідовних вимірів лише менше за 2 КГц (періодичність близько 0,5 мілісекунди). Відомі інші сучасні промислові засоби високоточного аналогово-цифрового перетворення, що забезпечують трохи більшу частоту, як наприклад, спеціалізована карта LTR212 [3], що дозволяє використати частоту дискретизації первинного сигналу до 7200

Гц по кожному з 4 каналів, але при умові, що до них мають бути підключеними тільки спеціальний міст або напівміст із тензодавачами, напруга живлення яких підлягає автоматичній корекції.

Для дослідження відносно "повільних" змін механічних навантажень, що діють у металевих будівельних конструкціях та інших деталях великих машин і механізмів, широко використовують інші тензометричні інформаційно-вимірювальні системи [4] та станції [5]. Перевірену практикою архітектуру інформаційно-вимірювальної системи, при якій реалізовано пряме ланцюжкове з'єднання: "давач-перетворювач-мікропроцесор", що покладена в основу самого вимірювача механічних навантажень (а через них і деяких параметрів акустичних та інколи теплових процесів) в пружному середовищі, вважають найбільш придатною для отримання виключно високих метрологічних показників. В наведених прикладах вимірювальних систем [4, 5] - це гарантована роздільна здатність у 16 двійкових розрядів для відображення змін вимірюваної величини з частотою її квантування до 20 КГц. Найбільш поширеними в промисловості є перетворювачі з посередньою роздільною здатністю та які забезпечують довільні форми підключення давачів при достатньо високій швидкості аналогово-цифрового перетворення (наприклад, у LTR 11 - до 400 КГц, але роздільна здатність тільки 14 двійкових розрядів [6]). Така точність перетворення може бути задовільною для оперативних випробувань навіть за методом акусто-емісійної діагностики коливально навантажених конструкцій, що потребують дослідження у діапазоні від інфразвуку до ультразвуку (верхня гранична частота на рівні 100 КГц і більше), але безумовно є недостатньою для виявлення малих відхилень від нормативних значень параметрів, які виникають на початкових стадіях руйнівних процесів, наприклад, після проведення операцій фрекінгу.

Для отримання найкращих швидкісних показників аналого-цифрового перетворення при збереженні високої амплітудної роздільної здатності використовують фізично наближене безпосереднє підключення до спеціалізованого високопродуктивного мікропроцесора (сигнального процесора), який розміщено в одному модулі (на платі) поряд з елементами вимірювального перетворювача. Таку конструкцію має, наприклад, універсальна змінна карта - плата L-502-P-G [2] із вбудованим мікропроцесором Blackfin (тактова частота 530 МГц, ОЗП 32 МБ) та зовнішнім інтерфейсом PCI-Express, яка забезпечує вихідний код відображення вимірюваної величини у 16 біт і частоту 2 МГц при обслуговуванні 16 або 32 окремих каналів для підключення давачів. Декілька подібних плат, підключених в роз'єми слотів змінних карт PCI материнської плати, наприклад, персонального комп'ютера, є базовою частиною автономної вимірювальної станції високого рівня продуктивності.

В конструкціях інформаційно-вимірювальної системи з розгалуженими постами для розташування давачів іншою її важливою частиною стає мережа з'єднання окремих засобів вимірювання високого класу точності в досконалу розподілену комп'ютерну систему. Від надійності збереження на значному інтервалі часу експлуатації системи визначеної технічними умовами продуктивності та достовірності передавання цифрових кодів вимірів напряму залежать усі такі важливі метрологічні характеристики, як швидкодія, чутливість, рівень "шумів" цифрового перетворення і т. п.

Через канали зв'язку в межах мережі (у прикладах [4] та [7] використано стандартизовані інтерфейси RS485 та RS232 з послідовним передаванням імпульсних сигналів, що відповідають позиціям бітів двійкового коду) трансюють кінцево сформовані кодовані вирази, в яких зосереджено від одного до кількох сотень окремих значень вимірюваної величини залежно від наявного резерву часу між проміжками одиничних актів вимірювального перетворення і технічно встановленим періодом отримання даних у цифровій формі. У більшості практичних використань цифрових засобів вимірювання, що розроблялися і впроваджувалися до останнього часу, швидкодія комплексу "давач-перетворювач", елементна база якого розвивалася паралельно з мікропроцесорами, не набагато перевищувала продуктивні можливості тієї частини інформаційно-вимірювальної системи, яка виконувала процедури обробки та відображення із спеціально створюваних оперативних архівів поточних даних у визначених форматах, а також даних у реальному темпі зміни досліджуваних величин, як наприклад, це є у "Системі проведення гарантійних випробувань турбоустаткування" [7]. Тому як економічно обґрунтоване технічне рішення і дотепер широко використовують підключення відносно великої кількості універсальних чи діапазонних вимірювальних приладів або ж спеціалізованих змінних "карт" засобами стандартних інтерфейсів до центральної частини, де саме сконцентрована основна обчислювальна потужність усього комплексу технічних засобів. Такими є промислові зразки на основі HP-Bus, описані, наприклад у підручнику [8] (фіг. 3.5, стр. 70, стандарт IEEE-488 [9]), цілком сучасні за характеристиками портативні комплекси засобів вимірювання, наприклад, 34970A [10] виробництва Agilent Technologies (США), де застосування

інтерфейсу GPIB (IEEE-488) надає виключну простоту та гнучкість при формуванні системи із різноманітних приладів, а також численні різновиди локальних "інформаційно-вимірювальних систем у модульному виконанні" на основі крейта КАМАК (CAMAC)[11-13].

Не втрачаючи набутих якісних показників, деякі сучасні зразки були значно зменшені у фізичних розмірах і наблизилися за формою використання до портативного мобільного обладнання [14, 15]. Комплекси таких пристроїв інколи доповнено засобами використання інтерфейсів до більш вживаних та сучасних каналів, наприклад, USB 2.0, а також мережевих каналів з дисципліною Ethernet. У цих виробках, а також у численних прикладах, описаних в науково-технічній літературі [16, 17], канали зв'язку як правило не резервовані, а через це показники готовності та надійності таких систем залишаються недостатніми для багатьох сучасних форм застосування в промислових комплексах. Незважаючи на вказані недоліки відомі інформаційно-вимірювальні системи промислового призначення, наприклад, УИИС-ТП [18], або ж у модульному виконанні, як серії 4000 [19], досі користуються значним попитом через відносно невеликі витрати для їх впровадження там, де потрібні примітивні структурні форми реалізації, що повністю забезпечені стандартизованою арматурою та сполученими пристроями, при умові отримання лише посередніх якісних показників точності та надійності.

"Модульные системы сбора данных серии 4000" [19] виконані так, що виміри передаються безпосередньо на централізований пульт керування та обробки даних, який переважно побудований із залученням робочих станцій на базі персональних комп'ютерів, об'єднаних в офісну мережу з доступом до глобальної мережі Internet. Таке безумовно значно здешевлює реалізацію та експлуатацію інформаційно-вимірювальної системи в цілому, але ж це досягнуто ціною значного зростання ризику фатальної втрати деякої частини загальної інформації в разі аварії і тимчасової відмови засобів формування каналів зв'язку, які мають працювати безперервно.

Невисокі вимоги до часових інтервалів між послідовними вимірами (залежно від умов експлуатації - це від кількох десятків хвилин до кількох годин, або навіть діб, як для "Измерительная система для АЗС/ГАЗС ULTRA ATG [20]), дозволяють все ширше використовувати різноманітні публічні тональні чи символічно-цифрові кабельні (дротові) засоби передавання інформації замість спеціалізованих і відповідним чином атестованих та сертифікованих за рівнем надійності, а також і бездротові лінії комунікацій з пакетним режимом обміну блоками даних для встановлення індивідуалізованого зв'язку типу "пост вимірювання - центр обробки".

Широке охоплення територій доступними засобами публічного зв'язку стало передумовою появи окремого різновиду інформаційно-вимірювальних систем, що дедалі набувають все більшої популярності і мають вже багато прикладів реалізації як просторово розподілених наборів спеціалізованих виробів. Це в першу чергу комплекси вимірювальних та зв'язкових засобів комерційного обліку витрат енергоресурсів. Для забезпечення необхідного рівня фінансово-комерційної відповідальності облікових даних розроблено численні варіанти інформаційно-вимірювальних систем [21-22] для дистанційного періодичного отримання інформації із атестованих приладів із вбудованими перетворювачами. Високу імовірність переривів чи відмови у встановленні зв'язку в операційний час розробники цих засобів обліку намагаються компенсувати запрограмованою великою кількістю повторів зчитування даних, які дуже повільно змінюються у часі і до того ж мають відому статистику добового погодинного та сезонного розподілу для їх екстраполяції в разі потреби. Тому відсутність в загальному потоці кількох десятків чи навіть сотень кадрів з даними миттєвих вимірів знижують точність обліку на величину, якою при зведенні кінцевого балансу нехтують у порівнянні з величиною виміру сумарного ресурсу, що був відпущений споживачам на комерційній основі.

Розробники комплексу "Система дистанционного считывания показаний и управления энергопотреблением "Energy Web-xb" [23] вважають надійність публічних пакетних засобів та каналів пакетного радіозв'язку GPRS, GSM, 3G настільки високою, що крім функцій обліку за допомогою використання логічного Web-інтерфейсу, навантажили систему ще й функціями керування аж до виконання за командою із "центра" дистанційного відключення (!) абонента від електромережі.

В іншому прикладі потужної і варіантної "Системы сбора показаний индивидуальных счетчиков газа по радиоканалу" [24] її автори все ж як базовий створюють спеціалізований радіоканал колективного доступу на службовій частоті в діапазоні 433 МГц, що є контрольованим, а GSM (GPRS) та VPN Internet розглядають як можливий допоміжний чи перспективний засіб цифрових комунікацій.

В подібній за призначенням і більш універсальній комплексній системі "ИИС Пирамида" [25] для підвищення надійності центральної частини пропонують сервери "відмовостійкого кластера"

(стр. 10-11), які складають функціональне ядро, що з'єднані між собою та перетворювачем інтерфейсів. Крім цього використано як альтернатива дротовим лініям зв'язку встановлення свого службового радіоканалу з комплектом пристроїв-подовжувачів, підключених відповідно до інтерфейсів RS_232/ RS_422/ RS_485/ CAN, у мережі в діапазоні частот 2405-2485 МГц (стандарт IEEE 802.15.4.0).

Інші відомі приклади побудови надійних інформаційно-вимірювальних систем, які включають їх окремі сегменти, що можуть бути віддаленими на десятки кілометрів або взагалі постійно переміщуватися в межах визначеної території, ще й досі будують на основі спеціалізованих автономних мереж, які практично повністю підконтрольні їх експлуатантам. На сьогодні тільки завдяки цій обставині вони гарантовано забезпечують належний рівень спостережливості за виділеними об'єктами, а також постійне швидке відновлення встановлених метрологічних характеристик, що дійсно відповідають рівню призначення технічного комплексу, в разі тимчасової втрати зв'язку з якимось із сегментів [26].

Серед регіонально розподілених інформаційно-вимірювальних систем високого рівня відповідальності мають бути в першу чергу виділеними екологічні та радіаційно-попереджувальні (моніторингові) комплекси технічних засобів і організаційних забезпечень, від здатності виконувати прогностичні обчислення із результатами поточних вимірів та надійності безперервної роботи яких напряду залежить добробут, психологічне та фізичне здоров'я мешканців прилеглих територій. Враховуючи необхідність раннього виявлення шкідливих речовин в повітрі чи на поверхні ґрунту, початкового стану витоку радіоактивних забруднювачів та наслідків технологічних відхилень і навіть незначної шкоди від дій деяких промислових підприємств чи злочинно налаштованих осіб, чутливість, роздільна здатність у часі та просторі, а також діагностична здатність таких систем мають бути на найвищому технічно можливому рівні відповідно до діючих державних програм [27]. Прикладом комплексних систем є обов'язкова для будь-якої атомної електростанції "Централизованная информационно-измерительная система радиационного контроля (ЦИИСПК)" [28]. Такі системи, як "Лабораторія АСКРО" Рівненської [29] та Хмельницької АЕС [30], а також модернізована система контролю радіаційного стану в "Зоні відчуження Чорнобильської АЕС" [31] розміщені на території у кілька сотень квадратних кілометрів у місцевості, яка не має щільної забудови і тому не потребує використання розгалужених кабельних мереж для дротових чи оптоволоконних комунікацій. Радіоканали стають найбільш економічно привабливим засобом зв'язку, хоча і мають відомі принципові вади, негативний вплив яких можливо тільки зменшити системними заходами, але не ліквідувати повністю. Однією з таких особливостей є "широкомовність" радіоканалів, що робить їх чутливими до інтенсивних широкомовних завад, які можуть у критичних ситуаціях повністю блокувати обмін даними. Прикладом відсутності заходів підвищення надійності передавання вимірювальної інформації радіоканалом є система "Кольцо", де передбачено передавання даних вимірів із розгалужених постів спостереження через радіомодем [32] у тональному режимі на частотах близько 160 МГц для відстані до 30 км, що межує з граничними можливостями малопотужного УКХ зв'язку.

Характерною особливістю сучасних розподілених на великій території спеціалізованих засобів вимірювання, що об'єднані засобами радіозв'язку, є спрощеність їх структури, де використано безпосередньо з'єднані з відповідними сенсорами (давачами) пристрої на основі аналогово-цифрових перетворювачів і засоби первинної обробки та періодичної трансляції результатів вимірів у віддалений диспетчерський центр, як це передбачено, наприклад, у мережі на базі автоматичних газоаналізаторів для кількох поширених забруднювачів атмосфери [33]. Для мало відповідальних моніторингових застосувань, така архітектура приладів та системи на їх основі може вважатися за придатну з певними обмеженнями: кількість вимірюваних параметрів на окремих постах становить лише одиниці, а множина точок дослідження відносно малі. Інша річ для "Комплексних систем централізованого радіаційного контролю" (як ЦИИСПК [28], "Программно-технический комплекс "Атлант" [34] та аналогічні до них), а також подібних видів промислово-транспортних інформаційно-вимірювальних систем підвищеного рівня відповідальності, коли через факти недостатнього і вчасного володіння оперативною ситуацією (аварії на газопроводах поблизу електрифікованих залізниць, руйнування технологічних трубопроводів із їдкими та отруйними напівфабрикатами тощо) за характером подібних наслідків вже відбувалися і в подальшому можуть бути не тільки катастрофічні матеріальні збитки. Таке спонукає до розробки автоматичних багатфункціональних постів спостереження, де сконцентровано від кількох сотень до десятків тисяч різноманітних швидкодіючих сенсорів (давачів), а також до розширення впровадження сполучених з ними спеціалізованих програмно-технічних засобів якісної оцінки та вироблення прогнозів [35].

Для побудови інформаційно-вимірювальних систем з можливістю раціонально та системно об'єднати давачі у кількостях на рівні кількох тисяч одиниць і більше без втрати їх метрологічних характеристик, тобто підключити давачі з відповідними перетворювачами безпосередньо або найближче до мікропроцесорів, що оброблюють і транслюють результати вимірів, розроблено ряд принципово відмінних структур, серед яких найбільш вживаними залишаються з'єднання вимірювальних пристроїв переважно у вигляді прямокутної матриці [36] або у багатошаровій структурі як довільне "дерево" [37], або ж у вигляді регулярного бінарного "дерева", як у суперпотужному вимірювальному комплексі, прикладом якого є конструкція детекторів і регістраторів для фізичних досліджень [38].

Матричні та деревоподібні структури забезпечують відносний мінімум сумарної протяжності каналів зв'язку між самими вимірювальними пристроями та локальними центрами обробки даних при умові забезпечення інформаційної "досяжності" будь-якого із давачів, але це стає можливим лише завдяки багаторазовим використанням окремих ділянок цих каналів при передачах сигналів від кількох давачів по черзі, що через послідовність цих процесів зменшує загальну швидкодію системи. При цьому найчастіше канали зв'язку між пристроями не дублюють фізично, а підвищену надійність передавання даних досягають різними опосередкованими засобами, наприклад, багатократним повторюванням передач одних і тих самих даних. Таке призводить до ще більших витрат часу в перерахунку на окремий акт вимірювань, а це означає як наслідок вже на системному рівні помітне зростання динамічної похибки вимірювань, що недопустиме при обслуговуванні об'єктів, стан яких може змінюватися практично миттєво.

В інформаційно-вимірювальних системах як у виробках, що за своїми ознаками кількості та складності поєднання компонентів тяжіють до так званих "гіперсистем", де всі технічні засоби вимірювання та обробки результатів сконцентровано лише в обмеженому фізичному обсязі, як правило, однієї спеціалізованої споруди: морського чи повітряного судна, будівлі автоматизованого виробничого цеху чи приміщення унікальної дослідницької установи [38], стає можливим для покращення динамічних характеристик використовувати пряме підключення давачів, перетворювачів і мікропроцесорів у зіркоподібну структуру, де кожний напрямок трансляції цифрових даних має свій незалежний від інших канал зв'язку. Такі структури є найбільш продуктивними за умов забезпечення дуже високої надійності самих каналів зв'язку та їх мінімальної фізичної протяжності у просторі споруди. Певним компромісним технічним рішенням є побудова гіперсистеми з деревоподібною структурою із лише дво- або триразово розгалужених основних зв'язків, що доповнена відмінними від основних "горизонтальними" чи "діагональними" регулярними каналами, які відіграють роль спеціально налаштованих резервних шляхів циркуляції даних і беруть на себе частину загального інформаційного навантаження при утворенні "обхідних" зв'язків в разі виявлення критичної втрати продуктивності на окремих ділянках в межах передавальної мережі системи.

За таких умов використання типових форм об'єднання окремих сегментів (підсистем) у комплексну інформаційно-вимірювальну систему засобами, які відомі з описів для швидкодіючих кабельних мереж, наприклад, таких перспективних за пропускну здатністю, як "Волоконно-оптическая связь" [39], або ж бездротових пакетних GSM чи широкосмугових CDMA мереж при їх загальній доступності через бездротовий модем [40], а також інших простих за реалізацію, а тому достатньо дешевих спеціалізованих радіоліній, як наприклад, "Система пожарной сигнализации с радиоканалом" [41] та "Система "Neptun XP" [42], є прийнятним лише коли це виступає обґрунтованим на підставі аналізу за відповідністю гранично досяжним техніко-експлуатаційним показникам, а сам вибір базових пристроїв адаптовано у відповідності із архітектурою зв'язків у всій системі для уникнення критично недостатньої ефективності функціонування при несприятливому збігу обставин.

Використання надмірної кількості дублюючих подовжених на кілометри кабельних (дротових чи волоконно-оптичних) ліній є сумнівним рішенням за техніко-економічним критерієм, тим більше при цьому кабельна конструкція мережі повністю виключається як засіб зв'язку у сегментах, що мають мобільні об'єкти (які постійно рухаються чи тільки можуть регулярно переноситися на інше місце тимчасового розташування).

Технології каналоутворення із використанням радіозв'язку, розраховані на мінімальну відстань до джерела надсилання інформаційних блоків, складених із даних вимірювань, наприклад, "Wireless USB" [43] із досить високою продуктивністю у 480 Мбіт/сек надійно діють на відстані близько 1,5-3 м. Інший відомий приклад використання радіосистеми у стандарті Bluetooth [44, таб. 5.1] для комунікації з давачами у недоступних під час випробувань місцях (наприклад, на обертальній конструкції) або ж як зв'язок з вимірювальними приладами встановленими на платформі, що рухається поряд з об'єктом дослідження [45].

Достатньо надійні та захищені мережі за технологією стандарту IEEE 802.11b (пристрої Wi-Fi, що працюють у діапазоні радіохвиль із частотою 2,4 ГГц та забезпечують продуктивність обміну до 11 Мбіт/с по протоколу Direct Sequence Spread Spectrum) [46] не задовольняють потреб при побудові складних систем дистанційного вимірювання як по кількості приєднаних пристроїв (реально одночасно активних їх має бути зосереджено не більше десяти щоб не перевантажувати будь-якого одного з концентраторів у чарунковій мережі), так і по надійності передавання (принципово не виключені мережеві конфлікти та ризик прояву ефекту блокування "точки доступу"). А головне, що ці недоліки проявляються все ж при відносно малій відстані для встановлення швидкісних цифрових комунікацій (на практиці залежно від умов розповсюдження радіохвиль це лише на рівні 0,50 км).

Для побудови саме бездротових мереж, що мають досить надійно обслуговувати вимірювальні та керуючі пристрої, розроблено набори приладдя на основі стандартів IEEE 802.15.4 (ZigBee: 0,25 Мбіт/с; 4,00 км; підключають до 264 пристроїв) та IEEE 802.15.4a (nanoNet: 8,00 Мбіт/с; 0,90 км; до 248 пристроїв) [44]. Безперечно позитивним тут є автоматичне конфігурування захищеної мережі при її активації, але загалом при цьому в системі може бути досягнута лише відносно мала продуктивність (до 1 Мбіт/с) при відстанях близько 2-3 км, якої недостатньо у перспективних розробках розгалужених систем. Для такої дистанції при середній швидкості обміну даними у 3-8 Мбіт/с на сьогодні використовують спеціалізовану "закриту" мережу (preWiMAX) у діапазоні 5,8 ГГц побудовану на основі стандартів IEEE 802.16 і 802.11a [47].

Ширококутний прямий двосторонній радіозв'язок із наземними мобільними об'єктами при обмеженій потужності передавачів для відстані у 30-50 км пов'язаний із технічними проблемами досягнення необхідної для засобів вимірювання надійності та продуктивності. Практичне застосування має комбінована система, де для постійно визначених напрямків між регулярно розташованими нерухомими баштами з логіперіодичними (для діапазону частот 100-800 МГц) чи параболічними (1-2 ГГц і вище) спрямованими антенами утворено радіорелейні "стовбури" для підтримки кількох сотень незалежних паралельних дуплексних магістральних каналів [48] (сумарна пропускна здатність одного "стовбура" на рівні 0,5 Гбіт/с і більше), кожен з яких надає можливість встановлення місцевих відгалужень, а вже через них обслуговують мобільні об'єкти в зоні покриття радіусом до 15 км (перші системи "Алтай" [49] та більш сучасні транкінгові засоби утворення цифрових та тональних комунікацій [50, 51]).

Наземні радіорелейні, оптичні кабельні та супутникові радіохвильові системи зв'язку [52, 53] в сукупності утворюють кілька поєднаних достатньо надійних (коефіцієнт неготовності на рівні 0,01 % та краще) глобальних систем комунікацій, орієнтованих на потокові форми трансляції цифрових даних. Ці ж комплекси апаратури, що утворюють сполучені та паралельні канали вже використовують як допоміжні засоби для забезпечення роумінгу у надшвидкісних системах цифрового мобільного зв'язку із новітніми технологіями, наприклад, стандарту LTE, де досягнуто продуктивність передавання у 0,35 Гбіт/с, і в перспективі - до 1 Гбіт/с [54, 55], а також можливо для анонсованої у 2013 р. компанією Samsung поки що експериментальної системи G5 [56] з показником пропускної здатності у дуплексному режимі на рівні 5-10 (!) Гбіт/с.

Також вже є повідомлення про суттєві вдосконалення прямого ширококутового зв'язку наземних станцій із повітряним судном для забезпечення спрощеного колективного доступу в мережу Internet безпосередньо на борту пасажирського лайнера, які використовують типову апаратуру для створення відповідних УКХ радіоліній (без застосування коштовного супутникового зв'язку).

У звіті Cisco Co. висловлено експертний прогноз [57] про подальше збільшення пропускної здатності мережі за технологією Ethernet, де вже спостерігається регулярне прискорення у 10 разів кожні 5 років.

Автори успішних експериментів по бездротовому передаванню потоку інформаційних сигналів із швидкістю 40 Гбіт/с на відстань в 1 км та 100 Гбіт/с поки що лише в межах лабораторного устаткування [58] вважають розроблену ними технологію конвертації оптичних сигналів у радіохвильові надвисокої частоти (237,5 ГГц) цілком реальним кроком для надійного підтримання швидкісного цифрового зв'язку у міжміській місцевості, де інші види мереж неспроможні забезпечити необхідні техніко-економічні характеристики.

Виходячи з усього викладеного раніше, логічним є висновок, що подальший розвиток засобів для побудови складних вимірювальних систем спрямовано як на суттєве підвищення показників точності вимірювань при одночасному розширенні частотного діапазону допустимих циклічних змін амплітуди досліджуваних величин до рівня одиниць гігагерців, так і на охоплення в межах єдиного комплексу сполучених вимірювальних приладів територій радіусом від одного-двох до кількох сотень кілометрів. Для цього існують як технічні можливості, так і запит на

комерційному і державному ринках у вигляді прийнятих програм розвитку відповідних галузей промисловості.

Головною тенденцією досягнення найвищих метрологічних показників та експлуатаційної надійності є побудова за модульним принципом розгалуженої системи з'єднаних функціонально пристроїв, які при необхідності можуть бути автоматично виведені з числа активних, а їх задачі на певний час будуть виконувати аналогічні резервні блоки, тимчасово приєднані за так званою "безшовною технологією". Подібні конструктивні ознаки є в побудові складної резервованої швидкодіючої системи, в основу якої покладено технічне рішення, відоме із Заявки за номером а 2013 06902 на видачу патенту України на "Інформаційно-вимірювальну систему", МПК (2013.01) G01D 21/00 (Авт.: Манжело В.О., Конельський Вол. Ан., Конельський Вік. Ан. із датою подання 01.06.2013 р. та позитивним рішенням про можливість проведення кваліфікаційної експертизи по результатам формальної експертизи від 26.09.2013 р.), яке вибрано за прототип [59].

Назване технічне рішення спрямоване на створення складної за структурою інформаційно-вимірювальної системи (гіперсистеми), що об'єднує кінцеву довільну кількість подібних між собою резервованих швидкодіючих підсистем із вимірювальних пристроїв та інших блоків обробки і фіксації інформації, з'єднаних каналами зв'язку, які тут складають автономну мережу передавання даних не тільки в межах окремих утворюючих підсистем, але і в цілому між цими підсистемами. Така складна інформаційно-вимірювальна система переважно є розташованою у безпосередній близькості близько одного чи кількох обслуговуваних нею об'єктів дослідження, що самі займають обсяг однієї споруди. Тобто вона за конструктивними ознаками є принципово локалізованою з точки зору охоплення давачами обмеженого фізичного простору. Форми підключення окремих пристроїв за цим технічним рішенням передбачають обов'язкове використання досить великої кількості "коротких" швидкісних каналів зв'язку, які реалізують дисципліну обміну за схемою "точка-точка", що забезпечує їх автономність, малу чутливість до зовнішніх впливів та фізичну ізоляцію в разі прояву ушкоджень окремих ланок в ланцюжках передавання і реплікації інформаційних блоків. Очевидно, що з різних об'єктивних причин межа геометричної відстані, при якій запропонована форма встановлення внутрішніх системних комунікацій в такій складній інформаційно-вимірювальній системі (гіперсистемі) є доцільною як з технічної, так і з економічної позицій, сягає величин лише максимум до кількох сотень метрів. При значно більшому віддаленні окремих підсистем, пристрої яких діють узгоджено та синхронно в загальному для гіперсистеми темпі вимірювальних процесів, витрати кабельного матеріалу для устаткування передбаченої множини каналів можуть бути настільки збільшеними, що втрачається сенс їх дублювання для створення передбаченого активного резерву зв'язків.

Також для досягнення досконалого з'єднання мікропроцесорних вузлів у центральній частині комплексної системи (на кресленні фіг. 3 до опису заявки за номером а 2013 06902 [59] ці канали мають позначення 13-15, а на фіг. 4 додані аналогічні канали - позиції 18 та 19) загальна кількість швидкодіючих переважно кабельних каналів може досягати двох десятків і більше залежно від кількості приєднаних підсистем. При цьому всі вони є постійно завантаженими до самого моменту технічного вимкнення якого-небудь з них через виявлені недоліки функціонування. Виходячи з цього, їх просте "механічне" подовження до відстані у кілька кілометрів і більше буде невиправданою витратою або матеріалів кабельного ресурсу, або ж необхідних каналотворюючих приймачів-передавачів разом із іншими сполученими з ними радіотехнічними приладами, якщо за планом місцевості таку необхідність диктує потреба в раціональному розташуванні досліджуваних об'єктів, як наприклад, цехів та устаткування автоматизованого хімічного виробництва, окремих обслуговуваних газових чи рідинних свердловин, шахт чи кар'єрів добувного господарства, або ж різноманітного основного обладнання дослідницького полігону для випробувань рухомої техніки тощо.

Проведений аналіз технічного рівня та оцінки якостей вибраного аналога показує, що в сучасній конструктивній реалізації швидкодіючої інформаційно-вимірювальної системи при об'єднанні в межах однієї гіперсистеми структурних частин із досконалих резервованих підсистем як окремих її сегментів, що рознесені у просторі на значну відстань, передбачені за таким технічним рішенням для забезпечення потрібної надійності та швидкодії альтернативні шляхи передавання цифрових кодів у вигляді прокладених численних дублюючих кабельних структур, для подібної форми інформаційного сполучення є занадто витратним з економічних позицій, таке пов'язано із технологічними труднощами при прокладанні та утриманні у робочому стані кабельної мережі із сумарною довжиною у кілька сотень кілометрів, або ж є взагалі непридатним як технічний засіб, наприклад, для обслуговування мобільних об'єктів, що можуть віддалятися на десятки кілометрів під час проведення так званих "ходових випробувань" тощо.

Загальними конструктивними ознаками найближчого аналога та інформаційно-вимірювальної системи, опис якої запропоновано у цій заявці на отримання патенту, є те, що кожна з них включає давачі з вимірювальними перетворювачами та мікропроцесори з інтерфейсними пристроями, і з них сформовано основу мікропроцесорного вузла, а також канали міжвузлових зв'язків, із залученням яких утворено автономну мережу передавання цифрових кодів, де в межах системи мікропроцесорні вузли розподілені на окремі функціональні рівні, і мікропроцесорні вузли для кожного з цих рівнів з'єднані каналами міжвузлових зв'язків по три в одному кластері, а три кластери каналами міжвузлових зв'язків об'єднані в домен, і при цьому утворено не менше двох окремих головних підсистем, приєднаних так, що мікропроцесорні вузли кластерів верхнього рівня кожної з цих головних підсистем підключені до трьох мікропроцесорних вузлів, які об'єднані каналами міжвузлових зв'язків у кластери супервізорного рівня, а кожний мікропроцесорний вузол кластера верхнього рівня будь-якої з головних підсистем підключено каналами міжвузлових зв'язків до двох суміжних мікропроцесорних вузлів кластера супервізорного рівня.

Суттю винаходу є технічне рішення для подолання раніше обговорених принципових недоліків, характерних для відомих аналогів, а саме прийняті заходи для спрощення подовжених комунікацій за умови збереження позитивних якостей швидкодійної глибоко резервованої інформаційно-вимірювальної системи, що складена із великої кількості подібних потужних резервованих підсистем, які розміщені на значній території при їх взаємному віддаленні до десятків кілометрів, а також одночасне зменшення необхідних за таких умов великих витрат на конструктивне втілення, технологічне виконання та організацію роботи надійного багатоканального цифрового зв'язку між цими підсистемами, частина з яких до того ж перебуваючи в нормальному експлуатаційному режимі може постійно змінювати своє місцезнаходження, тобто вона є пов'язаною із мобільними об'єктами спостереження.

Таке поліпшення конструкції стає можливим при умові збереження досконалої як для цієї складної інформаційно-вимірювальної системи (гіперсистеми) технічної реалізації обов'язкових фізичних і логічних зв'язків як між самими мікропроцесорними вузлами, що формують вищі функціональні рівні у поєднуваних підсистемах, так і між спеціальними засобами ретрансляції, які необхідні при передаванні цифрових кодів у вигляді потоків даних визначених форматів на відстань, що вимірюється десятками кілометрів, або ж безпосередньо на борт рухомих (мобільних) об'єктів, які також можуть знаходитися на значному віддаленні. При цьому досягнуто безперервність в роботі усіх поєднуваних підсистем і гарантований рівень резервування каналів та інших обробляючих структур гіперсистеми навіть тоді, коли декілька послідовно приєднаних функціональних блоків (каналів міжвузлових зв'язків або ж самих мікропроцесорних вузлів) можуть бути на деякий час заблокованими через тимчасове перевантаження локальними завданнями або автоматично вимкненими через виявлені недоліки їх роботи.

Вказаний позитивний результат отримано завдяки тому, що в межах розширеної системи об'єднано до 3^n , де $n=1, 2, 3 \dots N$, доданих віддалених підсистем, аналогічних першим двом головним підсистемам, при цьому мікропроцесорні вузли кластерів верхнього рівня віддалених підсистем приєднано до мікропроцесорних вузлів інших кластерів таких віддалених підсистем каналами міжвузлових зв'язків так, що із кожних трьох кластерів сформовано n окремих доменів, а внутрішні мікропроцесорні вузли кожного з цих доменів підключені каналами міжвузлових зв'язків по одному до додаткових трьох мікропроцесорних вузлів обчислень і ретрансляції, з'єднаних між собою по три каналами міжвузлових зв'язків в утворені з них кластери стовбурового рівня, і мікропроцесорні вузли обчислень і ретрансляції кластерів стовбурового рівня з'єднані з іншими частинами системи так, що ті з них, які знаходяться на периферії та межують з кластерами супервізорного рівня головних підсистем, зв'язані кожний тільки одним прямим подовженим каналом міжвузлових зв'язків з кожним відповідним йому мікропроцесорним вузлом супервізорного рівня, а всі інші мікропроцесорні вузли обчислень і ретрансляції проміжних кластерів стовбурового рівня підключені один до одного додатковими прямими подовженими каналами міжвузлових зв'язків, з яких складено три незалежні лінії передачі цифрових кодів між мікропроцесорними вузлами обчислень і ретрансляції так, що разом у послідовному приєднанні їх цими додатковими прямими подовженими каналами міжвузлових зв'язків утворено внутрішній стовбур системи, через складові якого виконано зв'язок між собою відповідних мікропроцесорних вузлів супервізорного рівня, що належать різним головним підсистемам.

Підвищені експлуатаційні та метрологічні характеристики інформаційно-вимірювальної системи, що мають бути отримані при використанні даного технічного рішення, забезпечують загальний позитивний техніко-економічний ефект обслуговуваних об'єктів. Саме збільшення

кількості давачів, що гарантує отримання даних про всі без винятку суттєві параметри обслуговуваного об'єкта з мінімальною можливою динамічною похибкою в критичних режимах забезпечує гарантований рівень спостережливості та уникнення аварійних ситуацій через невизначеність прогнозу розвитку подій застосування засобів керування. Розташування такої великої загальної кількості давачів і засобів перетворення та обробки інформації не обмежено територіально певною будівлею чи спеціалізованою технологічною конструкцією, що охоплює всі складові гіперсистеми. Більша кількість доданих підсистем можуть бути без втрати високого рівня динамічних показників рознесеними на відстань до десятків кілометрів із збереженням інформаційного синхронізму в роботі та безперервності циркуляції даних між ними. Це є підставою для створення розвинутих комплексів моніторингових систем для деталізованого дослідження малих проявів коливальних відхилень від нормального стану довкілля, або ж одночасне дослідження довільно змінюваного поточного стану кількох десятків складних динамічних об'єктів, де розташовані віддалені інформаційно-вимірювальні підсистеми, наприклад, великих транспортних засобів з потужним енергоустаткуванням, як під час їх випробувань в екстремальних умовах, так і в умовах подальшої інтенсивної експлуатації, коли вони рухаються на віддалені від основних засобів спостереження та контролю.

Запропоноване технічне рішення також може бути використано для створення складних комплексів оперативного вимірювання під час експериментів, що передбачають отримання та фіксацію даних швидкоплинних процесів, які відбуваються одночасно на кількох рухомих об'єктах, база обов'язкового віддалення яких один від одного має складати кілька кілометрів і більше, наприклад, метрологічне забезпечення мережі переміщуваних платформ з приладами при дослідженнях верхніх шарів атмосфери за допомогою поєднаних радарних систем, або ж вимір та накопичення показників розповсюдження штучно синхронно збуджених із різних точок поверхні пружних хвиль, спрямованих у глибинні шари для виявлення структурних особливостей ґрунту на значній площі одночасного сканування тощо.

Зображення на фіг. 1 надає функціональну схему окремого кластера інформаційно-вимірювальної системи, який сформований з трьох мікропроцесорних вузлів та каналів міжвузлових зв'язків, що є відгалуженнями від інтерфейсних пристроїв, коли ці кластери використано для утворення внутрішнього стовбура системи.

На фіг. 2 у вигляді умовної просторової аксонометричної проекції зв'язків відображено з'єднання двох головних підсистем стовбуром із трьох незалежних ліній передавання цифрових кодів, а також форму приєднання до кластерів віддалених підсистем каналами міжвузлових зв'язків так, що із кожних трьох таких кластерів сформовано окремі домени, а внутрішні мікропроцесорні вузли кожного з цих доменів підключені каналами міжвузлових зв'язків до додаткових трьох мікропроцесорних вузлів обчислень і ретрансляції, з'єднанням яких по три каналами міжвузлових зв'язків утворено кластери стовбурового рівня.

Фіг. 3 показує формування внутрішнього стовбура гіперсистеми мікропроцесорними вузлами обчислень і ретрансляції та додатковими прямими подовженими каналами міжвузлових зв'язків, з яких складено три незалежні лінії передачі цифрових кодів між цими мікропроцесорними вузлами, а також їх підключення до внутрішніх мікропроцесорних вузлів кластерів віддалених підсистем, з яких утворено домени.

На фіг. 4 подано як ілюстрацію створення в середині стовбура трьох бездротових незалежних ліній передачі цифрових кодів із додаткових прямих подовжених каналів міжвузлових зв'язків між мікропроцесорними вузлами обчислень і ретрансляції за допомогою засобів радіозв'язку різних технологій формування функціонального середовища, де відбувається адресна передача даних вимірювань, накопичених у кластерах стовбурового рівня.

Фіг. 5 відображає варіант великої інформаційно-вимірювальної системи (гіперсистеми), що виконана з використанням запропонованого технічного рішення, коли в ній кластери стовбурового рівня підключені до подовжених каналів міжвузлових зв'язків у двох стовбурах, які створюють кільцеву структуру для передавання цифрових кодів.

Епюри на фіг. 6 пояснюють процес просування інформаційних сигналів в межах окремих інтервалів активності зв'язку, що мають дані, які спрямовані в протилежних напрямках для їх отримання та узгодженої обробки у головних підсистемах.

Відомості, які підтверджують можливість здійснення винаходу.

Чутливими (сенсорними) елементами запропонованої системи є давачі 1 (Фіг. 1), що приєднані до відповідних вимірювальних перетворювачів 2. Виходи вимірювальних перетворювачів 2 у свою чергу приєднані до вхідних пристроїв, керованих мікропроцесором 3 через наявні в типовій конструкції мікропроцесорного комплексу специфічні шини сигналів і вхідних даних. Також до мікропроцесора 3 приєднаний через набір його внутрішніх шин

інтерфейсний пристрій 4, від якого відгалужені лінії передавання цифрових кодів, що утворюють канали 5 зв'язків. Кожний комплекс функціональних блоків існує в цій системі як основа її базового пристрою - мікропроцесорного вузла 6. Канали 5 зв'язків, які виходять з інтерфейсного пристрою 4 одного мікропроцесорного вузла 6, закінчуються приєднаними до такого ж інтерфейсного пристрою іншого мікропроцесорного вузла. В системі вони виступають каналами міжвузлових зв'язків і загалом утворюють ланки сегментів спеціалізованої мережі передавання даних вимірювання у вигляді цифрових кодів.

Три канали 5 міжвузлових зв'язків з'єднали між собою три мікропроцесорних вузла 6 в єдине конструктивне угруповання, яке в прототипі і в цьому описі носить назву "кластер". В межах кластера кожен з його мікропроцесорних вузлів 6 є підключеним до двох сусідніх так, що реалізовано надсилання та приймання від них цифрових кодів через канали 5 міжвузлових зв'язків та інтерфейсні пристрої 4 незалежно від технічного стану або режиму активності того з мікропроцесорних вузлів 6 кластера, який в цю мить не приймає участі в поточному інформаційному обміні. Мінімально необхідна для якісного функціонування множина мікропроцесорних вузлів 6 із підключеними до їх мікропроцесорів 3 великою кількістю швидкодіючих давачів 1 є сконцентрованою у двох окремих головних підсистемах відповідно окреслених для виразності на фіг. 2 умовними конусами та визначених позиціями 7 і 8. Головні підсистеми в складі гіперсистеми є подібними одна до одної, побудовані за одними принципами та мають однаковий набір типів основних компонентів.

Кластер із трьох мікропроцесорних вузлів 6 на нижчому функціональному рівні кожної з головних підсистем 7 або 8 є приєднаним лише до одного мікропроцесорного вузла у кластері на вищому рівні шляхом з'єднання трьох інтерфейсних пристроїв 4 каналами 9 міжвузлових зв'язків з одним мікропроцесорним вузлом 6 на вищому рівні. При описаній формі з'єднання канали 9 міжвузлових зв'язків забезпечили трансляцію даних (цифрових кодів), отриманих від давачів 1, приналежних будь-якому з мікропроцесорних вузлів кластера на нижчому рівні, до мікропроцесорного вузла 6 на вищому рівні, а також надали постійний інформаційний зв'язок трансляванням цифрових кодів через один безпосередній шлях та при необхідності через будь-які чотири альтернативні шляхи. Каналами 10 міжвузлових зв'язків у головних підсистемах з'єднано мікропроцесорні вузли 6 суміжних кластерів, приналежних одному логічному рівню, в одне угруповання, що як і в описі прототипу назване "домен". З'єднання каналами 5 та 10 міжвузлових зв'язків виконано так, що вони підключені послідовно по черзі. Тоді на кінцевому кроці вказаної форми підключення стає утвореним постійно існуючий спільний для трьох кластерів кільцевий шлях із шести каналів (5, 10, 5, 10, 5, 10) міжвузлових зв'язків для передавання цифрових кодів між будь-якою парою вузлів 6 цього домена завдяки трансляції даних вузлами-посередниками із числа задіяних в кожному кластері.

В самій інформаційно-вимірювальній системі з такими ознаками, яка є переважно використаною для побудови кожної з головних підсистем 7 та 8, за допомогою діагональних міжрівневих каналів 11 міжвузлових зв'язків з'єднано три внутрішні мікропроцесорні вузли 6 кластерів одного з доменів на нижчому функціональному рівні, які ще не були задіяні в формуванні кільцевого шляху за допомогою каналів 5 та 10, по одному з трьох мікропроцесорними вузлами 6 кластерів вищого рівня. Таке з'єднання забезпечує постійне існування гарантованих альтернативних шляхів передавання цифрових кодів в кожній з підсистем в разі аварійного чи профілактичного виключення із числа працюючих одного або ж кількох суміжних мікропроцесорних вузлів 6 із множини приналежних до цієї групи.

У головних підсистемах 7 та 8 на їх верхньому функціональному рівні з мікропроцесорних вузлів 6 утворені кластери, що мають досконалий інформаційний зв'язок з будь-яким із мікропроцесорних вузлів 6 на нижніх рівнях, завдяки чому загальний потік даних в межах самих підсистем між мікропроцесорними вузлами 6 не переривається навіть при відсутності трансляції цифрових кодів одночасно по кількох каналах міжвузлових зв'язків чи в разі блокування роботи окремих мікропроцесорних вузлів 6.

За допомогою мікропроцесорних вузлів 12 та каналів 13 міжвузлових зв'язків на найвищому супервізорному рівні (Фіг. 2) для кожної з головних підсистем 7 та 8 утворено свій кластер, підключений каналами міжвузлових зв'язків до мікропроцесорних вузлів 6 кластерів верхнього рівня кожної з обох цих підсистем. В межах кластера супервізорного рівня канали 13 міжвузлових зв'язків підключені до мікропроцесорних вузлів 12 так, що цим забезпечено передавання цифрових кодів між будь-якою парою мікропроцесорних вузлів 12 незалежно від стану третього вузла цього кластера. Для кожного з мікропроцесорних вузлів 6 кластерів верхнього рівня будь-якої з головних підсистем 7 та 8 підключення до суміжних з ними мікропроцесорних вузлів 12 кластера супервізорного рівня виконано за допомогою прямих

каналів 14 та діагональних каналів 15 міжвузлових зв'язків. Цим в кожній такій зоні кластера супервізорного рівня, що безпосередньо межують з кластерами верхнього рівня головних підсистем 7 або 8 утворено шість різних за складом компонентів замкнених трикутних шляхів для передавання даних (Фіг. 2), які послідовно включають канали 13, 14 та 15 міжвузлових зв'язків і забезпечують просування цифрових кодів в будь-якому напрямку незалежно від реального стану дієздатності навіть будь-яких двох мікропроцесорних вузлів 6 кластера верхнього рівня або мікропроцесорних вузлів 12 кластера супервізорного рівня.

При цьому технічному рішенні запропонована оптимізована конструкція, яка є суттєво розширеною інформаційно-вимірювальною системою, що додатково включає до свого складу також віддалені підсистеми, які на фіг. 2 та 3 окреслені умовними конусами та визначені послідовно пронумерованими позиціями від 16 по 21. Віддалені підсистеми є аналогічними за переліком використаних компонентів і принципом об'єднання їх складових частин до головних підсистем 7 та 8. При цьому кожна з цих віддалених підсистем, як і всі інші, має свій кластер верхнього рівня, складений із мікропроцесорних вузлів 6 за допомогою каналів 5 міжвузлових зв'язків.

Віддалені підсистеми у загальній формі конструкції розширеної інформаційно-вимірювальної системи (гіперсистеми) відрізняє лише те, що згідно з цим технічним рішенням вони без погіршення якісних властивостей можуть бути розташовані на відносно більшій відстані від головних підсистем 7 та 8, яка у фізичному вимірі тепер досягає кількох десятків кілометрів. При цьому із самих віддалених підсистем в межах гіперсистеми сформовано окремі функціональні групи. Кожна з цих груп включає по три віддалені підсистеми так, як для прикладу це відображено на фіг. 2 та 3, де послідовними позиціями 16, 17 і 18, а також 19, 20 і 21 визначені дві такі окремі групи із віддалених підсистем.

Віддалені підсистеми у кожній вказаній функціональній групі пов'язані переважно територіально з розташованим поряд одним об'єктом дослідження або із кількома об'єктами, що знаходяться на мінімальній відстані один від одного. Тому складові технічних засобів кожної віддаленої підсистеми, що входить до своєї групи, у фізичному просторі є розташованими між собою практично поруч у порівнянні з тими, які складають будь-які інші групи з віддалених підсистем, що не входять до складу саме цієї групи. За такої умови "короткими" каналами 22 міжвузлових зв'язків (на фіг. 2 вони виділені потовщеною лінією) з'єднано три кластери верхнього рівня у кожній групі віддалених підсистем 16, 17 і 18, а також 19, 20 і 21 так, що з названих кластерів верхнього рівня утворено окремі домени в цій частині структури гіперсистеми. На фіг. 2 та 3 для спрощення всієї графіки креслення таких доменів відображено тільки два, хоча взагалі у повному складі розширеної інформаційно-вимірювальної системи, побудованої згідно із запропонованим технічним рішенням, кількість доменів може бути значно більшою залежно від сумарної кількості обслуговуваних об'єктів спостереження.

В кожному з названих доменів канали 5 та 22 міжвузлових зв'язків, які приєднані по черзі, утворили замкнений кільцевий шлях передавання цифрових кодів вимірів, що сформовані та накопичені у мікропроцесорних вузлах 6 будь-якої з віддалених підсистем своєї групи. Таким підключенням та дублюванням записів даних вимірювань забезпечено постійне активне резервування як самих каналів, так і оперативних даних, що за програмою вимірів циркулюють між усіма мікропроцесорними вузлами 6 усіх трьох віддалених підсистем в межах однієї окремої групи, де утворено домен.

Кожен із внутрішніх мікропроцесорних вузлів 6 домена, який безпосередньо не включено в утворений кільцевий шлях передавання цифрових кодів в межах цього домена, є підключеним до інших мікропроцесорних вузлів одночасно двома каналами 5 міжвузлових зв'язків на верхньому рівні. Крім цього основного шляху надсилання даних разом із іншими каналами міжвузлових зв'язків, які створено в кожній віддаленій підсистемі, існує більше трьох десятків різноманітних альтернативних шляхів для передавання цифрових кодів, потенційно здатних до активізації в тій ситуації, коли необхідно автоматично виконати реконфігурацію шляху та "обійти" будь-який із "відмовних" каналів 5, 9, 10 чи 11. На просторовій схемі на фіг. 2 подано лише умовне розміщення частини цих каналів та форми їх підключення для головних підсистем 7 та 8, а також надані фрагменти складових в окремих групах із віддалених підсистем 16-18 та 19-21 як апаратний "вміст конусів", що їх обрамляють умовною межею.

В конструкції розширеної інформаційно-вимірювальної системи (гіперсистеми) згідно із поданим технічним рішенням існують додаткові мікропроцесорні вузли 23 обчислень і ретрансляції, кожен з яких є приєднаним до внутрішніх мікропроцесорних вузлів 6 кластерів верхнього рівня, що входять у відповідні домени. Приєднання мікропроцесорних вузлів 23 обчислень і ретрансляції виконано каналами 24 міжвузлових зв'язків (вони на фіг. 3 позначені потовщеною переривчастою лінією), які підключені до відповідних мікропроцесорних вузлів 6

кластерів верхнього рівня, що в межах кожного із доменів за своїм розташуванням є внутрішніми. Між собою мікропроцесорні вузли 23 обчислень і ретрансляції з'єднані каналами 25 міжвузлових зв'язків так, що із кожних трьох таких мікропроцесорних вузлів, які є належними до одного домена, утворено окремі кластери стовбурового рівня. Крім цього, мікропроцесорні вузли 23 обчислень і ретрансляції із різних кластерів стовбурового рівня, які належать до суміжних груп віддалених підсистем, з'єднані між собою відповідно прямими каналами 26, 27 та 28 міжвузлових зв'язків. Вказані канали (Фіг. 3) забезпечують безпосередній зв'язок між парою суміжних мікропроцесорних вузлів 23 обчислень і ретрансляції за принципом з'єднання "точка-точка". Крім такого прямого шляху передавання цифрових кодів вимірів, кожний із цих мікропроцесорних вузлів зв'язано з іншими мікропроцесорними вузлами 23 обчислень і ретрансляції суміжних кластерів стовбурового рівня завдяки тому, що передавання інформації в разі потреби виконано також за допомогою інших альтернативних шляхів до відповідних прямих каналів 26, 27 та 28 міжвузлових зв'язків через посередництво каналів 25 міжвузлових зв'язків, що існують у кожному кластері стовбурового рівня і пропускання потік даних в будь-якому напрямку, який задано в цю мить програмою поточної конфігурації зв'язків.

Згідно із запропонованим технічним рішенням особливість прямих каналів 26, 27 та 28 міжвузлових зв'язків (у порівнянні із іншими "короткими" каналами 5, 9-11, 13-15, 22, 24 та 25 міжвузлових зв'язків), полягає у тому, що за своєю конструкцією та технологією організації обміну фізичними сигналами вони переважно діють як "подовжені". Вони обов'язково мають в засобах реалізації конструктивних елементів відомі пристосування, що забезпечують практичну незалежність отриманих характеристик продуктивності передавання даних від фактичної дистанції розташування у фізичному просторі їх кінцевих (термінальних) пристроїв, які задіяні для інформаційного сполучення із складовими взаємодіючих мікропроцесорних вузлів. Це означає насамперед, що при необхідності встановлення відповідного фізичного та інформаційного зв'язку такі канали виступають як технічна реалізація розроблених технологій каналоутворення і відомих видів типових каналів для передавання цифрових кодів, які за своїми властивостями без будь-якої перебудови їх засобів передавання та сприйняття інформаційних сигналів допускають можливість бути будь-коли подовженими на довільну відстань, навіть у десятки кілометрів, не втрачаючи при цьому початкової швидкодії та надійності.

Коли ці канали спрямовані в протилежні напрямки відносно підключеного до них мікропроцесорного вузла 23 обчислень і ретрансляції одного кластера стовбурного рівня, то вони разом складають відповідну ділянку із трьох незалежних ліній передавання цифрових кодів, що забезпечують дуплексний режим цифрового зв'язку цього мікропроцесорного вузла та ретрансляцію за допомогою його інтерфейсних засобів цифрових кодів у напрямку до суміжних мікропроцесорних вузлів інших кластерів стовбурного рівня.

Окрім вказаних прямих подовжених каналів міжвузлових зв'язків мікропроцесорні вузли 23 обчислень і ретрансляції є приєднаними до різних частин гіперсистеми за допомогою також іншої множини каналів міжвузлових зв'язків, а саме показаних на фіг. 2 та 3 із позиціями пронумерованими послідовно від 29 до 34, які за своєю конструкцією переважно забезпечують такі ж самі властивості, що є використаними у подовжених каналах 26-28 міжвузлових зв'язків.

Загалом згідно з цим технічним рішенням зв'язок мікропроцесорних вузлів 23 обчислень і ретрансляції із відмінних за своїм положенням у просторі кластерів стовбурового рівня встановлено за такою формою підключення: якщо утворені ними кластери знаходяться на периферії гіперсистеми і таким чином безпосередньо межують із мікропроцесорними вузлами 12 кластерів супервізорного рівня, то мікропроцесорні вузли 23 обчислень і ретрансляції з'єднано із складовими головних підсистем 7 або 8 так, що вони є приєднаними до кожного з трьох відповідних мікропроцесорних вузлів 12 тільки за допомогою одного із подовжених каналів міжвузлових зв'язків 29, або 30, або 31, як це виконано, наприклад, для підсистеми 8, а також за допомогою одного із прямих подовжених каналів міжвузлових зв'язків 32, або 33, або 34 для складових підсистеми 7 за схемою безпосереднього приєднання "вузол 23 до вузла 12"; інакше на всьому стовбуровому рівні зв'язок між суміжними мікропроцесорними вузлами 23 обчислень і ретрансляції виконано підключенням по одному до другого за схемою безпосереднього приєднання "один вузол 23 до суміжного вузла 23" через відповідні прямі подовжені канали міжвузлових зв'язків 26, або 27, або 28.

Подовжені канали 26, 27 та 28, а також інші подовжені канали міжвузлових зв'язків на стовбуровому рівні (на фіг. 2 та 3 це позиції 29, 30, 31, і позиції 32, 33, 34), виконані з використанням в їх конструкціях переважно широко вживаних сучасних технологій каналоутворення для передавання потоку цифрових кодів на будь-яку реальну відстань, навіть у десятки кілометрів, включаючи також зв'язок із мобільними (рухомими) об'єктами. Такі сучасні технології каналоутворення дозволяють апаратурі цих каналів функціонувати із достатньо

високими показниками як для їх ресурсної економічності (незначні витрати на передавання потоку даних у кілобітах при встановленій швидкості не менше заданої у кілобітах за секунду), так і для надійності входження у послідовні сеанси зв'язку (імовірність відмови початку обміну даними при заданому часі очікування в мілісекундах).

5 При реалізації цього технічного рішення перевага віддана принципово відмінним між собою технологіям каналоутворення, які використано для кожного окремого із трьох незалежних каналів передавання цифрових кодів у межах однієї частини (ланки ланцюжка загальної лінії), де з'єднані між собою мікропроцесорні вузли 23 обчислення і ретрансляції двох суміжних кластерів стовбурового рівня. Так наприклад, для обслуговування мобільного об'єкта
10 дослідження при організації подовженого каналу 27 міжвузлових зв'язків (Фіг. 4) використано як технологічний засіб каналоутворення, що теоретично забезпечує найбільшу швидкість цифрового обміну даними, дискретну амплітудно-фазову імпульсну маніпуляцію безперервного моночастного сигналу. В результаті створено постійно діючий виділений синхронний цифровий дуплексний радіоканал (на фіг. 4 його показано як умовний УКХ чи мікрохвильовий зв'язок за
15 допомогою радіолінії через спрямовані антени). Тоді у тій самій частині стовбура інший канал радіозв'язку (наприклад, подовжений канал 26 міжвузлових зв'язків) створено як динамічно відновлювана (віртуальна) лінія між двома абонентами із використанням загально доступного найбільш швидкісного пакетного цифрового мобільного зв'язку (наприклад, із використанням перспективних засобів мегабітного транкінгового зв'язку, або ж базованого на такому стандарті зв'язку 4G, як LTE, чи подібного до нього за продуктивністю). При цьому третій незалежний канал (подовжений канал 28 міжвузлових зв'язків) у тій же частині стовбура організовано
20 спираючись на використання такого стандартного пакетного мобільного зв'язку, що забезпечує при відносно меншій у порівнянні з першими двома швидкості передавання даних між постійно зареєстрованими абонентами з обміну цифровими даними найбільшу економічність, а також який є найбільш поширеним засобом мобільного зв'язку у цій місцевості, і для нього забезпечено надійну експлуатаційно-технічну підтримку та встановлено високою щільністю розташування антен базових станцій (таке вже характерно, наприклад, для сучасної технології організації зв'язку із використанням апаратури стандарту GSM (800, 1800, 1900)). На фіг. 4 все це умовно показано як процес "генерації" та "перехоплення" відповідно адресованих пакетів,
30 спрямованих для передачі у подовжених каналах 26 та 28 міжвузлових зв'язків, в зображеному у вигляді "хмаринки" спільному зв'язковому середовищі (так принципово, наприклад, діють за відомою технологією формування віртуальних цифрових радіоканалів із програмованими стрибками несучої частоти для мультипакетного обміну блоками даних).

Кожна ланка таких трьох незалежних розподілених у просторі засобів зв'язку є складеною з
35 трьох подовжених каналів 26, 27 та 28 міжвузлових зв'язків разом із мікропроцесорними вузлами 23 обчислення і ретрансляції. Послідовним приєднанням одна до одної подібних ланок, включаючи також зони на периферії, де ланцюжок з'єднань доповнено каналами 29, 30, 31 міжвузлових зв'язків з одного боку і каналами 32, 33, 34 міжвузлових зв'язків з іншого боку (це відображено на фіг. 2, 3 та 4), утворено внутрішній стовбур системи, який є суцільним та
40 "прозорим" для постійного забезпечення будь-яких комунікацій в обох напрямках. В розширеній інформаційно-вимірювальній системі, побудованій за цим технічним рішенням, ним з'єднано між собою відповідні мікропроцесорні вузли 12 супервізорного рівня у кластерах, що розташовані в різних головних підсистемах 7 та 8 на протилежних закінченнях внутрішнього стовбура.

Підключенням мікропроцесорних вузлів 6, 12, 23 за допомогою каналів 5, 9, 10, 11, 13, 14, 15
45 міжвузлових зв'язків, а також подовжених каналів 25-34 міжвузлових зв'язків загалом забезпечено у межах усієї розширеної складної інформаційно-вимірювальної системи (гіперсистеми) надійний безперервний доступ до всієї інформації, що надходить від будь-якого з давачів 1, які під час роботи постійно із великою частотою повторювання вимірювальних процесів перетворюють фізичний вплив середовища безпосередньо біля їх сенсорів у
50 пропорційний електричний сигнал. Найбільша геометрична відстань між різними давачами 1, що на такій великій території синхронно вимірюють однотипні швидкозмінні параметри, як наприклад, миттєві значення амплітуди коливань довільного акустичного сигналу, але конструктивно є приналежними до різних мікропроцесорних вузлів у несуміжних віддалених підсистемах, для всієї гіперсистеми має обмеження тільки величиною сумарної довжини ланок
55 кожної з трьох незалежних ліній зв'язку створеного внутрішнього стовбура. В запропонованій конструкції сумарна довжина фізичних ліній передавання сигналів для усіх засобів приєднання віддалених підсистем гарантовано досягає багатьох десятків кілометрів без суттєвої втрати якостей отриманої вимірювальної інформації через те, що єдність стартових відліків для окремих квантів системного часу у постійно діючої інформаційно-вимірювальної системи із швидкісними дуплексними каналами зв'язку, які приймають безпосередню участь в процесах
60

підтримання синхронності, в сучасних умовах має випадковий часовий дрейф взаємних відхилень на рівні кількох сотих мікросекунди навіть коли різні обслуговувані об'єкти рухаються у фізичному просторі із дозвуковими швидкостями (переміщуються на відстань до 0,33 м за мілісекунду).

5 Мікропроцесорні вузли 23 обчислень і ретрансляції є переважно найбільш потужними обчислювальними комплексами пристроїв, що гарантує їх багатофункціональність в межах гіперсистеми. Крім забезпечення роботи вимірювальних структур із давачами 1 та вимірювальними перетворювачами 2 (Фіг. 1), вони відіграють роль активних компонентів у засобах постійного зв'язку між головними підсистемами 7 та 8 (Фіг. 2) тому, що є постійно
10 приєднаними до каналоутворюючої апаратури, яка працює в конструкціях, побудованих за переважно різними технологіями формування та трансляції інформаційних сигналів у різних подовжених каналах міжвузлових зв'язків (Фіг. 4). Такий вибір конструктивних реалізацій форм передавання інформаційних сигналів гарантує уникнення "збоїв" в роботі гіперсистеми протягом усіх сеансів зв'язку, які можуть бути спричинені випадковими локальними завадами, що мають
15 одну фізичну природу і діють у певному діапазоні частот в одному із задіяних каналів.

Інтерфейсні пристрої, які забезпечують перетворення цифрових кодів із регістрів сучасних багатоядерних мікропроцесорів 3 мікропроцесорних вузлів 23 обчислень і ретрансляції в потік інформаційних сигналів у тому числі і в різних подовжених каналах міжвузлових зв'язків, переважно складають дві відносно незалежні множини компонентів цих комплексів пристроїв.
20 До першої з них входять ті компоненти, що безпосередньо обслуговують "короткі" надшвидкісні канали 5, 9, 10, 11, 13, 14, 15 міжвузлових зв'язків у головних підсистемах (7, 8) та у віддалених підсистемах (16-21), а також канали 25 міжвузлових зв'язків між мікропроцесорними вузлами 23 обчислень і ретрансляції у межах окремих кластерів стовбурного рівня в окремих доменах, і ними є інтерфейсні пристрої 4. Другу множину інтерфейсних пристроїв, визначених на фіг. 1 позицією 35 у мікропроцесорних вузлах 23 обчислень і ретрансляції, які до складу цих вузлів включено лише як факультативний компонент, що за певних умов через часткові особливості його конструкції може сприяти підвищенню продуктивності та надійності системи, але не є принципово відмінним за своїми функціями і основним призначенням від інтерфейсних пристроїв 4, склали спеціалізовані інтерфейсні пристрої - адаптери до подовжених каналів 26-
30 28 та 29-34. Через відому специфіку встановлення цифрового (дротового чи радіохвильового) зв'язку на великі відстані інтерфейсні пристрої 35 як будь-які вузько спеціалізовані адаптери мають окремі конструктивні відмінності, що спрямовані на компенсацію технічних обмежень, які, наприклад, виникають через високу імовірність коротких переривів у суцільному потоці даних через подовжені канали зв'язку. Інтерфейсні пристрої 35 переважно мають більш розвинені засоби внутрішньої автоматизації функціонування, і у такому випадку вони забезпечують формування повторів передавання блоків даних та фільтрацію окремих хибних фрагментів протягом сеансу зв'язку тощо, працюючи у керованому автономному режимі обміну даними та не завантажуючи при цьому мікропроцесор 3 подібними допоміжними процедурами, що мають випадкові часові ознаки виникнення та подовженості.

40 Іншою конструктивною особливістю мікропроцесорних вузлів 23 обчислень і ретрансляції, що також у цьому технічному рішенні не має принципового значення, але може частково поліпшити загальні якісні показники, є включення до складу компонентів більшої кількості різних типів зовнішніх швидкодіючих запам'ятовуючих пристроїв 36 (Фіг. 1), що мають достатньо високу швидкість запису даних, але не втрачають отриманої інформації через можливі перериви їх постійного електроживлення, як наприклад, сучасні пристрої типу Solid State Disk (SSD) або їм подібні.

Інтерфейсні пристрої 35 та зовнішні швидкодіючі запам'ятовуючі пристрої 36 підключено відомими засобами безпосередньо до системної шини мікропроцесорного вузла 23 обчислень і ретрансляції так, що реплікація даних, які надходять із інтерфейсних пристроїв 35 (адаптерів
50 подовжених каналів міжвузлових зв'язків) у запам'ятовуючих пристроях 36 являє собою процедури, виконувані із найбільш високим пріоритетом, та організовані, наприклад, за методом прямого доступу у пам'ять (Direct Memory Access-DMA), коли запис кодів проходить великими порціями із поточних даних, що надходять безпосередньо із каналів міжвузлових зв'язків і не перевантажують регістрові структури мікропроцесорів, які в цей час завантажені виконанням
55 поточних модулів програм обробки даних вимірювань.

Коли у гіперсистемі передбачено дванадцять або більше віддалених підсистем, з яких можливо утворити чотири чи більше повністю довершених доменів та відповідну цьому кількість кластерів на стовбуровому рівні, тоді згідно із запропонованим технічним рішенням, як інший допустимий варіант конструктивної реалізації, виступає створення складної розширеної
60 інформаційно-вимірювальної системи із двома внутрішніми стовбурами, які також забезпечують

приєднання між собою головних підсистем 7 та 8, але тут ці внутрішні стовбури з'єднані так, що з них утворено кільцевий шлях передавання цифрових кодів в обох напрямках.

На фіг. 5, відображено конструкцію, де крім шести віддалених підсистем з позиціями від 16 до 21, як приклад побудови такої гіперсистеми, в її структурі є ще дев'ять інших додаткових віддалених підсистем, визначених послідовними позиціями від 37 до 45, з кластерів верхнього рівня яких утворено три окремих повних домени. Мікропроцесорні вузли 6 верхніх рівнів підсистем 37-45, які не включені у замкнені кільцеві шляхи передавання цифрових кодів в межах доменів, підключено так само, як у віддалених підсистем 16-21, до відповідних додаткових мікропроцесорних вузлів 23 обчислень і ретрансляції каналами 24 міжвузлових зв'язків. Для спрощення графіки на фіг. 5 у віддалених підсистем 16-21 та 37-45 відповідні відрізки ліній для зображення каналів 24 міжвузлових зв'язків не показані, а кожні три кластери групи, що утворюють домени, показані відносно подовжених каналів міжвузлових зв'язків так само, як на фіг. 2 для віддалених підсистем 16-21, коли мікропроцесорні вузли 23 обчислень і ретрансляції є частинами цих внутрішніх стовбурів, утворюючи кластери.

У другому стовбурі подовженими каналами 46, 47 та 48 міжвузлових зв'язків з'єднано між собою суміжні мікропроцесорні вузли 23 обчислень і ретрансляції, і цим утворено три незалежні лінії передавання цифрових кодів у двох протилежних напрямках до головних підсистем 7 та 8 (Фіг. 5). Додатковими подовженими каналами 49, 50 та 51 міжвузлових зв'язків біля головної підсистеми 8, а також каналами 52, 53 та 54 міжвузлових зв'язків біля головної підсистеми 7 мікропроцесорні вузли 23 обчислень і ретрансляції, що розташовані у периферійних кластерах (віддалені підсистеми відповідно 37-39 та 43-45), приєднано до мікропроцесорних вузлів цих головних підсистем.

Як у технічному рішенні для прототипу при побудові складної локалізованої інформаційно-вимірювальної системи (гіперсистеми), для підключення другого стовбура в обох головних підсистемах 7 та 8 вибрано вже існуючі там кластери, що утворено двома мікропроцесорними вузлами 12 супервізорного рівня та по одному мікропроцесорному вузлу 6 верхнього рівня. Канали 13, 14 та 15 міжвузлових зв'язків (на фіг. 5 вони виділені потовщеними лініями) у цих структурних утвореннях, що тут виступають як окремі кластери, для забезпечення просування даних в напрямку до компонентів другого стовбура, як і всі інші надшвидкісні "короткі" канали міжвузлових зв'язків в інформаційно-вимірювальній системі, виконують взаємне резервування функцій та шляхів передавання інформації, а в кінцевому розгляді загалом гарантують безперервність потоку цифрових кодів навіть при одночасній відмові в працездатності в цій зоні будь-якого одного мікропроцесорного вузла чи двох каналів міжвузлових зв'язків.

Каналами 13, 14 та 15 міжвузлових зв'язків кластерів головних підсистем 7 та 8, а також усіма подовженими каналами міжвузлових зв'язків у їх послідовному з'єднанні утворено шлях для гарантованого передавання даних вимірювань (цифрових кодів) в обох напрямках між будь-якою парою підсистем (як головних, так і віддалених) методом трансляції блоків із цифрових кодів даних вимірювань в межах гіперсистеми через замкнене кільце, складене із відповідних сукупностей функціональних пристроїв множини мікропроцесорних вузлів 6, 12, 23, приєднаних до їх інтерфейсних пристроїв 4 та 35 "коротких" каналів 5, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 25 і подовжених каналів 26-34, а також 46-54 міжвузлових зв'язків.

Об'єднані подовженими каналами міжвузлових зв'язків головні та віддалені підсистеми у гіперсистемі разом функціонують так, що постійно забезпечують послідовне накопичення у визначених програмою вимірювань запам'ятовуючих пристроях відповідних мікропроцесорних вузлів 23 обчислень та ретрансляції, а також мікропроцесорних вузлів 12 супервізорного рівня головних підсистем 7 та 8 усіх даних, які надходять як цифрове відображення первинної інформації про поточні виміри параметрів об'єктів дослідження в аналоговій формі, що перетворено в електричні сигнали давачами 1.

Змінні фізичні величини (електричний струм, тиск, температура тощо), що діють незалежно й одночасно на сенсорні частини всіх давачів 1 (Фіг. 1), розташованих в одній вимірювальній зоні, яка відповідає кожному досліджуваному параметру на об'єкті спостереження, постійно продукують змінювані у відомій функціональній залежності аналогові електричні сигнали на виходах цих давачів (пряме аналогове електричне, механо-електричне або тепло-електричне перетворення). З виходів давачів ці аналогові електричні сигнали (напруга на терміналах чи змінюваний струм у замкненій "струмовій петлі") надходять безпосередньо на входи аналогово-цифрових вимірювальних перетворювачів 2, які періодично із заданою частотою циклічного повторювання процесу перетворень формують багаторозрядні двійкові коди відповідно із миттєвим значенням вхідного електричного сигналу. Мікропроцесор 3, опрацьовуючи інструкції діючої програми керування, через приєднані до його шин адрес та даних реєстри вимірювальних перетворювачів 2 періодично зчитує блоки цих кодів і як реалізацію в його

програмі найшвидшої операції типу "регістр-регістр", виконує проміжне запам'ятовування (наприклад, шляхом найшвидшого з відомих методів: прямого доступу у пам'ять DMA, включаючи розширену зовнішню SSD пам'ять 36 мікропроцесорних вузлів 23 обчислень і ретрансляції на стовбурному рівні). Потім цей же або інший суміжний приєднаний до нього надшвидкісними "короткими" каналами 5, 9, 11 міжвузлових зв'язків мікропроцесор 3 проводить цифрову фільтрацію та корекцію значень вимірюваної змінної так, як це передбачено програмним модулем удосконалення первинних даних, із яких в подальшому у проміжній фазі вимірювальних процедур мікропроцесор 3 формує відокремлені динамічні масиви із частково оброблених послідовностей вимірів у вигляді форматних кодів, що стають основою для наповнення поточним змістом серії кадрів з оперативною вимірювальною інформацією, та періодично просуває вже ці послідовності кадрів через інтерфейсні пристрої 4 та 35 в напрямку подовжених каналів міжвузлових зв'язків для їх отримання будь-якими іншими визначеними поточною програмою мікропроцесорними вузлами в межах усієї складної розширеної інформаційно-вимірювальної системи (гіперсистеми).

Усі мікропроцесорні вузли інформаційно-вимірювальної системи мають свій чітко та однозначно встановлений системний ідентифікатор, що забезпечує досконале адресування до будь-якого ресурсного пристрою: давачів 1 з вимірювальними перетворювачами 2, регістрів мікропроцесора 3 мікропроцесорних вузлів, будь-яких пристроїв пам'яті та їх зон у полі адрес тощо. Канали міжвузлових зв'язків визначені в такій системі як сукупність поіменованих (таких що мають свій особистий ідентифікатор) приймальних, передавальних, керуючих та допоміжних регістрів, до яких поточні звернення у вигляді надсилання відповідних цифрових кодів відбуваються так само за адресою, як до чарунок запам'ятовуючих та будь-яких інших пристроїв із функцією пам'яті. Така встановлена структурно однозначність на протязі усього робочого циклу гіперсистеми (його період може тривати безперервно кілька сотень годин) забезпечує повний необхідний опис (атрибуцію) для кожного блока даних, що включає вимірювальну інформацію, встановлює його положення серед усіх інформаційних ресурсів, що існують в системі, напрямки їх передавання та адреси отримувачів, запрограмовану кількість реплік цих даних для організації технічного захисту інформації від ушкоджень, а також встановлений системний час їх періодичного оновлення чи ліквідації як неактуальних.

Основним напрямком трансляції даних вимірювань є рух усієї первинної інформації від давачів 1 з їх вимірювальними перетворювачами 2 до загальних блоків запам'ятовуючих пристроїв та регістрів і внутрішньої пам'яті графічних пристроїв мікропроцесорних вузлів 12 супервізорного рівня головних підсистем 7 та 8. До мікропроцесорних вузлів 23 обчислень і ретрансляції на стовбурному рівні, де у визначеному темпі періодично кадр за кадром оновлюють поточні значення досліджуваних параметрів об'єктів спостереження, надходять данні від віддалених підсистем через канали міжвузлових зв'язків кластерів, що утворюють домени. Крім цього відповідно до діючого режиму роботи окремих мікропроцесорних вузлів 12 та 23 інформаційно-вимірювальної системи, де їх конструкцією, наприклад, передбачені засоби виводу інформації для документування, оперативно змінюють відображення поточних вимірів у встановлених екранних формах.

В межах гіперсистеми весь час циркулюють і мають значну питому вагу потоки додаткових даних вимірювань, що були отримані від суміжних підсистем для їх резервування чи цілеспрямованого направлення іншими шляхами, а також специфічні відокремлені кадри із службовою інформацією про дієздатність та поточні налаштування кожного з функціональних блоків цієї складної структури, включаючи інформацію із записів до службових протоколів про фактичний стан активації окремих пристроїв та результат виконання певних керуючих команд.

Отримання реальної досконалої динамічної комплексної картини зміни параметрів у складному об'єкті дослідження, а тим більше одночасно у множині подібних об'єктів, що підлягають спостереженню, та які фізично віддалені один від одного на відстань у десятки кілометрів, неможливе без постійного врахування впливу дії різних факторів навколишнього середовища у безпосередній близькості від цих об'єктів. Дослідження цього впливу спонукає до систематичного співставлення між собою отриманих поточних даних вимірювань параметрів не тільки в одному чи навіть у кількох локалізованих загальних центрах обробки результатів, але й безпосередньо в тих місцях, де такі дані автоматично формують з використанням програмних засобів для підвищення ефективної чутливості і роздільної здатності, адаптивної фільтрації шумів та виявлення зон дії різного роду прихованих факторів незначних викривлень даних, як наприклад, впливу випадкових вібрацій відбиття хвиль локальних коливань ґрунту від руху важкоавіаційних транспортних засобів на відстані.

Для коректної роботи всіх програмно-технічних засобів адаптації вимірювальних пристроїв та обробляючих структур необхідним є оперативний обмін не тільки даними про локальні

постійні налаштування, але також оперативно змінювані корективи налаштування, відомості про які на рівні довідкових повідомлень транслюють за межі окремих підсистем поряд із потоком даних оперативних вимірювань та характерні умови їх отримання в певний період системного часу, відліки якого є жорстко синхронізованим для всіх блоків у структурі гіперсистеми.

5 Надшвидкісні "короткі" канали 5, 9-11, 13-15, 22, 24, 25 міжвузлових зв'язків, що є конструктивною основою побудови функціональних засобів інформаційних сполучень у межах усіх підсистем, за своїми фізичними властивостями та запропонованим методом їх резервування повністю забезпечують необхідну продуктивність та надійність обміну даними без застосування яких-небудь інших спеціальних засобів.

10 Особливістю цього технічного рішення є те, що для подовжених каналів міжвузлових зв'язків, які приєднують віддалені підсистеми із гарантованою системною продуктивністю та надійністю, не передбачено обов'язкової потреби в обладнанні їх всіх без винятку однаковими засобами передавання сигналів, кожний з яких має надавати найвищий технічно досяжний рівень фізичної швидкодії, визначений, наприклад, у кілобітах за секунду. Натомість згідно із
15 пропозицією авторів між трьома незалежними каналами на рівні проекту реальної конструкції вже розподілені функції передавання базового, резервного та допоміжного потоків даних пропорційно їх середній швидкодії (конструктивній продуктивності) та іншими цільовими характеристиками, які є досяжними в процесі нормальної (не екстремальної) експлуатації, а тому залишаються практично незмінними протягом достатньо довгого періоду часу роботи всієї
20 системи.

Згідно із технічним рішенням використано такі технології каналоутворення для отримання подовжених каналів міжвузлових зв'язків, що вибрані серед множини перевірених практикою поширених інженерних розробок, враховані їх перспективність для подальшого розвитку функцій системи, а також можливість здійснення керування окремими створеними каналами
25 міжвузлових зв'язків як безпосередньо засобами самого власника інформаційно-вимірювальної системи через його техніко-експлуатаційні ресурси, так і уповноваженими сторонніми особами (провайдерами), котрі надають власнику як комерційну послугу отримання гарантованої величини цифрового трафіку між кількома абонентами, зареєстрованими на постійній основі (довгостроковому контракті). При цьому заздалегідь визначено верхню межу імовірності відмови
30 у встановленні зв'язку у цих каналах разом із нормативним розрахунковим показником часу, необхідного для відновлення перерваного процесу надсилання даних.

Із подібним принципом укладання договорів про відносини вже є сучасна практика та її позитивний досвід, наприклад, при організації надійної роботи у більшості відповідальних енергоспоживачів, коли покриття всієї повної потужності встановленого навантаження об'єктами
35 безперервного споживання конструктивно ще на стадії проектування розподілено між кількома джерелами: комерційними постачальниками електроенергії, іншими промисловими генераторами, найчастіше базованими на технологіях відновлювального енерговидобутку, і до цього додано резервні генератори самого підприємства, що постійно працюють з мінімальним струмом у буферному режимі. Загалом таке дозволяє за будь-яких умов маневруючи
40 підключенням резервних джерел живлення мати мобілізований миттєво необхідний мінімум ресурсу до часу повної ліквідації критичного стану із зовнішнім обслуговуванням енергопостачання.

На фіг. 6 у вигляді умовних часових діаграм показані ті відмінності, що є характерними при нормальній узгодженій роботі трьох різних за формою реалізації подовжених каналів
45 міжвузлових зв'язків, наприклад, коли ними є: подовжені канали 27 міжвузлових зв'язків, що створені переважно за технологією виділеного радіоканалу, а також подовжені канали 26 та 28 міжвузлових зв'язків, які побудовані базуючись на різних технологіях каналоутворення в середовищі пакетного мобільного радіозв'язку між двома постійними абонентами, що здійснюють файловий обмін у формі надсилання пакетів із даними.

50 Подовжені канали 27 міжвузлових зв'язків в інформаційно-вимірювальній системі серед множини інших подовжених каналів визначені як базові для обміну даними між головними підсистемами 7 та 8, а також усіма віддаленими підсистемами через посередництво їх кластерів верхнього рівня, з яких утворено відповідні домени. Таке конструктивне виділення цих каналів серед інших забезпечено найвищим показником їх продуктивності (ефективної швидкості
55 передавання цифрових кодів) та керованості переважно засобами власника гіперсистеми. Періодичність дії фізичних сигналів, що є носіями інформаційних блоків, сформованих засобами інформаційно-вимірювальної системи, визначена конструкцією каналоутворюючої апаратури, але в усякому разі встановлено окремі інтервали часу, коли переважна його частина є відведеною безпосередньо для обслуговування підсистем та підтримання активності
60 вимірювальних процедур.

Інтервали астрономічного часу, які не обов'язково пов'язані з певною кількістю кадрів із даними вимірів, що передають мікропроцесорні вузли гіперсистеми (у тому числі мікропроцесорні вузли 23 обчислень і ретрансляції), на фіг. 6 показані як відокремлені відрізки координатної вісі часу, що розділена умовно вертикальними лініями з цифровими позначеннями 55 та 56, які визначають початок кожного з них. Зліва від цих ліній відображено умовно у вигляді графіків зміну стану завантаження фізичними сигналами самих каналів. Зони на графіках, що показані як меандри імпульсів з позиціями від 57 до 60 відповідають змінюваним фізичним сигналам, притаманним тим формам передачі двійкових кодів, які діють у даному середовищі, наприклад, коли використано частотну модуляцію навколо несучої частоти радіохвилі чи дискретну амплітудно-фазову маніпуляцію моночастотного сигналу тощо.

Меандри 57 та 58 на графіках - це послідовності синхронних бінарних сигналів, що передають інформацію від мікропроцесорного вузла 23 обчислень і ретрансляції наступному суміжному мікропроцесорному вузлу. У тому ж часовому інтервалі (як в інтервалі 55, так і в інтервалі 56), використовуючи, наприклад, другий відведений конструктивно частотний підканал, інформаційними сигналами, показаними як меандри 59 та 60, інші дані від суміжного мікропроцесорного вузла доставлені у цей же вузол засобами подовженого каналу 27 міжвузлових зв'язків. Інтервали часу періодичної активності подовженого каналу міжвузлових зв'язків обов'язково мають інформаційні, а можливо і фізичні паузи, коли відсутність будь-яких сигналів (на фіг. 6 це умовно відображено порожніми місцями на графіку) необхідна як резерв часу для можливої компенсації відхилень від середньої норми завантаження через інколи виникаючу оперативну корекцію похибок передавання, або переривів та процедур "репризи" через випадкову дію маскуючих основний сигнал тимчасових завад зв'язку.

Інформаційним навантаженням високопродуктивних синхронних подовжених каналів 27 міжвузлових зв'язків є насамперед файли, що складені з ущільнених записів попередньо проріджених даних вимірювань, які були раніше сформовані в межах кожної з підсистем, і вони підготовлені у запам'ятовуючих пристроях 36 до трансляції визначеним адресатам. Продуктивність каналів та базовий обсяг інформації для обміну згідно цього технічного рішення вибрані такими, що при найвищому темпі трансляції потоку даних вимірів при заданому ступені їх ущільнення завжди гарантовано передають усі оперативні необхідні дані для всіх визначених отримувачів.

Використання ущільнення та прорідження даних для обміну інформацією у подовжених каналах міжвузлових зв'язків ніяк не означає безповоротну втрату більшої ніж аналогово-цифрове перетворення частки необхідної інформації про стан досліджуваних об'єктів через те, що паралельно із отриманням нових результатів первинних вимірів за допомогою модулів інших програм, які теж постійно активовані на вищих рівнях підсистем (вони є спрямованими на аналіз поточних даних та порівняння їх із моделюванням у реальному часі), передбачено також проведення пришвидшеної спрощеної оперативної діагностики поточного стану обслуговуваних об'єктів та виділення саме тих множин блоків послідовних вимірів, що найповніше характеризують виявлені відхилення від попередніх даних прогнозів стану об'єкту. Такі блоки з "аномальними" даними передають першочергово. Інші значення поточних вимірів, що як правило для реальних об'єктів характеризують вже раніше оцінений відносно стабільний стан об'єкту і мають незначну динаміку змін, підлягають коректному ущільненню та проміжному схороненню у зовнішніх запам'ятовуючих пристроях мікропроцесорних вузлів до часу їх цілеспрямованого просування до центрів деталізованої обробки даних або ж до появи команд на їх "знищення" для очищення цих зон пам'яті для нового проміжного накопичення даних. При цьому завдяки резервуванню даних у суміжних мікропроцесорних вузлах кожний з окремих процесів їх ущільнення та "знищення" теж відбувається у кілька етапів, послідовно зменшуючи загальний інформаційний обсяг та кількість схоронених копій, але кожного разу так, що завжди є можливість відтворити хоча б частково ключові фрагменти масивів повторно запитаних даних за їх резервними копіями.

Дані, що є надлишковими відносно оперативних вимірів, як спеціальна довідкова інформація, разом із короткими масивами із даними вибірки, зробленими на підставі виділених найважливіших дублюючих даних і коди контрольних сум (чи сигнатури) файлів, які у попередньому інтервалі були спрямовані через подовжені канали 27 міжвузлових зв'язків, складають постійне наповнення як необхідна резервна інформація, що циркулює у швидкісних пакетних цифрових мережах мобільного зв'язку, де створено абонентські пари для підтримки організованих тут подовжених каналів 26 міжвузлових зв'язків. Обсяг усіх цих даних в сумі значно менший того, що циркулює через подовжені канали 27 міжвузлових зв'язків з синхронною формою спрямуванням потоку цифрових кодів. Крім того, дані з подовжених каналів 26 міжвузлових зв'язків мають надходити вже після отримання будь-яким адресатом

відповідного основного блока цифрових кодів вимірів як контрольні, що лише підтверджують неушкодженість при трансляції отриманого основного масиву. Тому активність швидкісного пакетного зв'язку у цих часових інтервалах 55 та 56 є в нормальному режимі відносно малою, і вона відображена на фіг. 6 окремими умовними прямокутниками з позиціями від 61 до 64, що розташовані відносно рідко і графічно показують саме ту частку часу, коли відбувається "захоплення" усупільненого канального простору для передачі сигналів від структур інформаційно-вимірювальної системи. Через передбачену запрограмовану повторюваність їх змісту використано реалізацію одного із відомих поширених засобів виявлення можливих помилок при трансляції шляхом порівняння, тому ці прямокутники зображено як однакові за подовженістю у часі.

На фіг. 6 умовні окремі часові проміжки у прямокутниках 61, 62 наповнено вихідною інформацією, а проміжки 63, 64 - інформацією, що її надіслано в напрямку до цього мікропроцесорного вузла, згідно із принципом пакетного мережевого зв'язку такі блоки інформаційних сигналів у їх фізичній реалізації несуть виділені за ознаками адресної приналежності по окремим спеціальним групам кодів (наприклад, номерам контейнерів для самих змістовних "тіл" пакетів) інші внутрішні блоки цифрових кодів, які після отримання на реєстрових структурах інтерфейсних пристроїв послідовно програмними засобами "збирають" у сформований таким чином окремий файл. Поява резервної та контрольної інформації, подальше формування з неї цільових пакетів та їх трансляція навіть при паралельній обробці даних багатоядерним мікропроцесором 3 (Фіг. 1) завжди має часову затримку відносно надсилання базової інформації каналами 27 міжвузлових зв'язків. Тому в загальному потоці сигналів блоки, що несуть саме описані пакети, є відображеними як прямокутник (часовий інтервал заповнення каналу 26 у цьому середовищі) із достатньо великою затримкою (зміщенням вліво) відносно початку відповідних часових інтервалів (умовно інші пакети не показані).

Коли подовжені канали 27 міжвузлових зв'язків працюють в режимі своєї повної активності, подовжені канали 26 міжвузлових зв'язків (швидкісні пакетні) мають відносно малу завантаженість у порівнянні із заявленою технічною продуктивністю, а тому фінансові витрати на їх використання як комерційних теж незначні. Але коли ці ж канали починають використовуватися дуже активно як такі, що оперативно в цей момент резервують порушений зв'язок, що до цього часу виконував подовжений канал 27 міжвузлових зв'язків, то відбувається їх завантаження практично до верхньої межі дозволеної швидкодії, яка обумовлена на цей період контрактом із провайдером (власником апаратури пакетного зв'язку).

Таке відбувається на час відмови чи технічного перериву через завади у групі подовжених каналів 27 міжвузлових зв'язків, коли весь базовий обсяг даних через автоматичну дію модулів системних програм реконфігурації зв'язків є примусово спрямованим через інші існуючі технічно задовільні ресурси трансляції даних. При цьому короткі "надшвидкі" канали 25 міжвузлових зв'язків, за допомогою яких утворено кластери стовбурового рівня, забезпечують просування всього обсягу інформації даних вимірювань, напрям передавання яких між мікропроцесорними вузлами 23 обчислень і ретрансляції тимчасово було змінено.

В такій ситуації всі інтервали часу 55 та 56 в подовжених каналах 26 міжвузлових зв'язків є зайняті пакетами, що провайдер згідно із спеціальними умовами контракту передає із максимально можливою часовою щільністю, яку для них дозволено діючим рівнем пріоритету, що встановлено по лімітах окремих завдань зв'язку у цій комерційній мережі.

На фіг. 6 початкові імпульси меандрів 57 і 58 в інтервалах 55 та 56 відображені із часовою затримкою по відношенню до меандрів 59, 60, яка реально виникає через необхідність визначеного швидкодією апаратури невеликого операційного часу у пристроях мікропроцесорного вузла 23 обчислення і ретрансляції для обробки вхідних даних (це потік із сигналів, показаних як меандри 59, 60), щоб отримати на їх основі відповідні початкові інформаційні сигнали у вихідному потоці (меандри 57, 58).

Запропонована дисципліна завантаження третіх подовжених каналів 28 міжвузлових зв'язків є відмінною лише у деталях від описаної вище. Ці канали теж мають свій визначений головним інформаційний потік, а в разі необхідності відіграють роль резервних для певної частини інформаційного обміну в межах гіперсистеми. Вони також за технологією каналоутворення є пакетними, за адміністративною приналежністю переважно комерційними колективного користування із незалежним власником (провайдером), а за технічними даними такі канали зв'язку віднесені до "повільних" із основною орієнтацією на цифрову за формою, але за спрямуванням переважно на тональну (голосову) комунікацію із наданням гарантованої можливості передачі файлів, складених із датаграм, що їх надсилають у фоновому режимі. При використанні саме такої технології каналоутворення у спільному зв'язковому просторі

передавання інформаційних сигналів існує дуже низька середня пропускна здатність для окремих сеансів саме цифрового файлового зв'язку через високу імовірність затримок у наданні "прозорого" стану каналу для пари кореспондентів із обміну такими датаграмами, коли є постійною завантаженість апаратури великою кількістю паралельно оброблюваних блоків

5 пакетів від пріоритетних тональних комунікацій, у яких є жорстко встановленою як технічно обмежена верхня норма часу очікування наступного блока із цих "мовних" пакетів для гарантування сприйняття абонентами спілкування як нерозривного (безперервного), а окремих вимовлених слів як суцільної послідовності фонем, відтворених у гучномовці із блоків пакетів.

Виходячи із реальної характеристики наданої провайдером послуги і швидкодії при встановленні сеансів обміну даними всі подовжені канали 28 міжвузлових зв'язків завантажені переважно інформацією, яка має безумовно важливий, але допоміжний характер тому, що описує лише загальні заходи підвищення якості роботи гіперсистеми в цілому. Тут в першу чергу є спрямованими в протилежних напрямках численні "короткі" за часом існування в мережі блоки із пакетів із позиціями від 65 до 68 (Фіг. 6), які несуть в собі команди керування окремими

15 структурами мікропроцесорних вузлів, як наприклад, блок 67 пакетів у вхідному потоці, а також відомості про реакції на виконання команд чи дані про фактичні зміни окремих налаштувань, як блок 66 пакетів у вихідному потоці, що спрямований у бік від цього мікропроцесорного вузла 23 обчислень та ретрансляції. Так само подовженими каналами 28 міжвузлових зв'язків періодично транслюють блоки пакетів з даними для опису нових налаштувань програмованих структур в інформаційно-вимірювальній системі. На фіг. 6, наприклад, це показано як послідовність із

20 окремих блоків 65 пакетів, що є спрямованими за адресами для інших вузлів гіперсистеми, але в цій фазі їх трансляції використано даний мікропроцесорний вузол 23 обчислень і ретрансляції як проміжний транспортний елемент у ланцюзі з окремих каналів, що створили поточну конфігурацію лінії зв'язку.

Крім командно-діагностичної інформації, подовженими каналами 28 міжвузлових зв'язків періодично циркулюють більші за обсягом блоки пакетів (на фіг. 6 їх визначено позиціями від 69 до 73), які безпосередньо несуть інформацію про стан об'єктів спостереження, що сформована на підставі вибірки окремих визначених програмою досліджень оперативних вимірів найбільш

30 характерних параметрів, що відображають з певної сторони узагальнений стан об'єктів, де встановлено давачі 1. Вибіркові значення цих параметрів сформовані у відповідних мікропроцесорних вузлах окремих підсистем на підставі вимірів діючими засобами із високою роздільною здатністю (цифрові коди максимальної довжини, що виникають з великою частотою окремих вимірів), але ці точні числові дані тут є використаними при їх якісному оцінюванні отриманої величини для формування такого узагальненого показника, який відповідає визначеній шкалі градацій стану об'єкта дослідження, наприклад, як показник для

35 характеристики ступеня дотримання поточного режиму тощо. Оскільки градацій, наприклад, у балах (або інших категоріях приналежності по якості) завжди суттєво менше за охоплювану множину значень вимірюваної величини, а також частота періодичного формування таких "контрольних" категоріальних оцінок є незначною у порівнянні з верхньою частотою спектра вимірюваної змінної, та інтервал між послідовними актами формування якісних оцінок

40 обумовлений лише найчастіше властивостями саме системи керування режимами об'єктів, то обсяг інформації в бітах, що наповнюють, наприклад, блок 69 пакетів, є у сотні тисяч разів менший, ніж тієї первинної інформації, що циркулює у формі файлів подовженими каналами 27 міжвузлових зв'язків. Тому в нормальному режимі продуктивності навіть "повільних" каналів міжвузлових зв'язків через використання в них фоновому режиму для файлового обміну є цілком достатньо для гарантованого передавання описаного обсягу даних.

Такий стан розподілу завантаження зберігається доти, поки який-небудь з каналів 27 міжвузлових зв'язків не проявляє певних недоліків та потребує тимчасової підтримки його функціональної здатності за рахунок ресурсів подовжених каналів 26 та 28 міжвузлових зв'язків у зоні його мікропроцесорного вузла 23 обчислень і ретрансляції. У цій ситуації блоки 71, 72 та 73 пакетів отримують їх нове поточне наповнення інформаційним змістом, а тому вже у вигляді блоків 69 та 70 пакетів далі транслюють іншим мікропроцесорним вузлам ту частину інформації, напрямки передач якої були змінені у суміжному з цим іншим мікропроцесорним вузлом 23 обчислень і ретрансляції. Затримані блоки цифрових кодів відмовного подовженого каналу 27 міжвузлових зв'язків, які в ці інтервали часу не вдалося передати швидкісним пакетним

55 подовженим каналом 26 міжвузлових зв'язків через недостатність на цей період часу його ефективною продуктивності, складають іншу частину додаткового навантаження "повільного" пакетного подовженого каналу 28 міжвузлових зв'язків, яка автоматично за дією відповідного модуля програми реконфігурації засобів зв'язку заміщує в ньому обсяг передавання менш

пріоритетної інформації, що в свою чергу затримується на певний час у пристроях пам'яті надсилаючих її мікропроцесорних вузлах 23 обчислень та ретрансляції.

Відмова (миттєва, тимчасова чи більш подовжена, наприклад, через профілактичне обслуговування) відносно менш завантажених інформацією пакетних подовжених каналів 26 та каналів 28 міжвузлових зв'язків призводить лише до зменшення тривалості передбачених в часових інтервалах 55 та 56 окремих пауз із відсутністю інформаційних сигналів у подовжених каналах 27 міжвузлових зв'язків із синхронною формою побітного передавання інформації, які тепер у частині часу цих пауз транслують нову інформацію, що надійшла як результат цілеспрямованої реконфігурації зв'язків із відмовного каналу 26 або 28.

Подовжені канали 29-31 та 32-34 міжвузлових зв'язків, за допомогою яких мікропроцесорні вузли 23 обчислень і ретрансляції на периферії внутрішнього стовбура гіперсистеми підключені до мікропроцесорних вузлів 12 супервізорного рівня у головних підсистемах 7 та 8, загалом завантажені переважно за таким же принципом, що і відповідні до них подовжені канали 26-28 міжвузлових зв'язків для суміжних мікропроцесорних вузлів 23 обчислень і ретрансляції.

В разі виконання варіанту конструктивної реалізації інформаційно-виміральної системи, де геометрична відстань між мікропроцесорними вузлами 12 супервізорного рівня та приєднаними до них мікропроцесорними вузлами 23 обчислень і ретрансляції є незмінною, а за величиною протяжності таких каналів економічно доцільним є використання кабельних комунікацій (електричних чи електро-оптичних), то перевага має бути віддана останнім як найбільш надійним та захищеним у порівнянні із радіоканалами. У такому варіанті конструкції організацію експлуатації та керування цими каналами повністю виконує власник інформаційно-виміральної системи, і при цьому забезпечує їх переважно рівномірне функціональне завантаження в нормальному режимі у відповідності з технічними умовами та продуктивністю апаратури каналоутворення. Під час виведення із режиму нормальної активності будь-якого одного серед цих трьох переважно однакових кабельних каналів, за аналогією до розподілу завантаження подовжених каналів 26-28, один з двох кабельних каналів, що залишені працездатними, тимчасово автоматично стає призначеним як базовий канал (він несе навантаження аналогічне до радіочастотного синхронного подовженого каналу 27 міжвузлових зв'язків), а інший тоді виступає як допоміжний, що бере на себе навантаження подібне до одночасного для двох подовжених каналів: завантаження частково аналогічно швидкісному пакетному подовженому каналу 26 та частково аналогічно повільному пакетному подовженому каналу 28 міжвузлових зв'язків. Повільний канал (незалежно від технології його створення: він кабельний чи ефірний) передає увесь можливий залишок потоку даних і команд. Для запобігання втратам інформаційних блоків під час пікового навантаження тимчасово частина інформації із каналів накопичується у зовнішніх запам'ятовуючих пристроях 36 як у буферних, щоб потім її можливо повністю передали по лініях належним адресатам.

Варіант реалізації складної інформаційно-виміральної системи (гіперсистеми) із двома внутрішніми стовбурами, що утворюють замкнене кільце із подовжених каналів, не потребує впровадження ніяких інших нових функцій для подовжених каналів 46-54 міжвузлових зв'язків, ніж ті, що їх було описано для подовжених каналів 26, 27 та 28 міжвузлових зв'язків. Подовжені канали 47 міжвузлових зв'язків, як аналогічні до них подовжені канали 27 міжвузлових зв'язків в основному варіанті інформаційно-виміральної системи, забезпечують базовий інформаційний потік між мікропроцесорними вузлами 23, а також при необхідності резервують функції подовжених каналів 46 та 48 міжвузлових зв'язків, що технічно є переважно каналами із пакетним методом формування та передачі датаграм у середовищі комерційних мереж загального користування. Зі свого боку останні у нормальному режимі роботи усієї зв'язкової інфраструктури гіперсистеми розподіляють між собою залежно від їх фактичної продуктивності потоки із керуючих, контрольних та допоміжних інформаційних блоків. При зменшенні продуктивності або тимчасовій відмові одного із швидкісних подовжених каналів 47 міжвузлових зв'язків, його інформаційний потік автоматично перерозподіляють між подовженими каналами 46 та 48 міжвузлових зв'язків так, щоб в першу чергу забезпечити трансляцію блоків із виміральною інформацією.

Особливістю мереж із кільцевою архітектурою каналів зв'язку, яка також використана в цьому варіанті реалізації є те, що в разі повного "розриву" каналу однієї із ланок, що утворюють лінію в одному напрямку, наприклад, через одночасну відмову всіх приєднаних до трьох мікропроцесорних вузлів 23 подовжених каналів 26-28 міжвузлових зв'язків (технічно така ситуація малоімовірна, але все ж реальна), завжди існує можливість передавання інформації отримувачу (мікропроцесорним вузлам 12 чи 23 із визначеним ідентифікатором), спрямувавши потік даних по кільцю у протилежному напрямку. На час існування такої нештатної ситуації виконана реконфігурація обумовить певне підвищення навантаження на додатково задіяні

мікропроцесорні вузли 23 обчислень і ретрансляції та приєднані до них подовжені канали міжвузлових зв'язків, але в той же час саме реконфігурація зберігає загальну нерозривність зв'язків між підсистемами і надає активний ресурс інформаційного обміну в межах усієї гіперсистеми, де є використаним альтернативний шлях руху інформації, та запобігає втраті 5 будь-яких фрагментів масивів із кодів вимірювальних даних. Вільний обсяг пам'яті у зовнішніх запам'ятовуючих пристроях 36 мікропроцесорних вузлів 23 обчислень і ретрансляції в обох стовбурах існує завжди, і таке забезпечує загальну властивість системи до часткового перерозподілу і проміжного схоронення даних під час критичної пікової величини надлишкового інформаційного потоку, що виникає миттєво через тимчасову втрату зв'язку в основному 10 напрямку передавання в одній із ланок лінії, яка формує внутрішній стовбур. Таким чином постійно діючий динамічний розподіл усього інформаційного потоку між трьома лініями передавання даних у внутрішньому стовбурі, а також при необхідності між двома стовбурами, коли вони утворюють кільце, гарантує нерозривність загального потоку отриманої інформації як в напрямку від давачів 1 та вимірювальних перетворювачів 2 до усіх визначених 15 мікропроцесорних вузлів, так і у зворотному напрямку для забезпечення необхідних оперативних змінюваних налаштувань у межах пристроїв усієї інформаційно-вимірювальної системи.

Інформаційно-вимірювальна система, що створена згідно з цим технічним рішенням, є комплексом фізично і функціонально з'єднаних засобів вимірювання, які постійно працюють в автоматичному режимі, а періодичні зміни окремих програм роботи чи налаштування потрібні 20 лише як заходи для підвищення якості отриманої вимірювальної інформації. Конструкція такої системи не потребує обов'язкового існування єдиного центру отримання усієї інформації, що надходить від давачів 1 та вимірювальних перетворювачів 2.

Потрібну множину функцій розподілених у просторі засобів накопичення та відображення інформації, а також напівавтоматичної генерації змін до поточних налаштувань забезпечують і 25 підтримують всі мікропроцесорні вузли 12 supervisory рівня та мікропроцесорні вузли 23 обчислень і ретрансляції на стовбурному рівні. У будь-якій спеціалізованій сучасній реалізації гіперсистеми вони мають у своєму складі відповідні технічні засоби: достатній обсяг оперативної та зовнішньої пам'яті, що складає десятки у гігабайтів, графічні процесори для формування виразної анімації параметрів із діаграм для відображення режимів досліджуваних 30 об'єктів, засоби поліекранного формування зображень тощо. Але наявність таких факультативно встановлених пристроїв не змінює в принципі характер та послідовність надходження блоків даних інформаційного обміну у подовжених каналах міжвузлових зв'язків.

Всі технічні засоби в описаній гіперсистемі спрямовані на синхронізоване відображення довільних змін фізичних величин в зонах розташування давачів 1 незалежно від реально 35 необхідної геометричної відстані між ними. При цьому єдиною умовою стає існування можливості створення та підтримання протягом значного інтервалу часу досконало діючої лінії зв'язку із трьох описаних подовжених каналів (кабельних чи радіоканалів) між мікропроцесорними вузлами 23 обчислень і ретрансляції, що з'єднують головні підсистеми 7 та 8. Синхронізовані виміри групи параметрів досліджуваного об'єкта, що були виконані в межах 40 одного і того ж кванту системного часу шляхом послідовної передачі даних на стовбурному рівні програмними засобами за відомими алгоритмами постають "зібраними" для суміщеного відображення чи обробки із незначною часовою затримкою, яка залежить виключно від технології каналоутворення та швидкодії базових подовжених каналів 27 міжвузлових зв'язків.

Якщо кількість послідовно з'єднаних кластерів стовбурного рівня із мікропроцесорними 45 вузлами 23 обчислень і ретрансляції не перевищує, наприклад, шести, (інакше слід для більш складної системи використати кільце із двох внутрішніх стовбурів, де буде послідовно приєднано від трьох до шести чи восьми кластерів у кожному з них), а властивості інформаційного обміну подовжених каналів 27 міжвузлових зв'язків при синхронній формі передавання на відстань між віддаленими підсистемами близько 15 км із часом затримки на 50 розповсюдження електромагнітної хвилі близько 55 мікросекунд для кожної ланки, то загальний час очікування відгуку "найвіддаленішого" кластера не перевищує однієї мілісекунди. При таких затримках часу для фізичного просування сигналів уздовж подовжених каналів розрахункова величина операційного часу в самих мікропроцесорних вузлах 23 обчислень і ретрансляції при використанні навіть відносно "повільних" чотирьохядерних мікропроцесорів 3 (Фіг. 1) із 55 визначеними показниками продуктивності, як наприклад, для мікропроцесорів "4x Xenon X3210" (тактова частота 2130 МГц, швидкодія за шкалою по методу Photoworxx дорівнює 55646 кбіт/сек) або "4x Phenom 9500" (2300 МГц; 58517 кбіт/сек) із швидкодією копіювання у пам'ять на рівні 5544 Мбіт/сек при послідовній формі опрацювання поточних даних, є настільки малою, що для коректності оціночного розрахунку дозволяє лише на 10-15 відсотків збільшити загальну

величину часу розповсюдження результатів самого процесу передавання вимірювальної інформації уздовж лінії з каналів.

Тобто підсумковим результатом оцінювання варіанту реалізації складної інформаційно-вимірювальної системи, у якій може бути загалом більше мільйона давачів, розподілених на площі у 2000 кв. км, є отримання даних для визначення стану будь-якого із мобільних об'єктів дослідження із операційною затримкою у часі не більше за 1,2 мілісекунди за умови досягнення дуже високого показника надійності отримання та збереження синхронізованих проміжних даних, що взагалі характерно для будь-яких резервованих систем.

Поряд із цим при застосуванні запропонованого технічного рішення постають створеними усі передумови для досягнення гранично можливих у використаній елементної бази значень точності (роздільної здатності) вимірювань та частоти періодичного аналогово-цифрового перетворення сигналів із передбаченої в системі потрібної кількості аналогових джерел первинної інформації.

За визначених особливостей та прогнозованих якісних показників виключно високе значення має технічний захист інформації, що циркулює між компонентами інформаційно-вимірювальної системи. Зважаючи на те, що багаторазово дубльовані данні вимірювань можливо завжди відновити та у більшості випадків оперативно автоматично виправити в разі виявлення їх випадкових викривлень, то найбільш імовірним засобом штучного створення хибних інформаційних фрагментів постає лише цілеспрямоване втручання інструментально озброєних третіх осіб безпосередньо у самі процеси передавання цифрових кодів у загально доступних подовжених каналах зв'язку. Для запобігання цим атакам і зниження імовірності їх позитивного розвитку в системі використано крім звичайного шифрування, що завжди є присутнім в сучасних мережах передавання даних, додаткове шифрування поточних даних, наприклад, за методом "на льоту" із динамічно змінюваними ключами для шифрів. Саме такі ключі, що їх передають як службову інформацію теж у досконало зашифрованій формі, складають частину базових блоків інформації, що її надсилають по окремих частинах паралельно та із випадковим часовим зміщенням трьома незалежними подовженими каналами із використанням одного із відомих алгоритмів псевдовипадкового встановлення порядку черговості фрагментів кодів ключів, який є особливим для кожного періоду експлуатації системи.

Ключі генерують автоматично по черзі засобами, що є приналежними головним підсистемам 7 та 8. Послідовність у черзі надсилання сформованих ключів для їх використання протягом певного періоду та протяжність цього періоду кожного разу визначено за принципом генерації псевдовипадкових чисел, а таке забезпечує мінімальну імовірність передбачуваного використання будь-яких наявних у нападника шаблонів.

Кожен із мікропроцесорних вузлів 23 обчислень і ретрансляції отримує блок із двійкових кодів, який є сформованим із визначеної кількості пакетів, що циркулюють у подовжених каналах 26 і 28 міжвузлового зв'язку, та відповідний до них у цьому часовому інтервалі блок із двійкових кодів, надісланий подовженим каналам 27 міжвузлового зв'язку. Під дією програми дешифрування, що є реалізацією актуального на цей час алгоритму "збирання" із фрагментів ключа кодування, та у сукупності із модулем шифрування-дешифрування виконується копіювання вже у відкритій формі тих даних вимірювань, які мають бути змістом зовнішніх запам'ятовувачих пристроїв 36. Дані вимірювань, які формує будь-який із мікропроцесорних вузлів 23 обчислень і ретрансляції, завдяки дії вбудованих програмних модулів захисту інформації шляхом шифрування для кожного інтервалу передавання перетворюють на близьку до хаотичної послідовність двійкових кодів, що може бути обернена у значущі дані тільки завдяки використанню для дешифрування актуального на цей період ключа.

Для успішної компрометації частини даних вимірювань третіми особами як нападниками ними має бути попередньо виконане виявлення і перехоплення у різних каналах зв'язку та у різний час трансляції певного унікального набору фрагментів сигналів та реконструкція на їх основі суцільного коду раніше зашифрованого діючого актуального ключа, потім його відновлення у придатній для застосування в системі формі на визначених керуючих ресурсах. Та це потребує від організаторів атаки використання дуже потужних спеціальних засобів і часового інтервалу у кілька годин сталої роботи системи з незмінними налаштуваннями. За цей же час діючий ключ як актуальний код може бути неодноразово замінений на новий, для виявлення ознак якого знову буде потрібний такий саме апаратно-програмний та часовий ресурс для організації нової атаки. При дотриманні загальних умов, які є відомими для успішного здійснення захищеного зв'язку, та використанні розщеплення каналів передачі шифрованих динамічно змінюваних ключів забезпечує розрахунковий очікуваний строк для отримання скомпрометованої роботи інформаційно-вимірювальної системи, що є порівнюваним із її фізичним зносом, тобто на рівні більше семи років ($>3 \cdot 10^8$ сек) безперервної експлуатації.

Бібліографічні дані джерел інформації

1. LTR114. Универсальный прецизионный модуль АЦП с последовательным опросом каналов, <http://www.lcard.ru/products/ltr/ltr114>.

2. Универсальные платы ввода-вывода (АЦП/ЦАП) на PCI, PCI-Express и ISA. <http://www.lcard.ru/products/boards>.

3. LTR212. Специализированный модуль АЦП для тензоизмерений. <http://www.lcard.ru/products/ltr/ltr212>.

4. Система информационно-измерительная тензометрическая локальная ЛИС-16. <http://elva.com.ua/index.php?option=content&task=view&id=42>

10 5. Тензометрическая станция ZET 017-T8. http://www.zetms.ru/catalog/analyzers/a_17_t8.php

6. LTR11. Универсальный модуль АЦП с последовательным опросом каналов, <http://www.lcard.ru/products/ltr/ltr11>

7. Мобильная измерительная система для проведения гарантийных испытаний турбоустановок. Ал. Гаркави, Ал. Сахаров, Ан. Сахаров, О. Фатьков. "Разработки. Контрольно-измерительные системы", СТА 3/2003. www.cta.ru.

8. Мирский Г. Я. Микропроцессоры в измерительных приборах. М., "Радио и связь". 1984. <http://www.y10k.ru/books/detail8062.html>

9. IEEE-488. "Standard Digital Interface for Programmable Instrumentation". <http://ru.wikipedia.org/wiki/HP-IB>

20 10. 34970A. Система сбора данных и коммутации (Agilent Technologies) <http://www.astena.ru/34970a.html>

11. EUR 4600E. CAMAC. Organization on Multicrate System. Specification of the Branch Highway and CAMAC Gate Controller "Type A". ESONE Committee, 1972.

12. Трехцинский Р. Система CAMAC и ее применение. Новости ИАИ № 3 (32), 1980, с. 8-14.

25 13. Крейтовая система LTR - система сбора данных и управления с интерфейсами USB 2.0 и Ethernet (TCP/IP), <http://www.lcard.ru/ltr.php3>

14. Портативные варианты модульной системы LTR <http://www.lcard.ru/products/ltr/mobile>

15. Универсальная система сбора данных EDX-100A. <http://www.nko-kazan.ru/katalog/sistemy-sbora-dannyh/sistemy-sbora-dannyh-proizvoditel-kyowa-japonija/universalnaya-sistema-sbora-dannyih-edx-100a-sistema-sertifitsi.html>

16. Теорія інформації (інформаційно-вимірювальні системи, похибки, ідентифікація): навчальний посібник / П.Д. Стухляк, О.В. Іванченко, А.В. Букетов, М.А. Долгов. - Херсон: Айлант, 2011. - 371 с.

17. О.Н. Пьявченко, А.Е. Панин, Е.А. Мокров, Принципы построения и архитектура перспективных информационно-измерительных систем мониторинга, диагностики и управления на базе интеллектуальных датчиков. <http://www.microsystems.ru/files/publ/492.htm>

18. Универсальная информационно-измерительная система технологических параметров на промышленных предприятиях УИИС-"ТП". http://www.istacon.com.ua/UIIS_TP.htm

19. Модульные системы сбора данных серии 4000. <http://www.moxa.ru/group/listAll/17750/>

40 20. ULTRA ATG - Измерительная система для АЗС/ГАЗС. <http://www.itc-nt.com/produktiya/ultra-atg.html>

21. Информационно-измерительная система TM88-1T. http://www.kros-niat.ru/docs/product/Soft_TM881T.php

22. Система сбора данных "Радио" (производитель: Hydrometer.) http://antap.com.ua/products/supplier/radio_hydrometer/

23. Система дистанционного считывания показаний и управления энергопотреблением "Energy Web-xb" о сетевых информационно-измерительных системах, <http://vbibl.ru/informatika/13543/index.html>

24. АИИС сбора показаний индивидуальных счетчиков газа по радиоканалу. <http://www.mnppsaturn.ru/ftp/public/doc/iis/Syst%20gas.pdf>

25. ИИС "Пирамида". Автоматизированные информационно-измерительные системы контроля и учёта энергоресурсов. ИТФ "Системы и технологии". www.sicon.ru.

26. Космическая система сбора и передачи данных Росгидромета. http://planet.iitp.ru/Sist_sb/Sist_sb.html

55 27. "Про затвердження плану заходів щодо створення Єдиної автоматизованої системи контролю радіаційної обстановки на період до 2015 року." Розпорядження Кабінету Міністрів України від 25 січня 2012 р. N 44-р. <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/44-2012-%D1%80>

28. Централизованная информационно-измерительной система радиационного контроля (ЦИИСПК). Системы радиационного контроля АС. <http://aes.bezkz.su/RSafety/P08-02.htm>

60 29. Лаборатория АСКРО. <http://www.rnpp.rv.ua/ru/askro-ru.html>

30. Об АСКРО. <http://www.xaec.org.ua/store/pages/rus/askro>
31. Модернизация автоматизированной системы контроля радиационной обстановки в Чернобыльской зоне отчуждения. <http://uap.net.ua/SystemProducts/RadiationMonitoringSystems/ModernizationofAutomatedSystemofMonitoringofRadiationSituationofChEZ/>
32. Информационно-измерительная система "Кольцо" - система радиоэкологического мониторинга оп ЗАЭС / О.Н. Семененя. <http://www.dysnai.org/Reports/2000-2004/2002/9.pdf>
33. ЭССА с радиоканалом, <http://carapax.ru/index.php/en/2012-01-14-08-18-46/2012-02-09-14-30-47/131>
34. Программно-технический комплекс "Атлант". <http://tetra.ua/production/systems/atlant/>
35. Автоматизированные системы сбора, обработки и анализа измерительной информации. <http://www.nicetu.spb.ru/ru/resheniya-i-produkty/automated-analysis-systems/>
36. Устройство для измерения скорости объекта. Патент РФ № 2046343. МПК G01P3/68. Оpubл. 20.10.1995. <http://www.findpatent.ru/patent/204/2046343.html>
37. Теплосчетчики "TePocc" для поквартирного учета. <http://www.teross.ru/kvart.html>
38. Компактный мюонный солениод. http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BC%D1%8E%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%81%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BE%D0%B8%D0%B4
39. Волоконно-оптическая связь. http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%BE-%D0%BE%D0%BF%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%B2%D1%8F%D0%B7%D1%8C
40. Беспроводной модем. <http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B5%D1%81%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%BE%D0%B9%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BC>
41. Система пожарной сигнализации с радиоканалом. http://guarda.ru/guarda/data/fire_ir/txt_21.php
42. Система "Neptun XP" на радиоканале. Защита от протечки воды. <http://teplosvit.com.ua/zawita-ot-protechek/radiokanal.html>
43. Wireless USB. http://ru.wikipedia.org/wiki/Wireless_USB
44. Микроконтроллеры сбора данных и управления http://edu.dvgups.ru/METDOC/GDTRAN/YAT/AT/M_I-U_S/METHOD/UP/frame/5.htm
45. Телеметрическая система для дорожных испытаний автомобильных трансмиссий / А. Ярусов, Т. Тенюшко, Д. Швец. Разработки / Автомобилестроение, СТА 3/2008. www.sta.ru
46. Wi-Fi, <http://cxem.net/rmodem/rmodemll.php>
47. Тест на совместимость оборудования в диапазоне 5 ГГц стандарта 802.16 и 802.11 а (preWiMAX). <http://www.imc.org.ua/index3.php?a=infin>
48. Радиорелейная связь. http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D0%BE%D1%80%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%B9%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%B2%D1%8F%D0%B7%D1%8C
49. Алтай (система связи). http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BB%D1%82%D0%B0%D0%B9_%28%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0_%D1%81%D0%B2%D1%8F%D0%B7%D0%B8%29
50. Транкинговая система. http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%BA%D0%B8%D0%BD%D0%B3%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0
51. Транкинговая связь: разумная замена сотовой связи. http://www.mobimag.ru/Articles/2584/Trankingovaya_svyaz_razumnaya_zamena_sotovoi_svyazi.htm
52. Спутниковая связь. http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BF%D1%83%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%B2%D1%8F%D0%B7%D1%8C
53. Технические аспекты систем спутниковой связи <http://ods.com.ua/win/rus/net-tech/sat/tehaspect.html>

54. 3GPP Long Term Evolution.

http://ru.wikipedia.org/wiki/3GPP_Long_Term_Evolution

55. LTE. <http://www.3gpp.org/LTE>

56. Samsung: "Ждите 5G мобильную сеть и фильм за секунду к 2020 году!",

<http://gagadget.com/cellphones/2013-05-13-samsung-zhdite-5g-mobilnuyu-set-i-125-gbs-k-2020-godu/>

57. Технологии растут быстрее запросов пользователей.

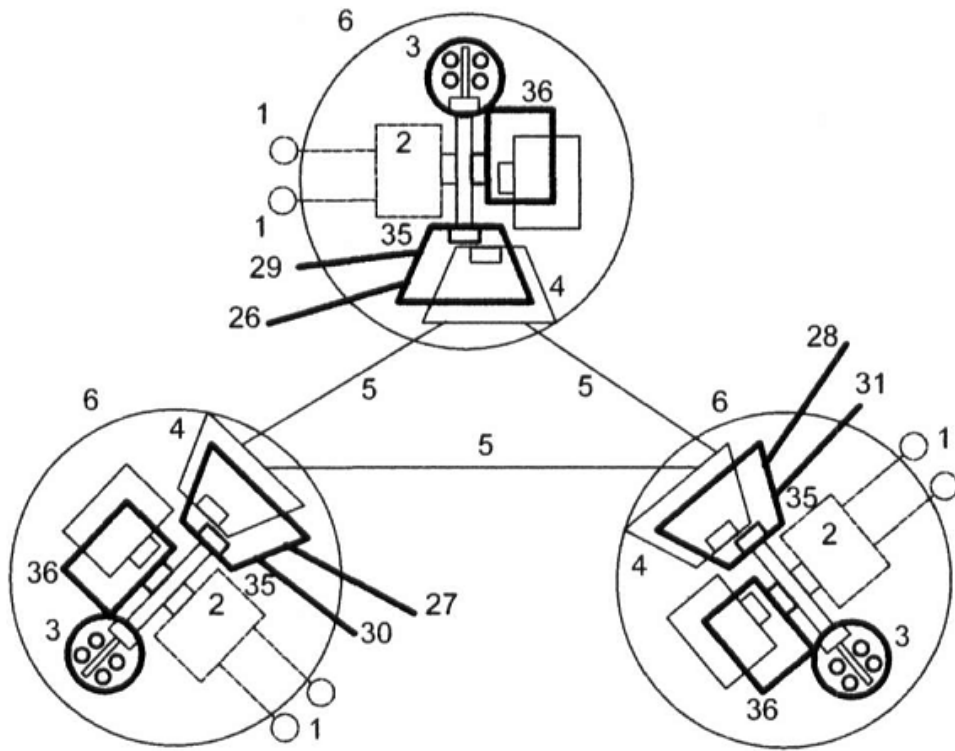
<http://portaltele.com.ua/news/technology/19858-2013-06-10-03-36-38.html>

58. В Германии поставлен мировой рекорд скорости беспроводного интернета, <http://gearmix.ru/archives/5949>

59. Інформаційно-вимірювальна система. Заявка на отримання патенту України, реєстраційний номер а 2013 06902, МПК (2013.01) G01D 21/00. Авт.: Манжело В.О., Конельський Вол. Ан., Конельський Вік. Ан. Дата подання заявки 01.06.2013 р., позитивне рішення про можливість проведення кваліфікаційної експертизи від 26.09.2013 р.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Інформаційно-вимірювальна система, що включає давачі (1) з вимірювальними перетворювачами (2) та мікропроцесори (3) з інтерфейсними пристроями (4), з них сформовано основу мікропроцесорного вузла (6), а також канали міжвузлових зв'язків, із залученням яких утворено автономну мережу передавання цифрових кодів, де в межах системи мікропроцесорні вузли розподілені на окремі функціональні рівні, і мікропроцесорні вузли для кожного з цих рівнів з'єднані каналами міжвузлових зв'язків по три в одному кластері, а три кластери, каналами міжвузлових зв'язків об'єднані в домен, і при цьому утворено щонайменше дві окремі головні підсистеми (7, 8), приєднані так, що мікропроцесорні вузли (6) кластерів верхнього рівня кожної з цих головних підсистем підключені до трьох мікропроцесорних вузлів (12), які об'єднані каналами міжвузлових зв'язків у кластери супервізорного рівня, а кожний мікропроцесорний вузол (6) кластера верхнього рівня будь-якої з головних підсистем (7, 8) підключено каналами (14, 15) міжвузлових зв'язків до двох суміжних мікропроцесорних вузлів (12) кластера супервізорного рівня, яка **відрізняється** тим, що в межах розширеної системи об'єднано до $3 * n$, де $n=1, 2, 3...N$, доданих віддалених підсистем, що аналогічні першим двом головним підсистемам (7, 8), при цьому мікропроцесорні вузли (6) кластерів верхнього рівня віддалених підсистем приєднано до мікропроцесорних вузлів (6) інших кластерів таких віддалених підсистем каналами (22) міжвузлових зв'язків так, що із кожних трьох кластерів сформовано n окремих доменів, а внутрішні мікропроцесорні вузли (6) кожного з цих доменів підключені каналами (24) міжвузлових зв'язків по одному до додаткових трьох мікропроцесорних вузлів (23) обчислень і ретрансляції, з'єднаних між собою по три, каналами (25) міжвузлових зв'язків, в утворені з них кластери стовбурового рівня, і мікропроцесорні вузли (23) обчислень і ретрансляції кластерів стовбурового рівня з'єднані з іншими частинами системи так, що ті з них, які знаходяться на периферії та межують з кластерами супервізорного рівня головних підсистем (7, 8), зв'язані кожний тільки одним прямим подовженим каналом (29-34) міжвузлових зв'язків з кожним відповідним йому мікропроцесорним вузлом (12) супервізорного рівня, а всі інші мікропроцесорні вузли (23) обчислень і ретрансляції проміжних кластерів стовбурового рівня підключені один до одного додатковими прямими подовженими каналами (26-28) міжвузлових зв'язків, з яких складено три незалежні лінії передачі цифрових кодів між мікропроцесорними вузлами (23) обчислень і ретрансляції так, що разом у послідовному приєднанні їх цими додатковими прямими подовженими каналами міжвузлових зв'язків утворено внутрішній стовбур системи, через складові якого виконано зв'язок між собою відповідних мікропроцесорних вузлів (12) супервізорного рівня, що належать різним головним підсистемам (7, 8).



Фиг. 1

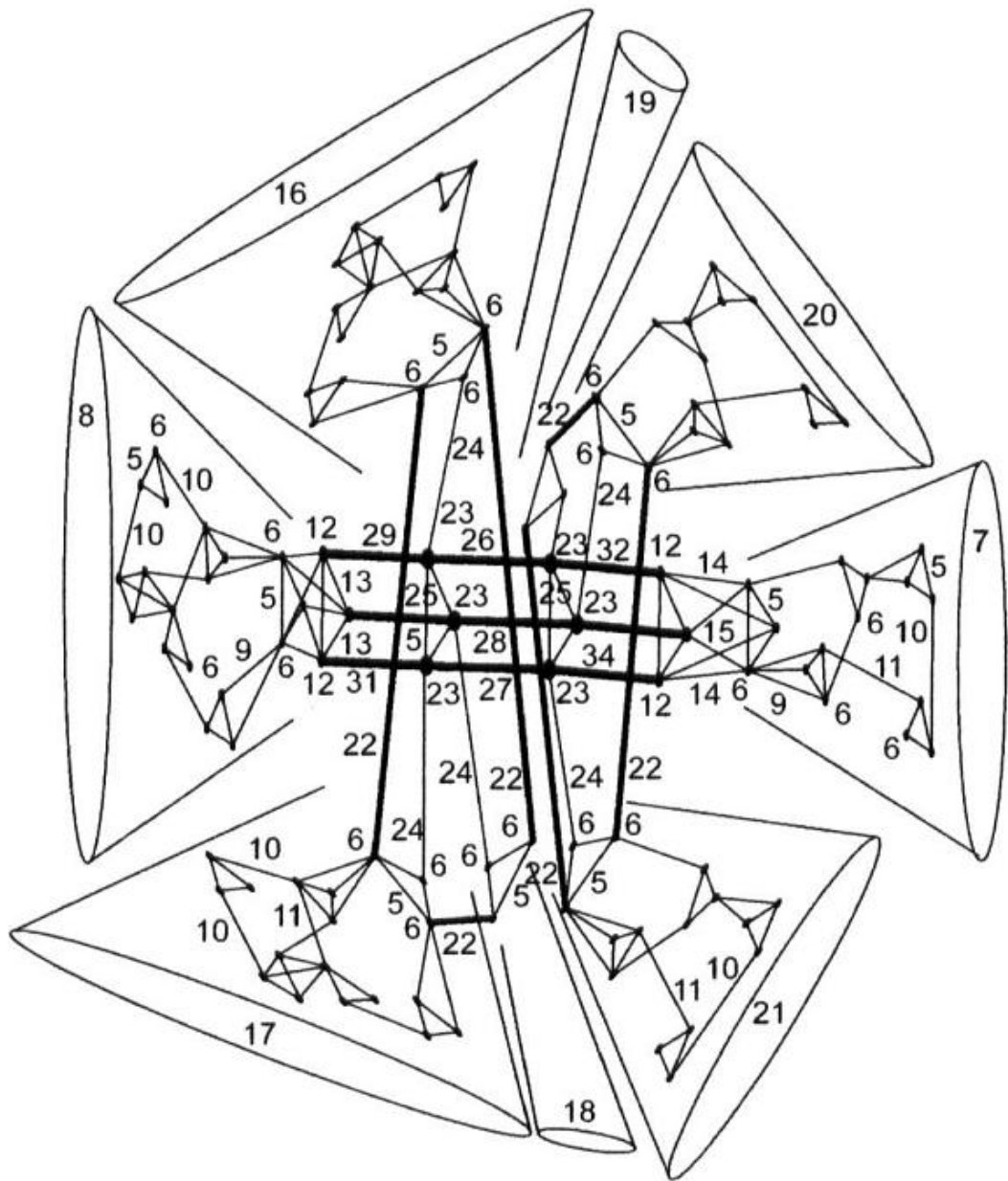
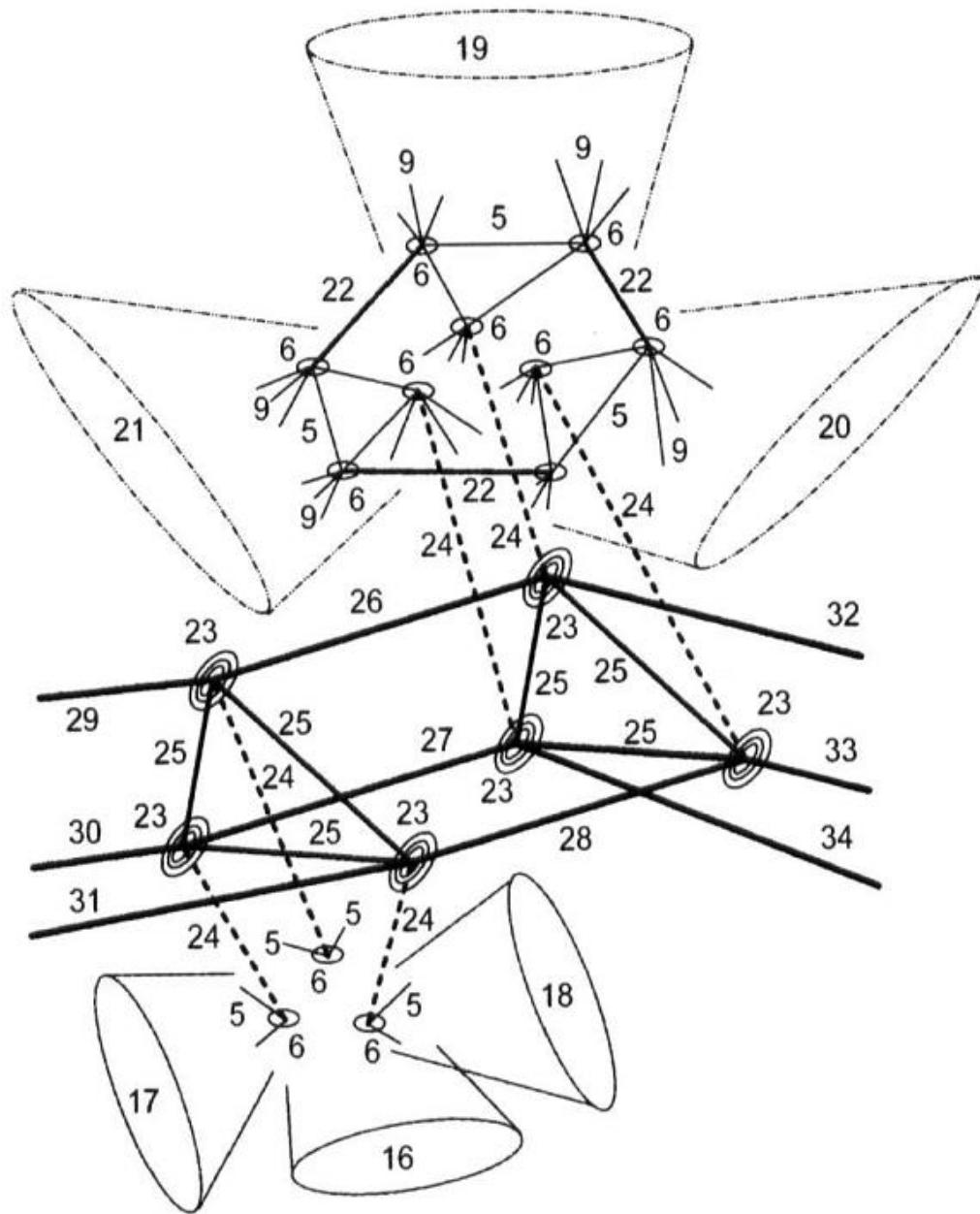


Fig. 2



Фиг. 3

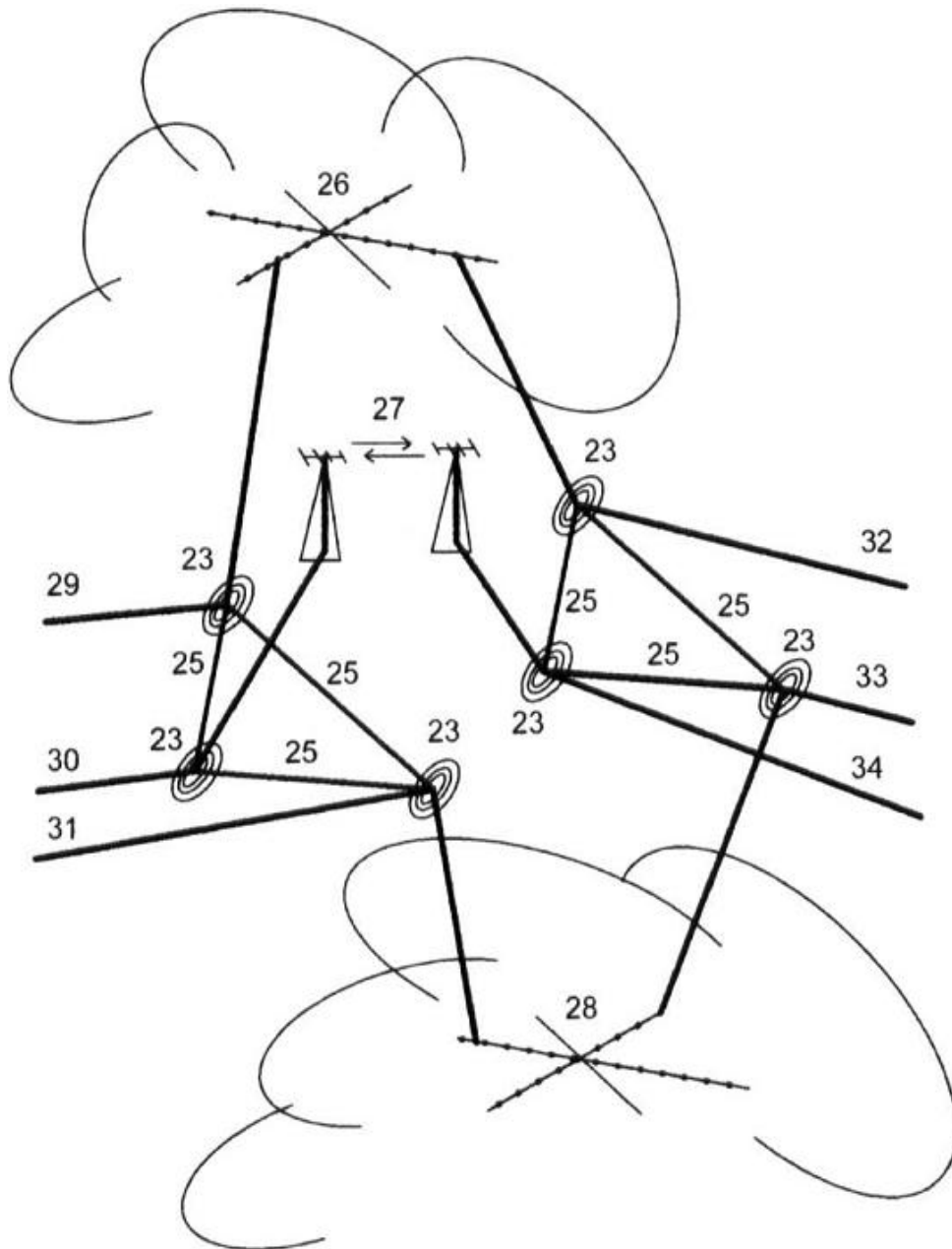


Fig. 4

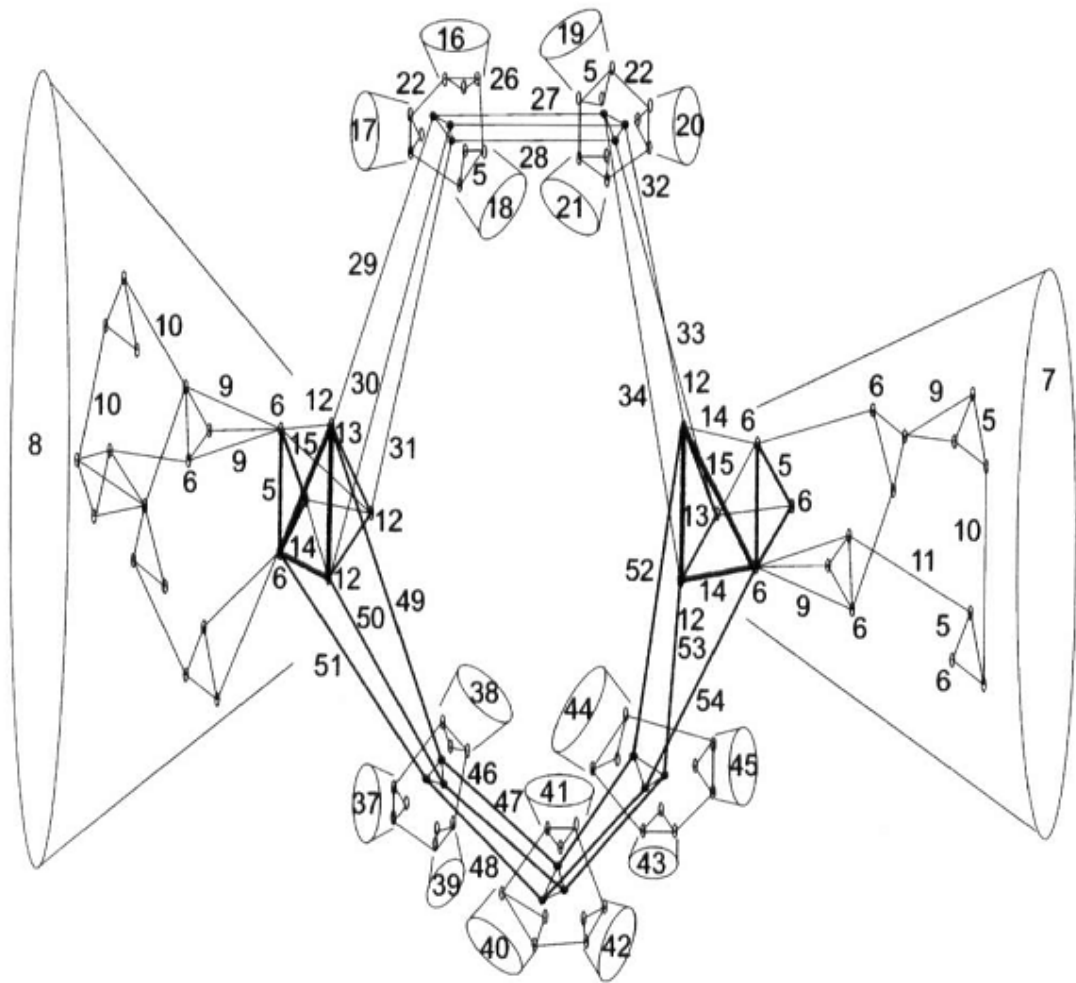
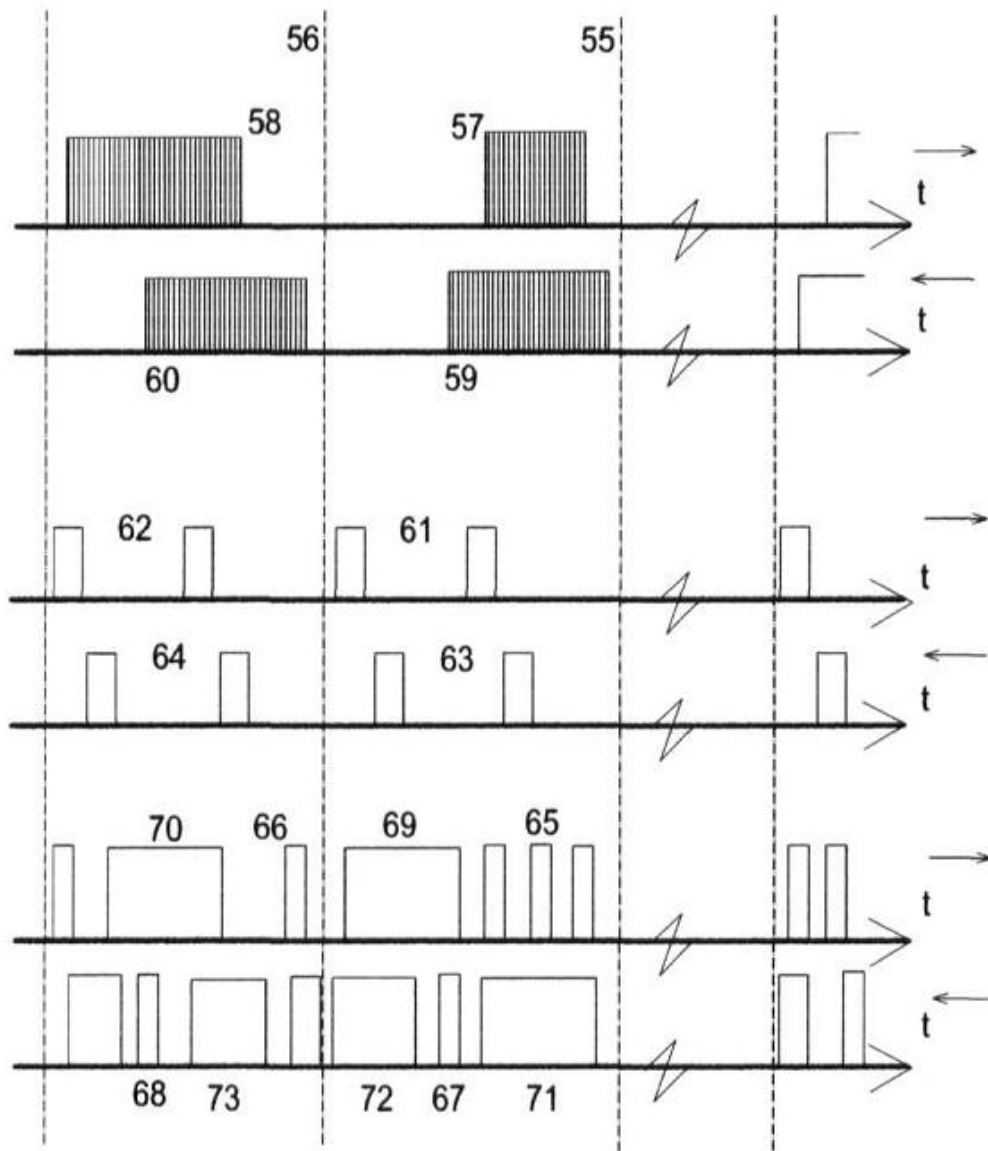


Fig. 5



Фиг. 6

Комп'ютерна верстка О. Гергіль

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601