



ANALYSIS OF SPECIALIZED NETWORKS BASED ON CAN BUS TECHNOLOGY

DOI: 10.30890/2709-2313.2025-42-04-022

Вступ

З моменту створення Карлом Бенцом в 1885 році першого у світі автомобіля з двигуном внутрішнього згоряння Benz Patent-Motorwagen [1], вони постійно вдосконалювалися, ставали зручнішими для користувачів але і складнішими у виготовленні і обслуговуванні.

У 1915 році в автомобілях Ford вперше з'явилися фари та електричний клаксон, електричний струм до яких передавався від акумулятора. А в 60-х роках ХХ століття у більшості автомобілів використовувалися тисячі проводів (рисунок 1), які були складні у монтажі та створювали додаткову вагу, яка знижувала паливну ефективність автомобіля [2].

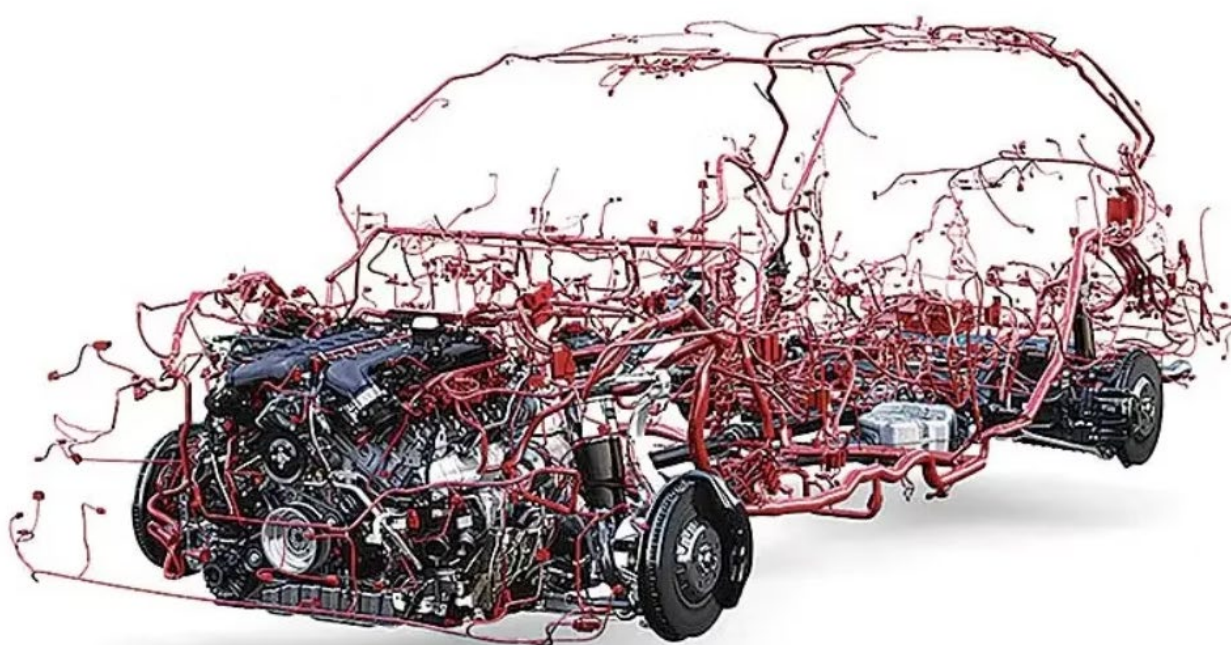


Рисунок 1 - Типова електропроводка в легковому автомобілі

Джерело: [2]

Після нафтових ембарго 70-х років ХХ століття виробники автомобілів були змушені активізувати роботи в напрямку покращення паливної ефективності



автомобілів. Тому вони почали шукати способи підвищити ефективність керування різними складовими автомобіля та зменшити вагу автомобілів, які вони виробляли [2].

2.1 Спеціалізована цифрова мережа CAN

На початку 80-х років XX століття спеціалісти компанії Bosch досліджували існуючі спеціалізовані цифрові мережі щодо можливості їх використання в легкових автомобілях. За результатами таких досліджень було прийнято рішення, що жодна існуюча в той час спеціалізована цифрова мережа не відповідає потребам виробників автомобілів [3]. В зв'язку з вищевказаним у 1983 році було розпочато розробку нової спеціалізованої цифрової мережі під керівництвом Uwe Kiencke, який був керівником відділу розвитку передових систем компанії Robert Bosch GmbH (Швібердінген, Німеччина) в період з 1981 року по 1987 рік [3,4].

Нова спеціалізована цифрова мережа повинна була додати нові функціональні можливості та забезпечити зменшення кількості джгутів проводів. Інженери компанії Mercedes-Benz, яка бажала в майбутньому впровадити розроблювану мережу в своїх автомобілях, долучилися до розробки нової спеціалізованої цифрової мережі на ранніх етапах. Також в той час до розробки спеціалізованої цифрової мережі долучилася компанія Intel як потенційний основний постачальник мікропроцесорів. Професор Horst Wettstein з Університету Карлсруе (Німеччина) надав академічну допомогу в процесі розробки спеціалізованої цифрової мережі, а професор доктор Wolfhard Lawrenz з Університету прикладних наук у Брауншвейг-Вольфенбюттелі в Німеччині (в даний час: Університет прикладних наук Остфалії), який був консультантом, дав новій спеціалізованій цифровій мережі назву “Controller Area Network” (CAN) [3].

Вважається, що спеціалізована цифрова мережа “Controller Area Network” (CAN) народилася у лютому 1986 року, коли на конгресі SAE в Детройті (США)



вона була представлена Uwe Kiencke, Martin Litschel та Siegfried Dais, як багатоточкова мережа “Automotive Serial Controller Area Network” в якій не було центрального вузла який би регулював доступ до мережі, та в якій було реалізовано механізм шинного арбітражу при якому пакет з найвищим пріоритетом без жодних затримок отримує доступ до шини Uwe Kiencke, Siegfried Dais, та Martin Litschel та працівники компанії Bosch (Wolfgang Borst, Otto Karl, Wolfgang Botzenhard, Jan Unruh, Helmut Schelling) впровадили механізми виявлення помилок, з автоматичним відключенням несправних вузлів для забезпечення зв'язку між рештою вузлів мережі. Необхідно відмітити, що в мережі CAN передані пакети ідентифікувалися не за адресами вузлів-передавачів чи вузлів-приймачів як у більшості інших спеціалізованих цифрових мережах, а за їх вмістом. Крім того, в ідентифікаторі повідомлення вказувався його пріоритет в сегменті мережі [3].

В середині 1987 року (на два місяці швидше запланованого терміну) компанія Intel випустила перший чіп CAN-контролера 82526. Необхідно відмітити, що це була перша апаратна реалізація контролера для спеціалізованої цифрової мережі CAN. Пройшло всього чотири роки з моменту початку робіт до апаратної реалізації. Через деякий час компанія Philips Semiconductors створила контролер 82C200. Ці два найдавніші CAN-контролери відрізнялися в процесах фільтрації прийняття та обробки пакетів. Концепція FullCAN, яка була реалізована в контролерах компанії Intel, забезпечувала менше навантаження на процесор мікроконтролера, ніж концепція BasicCAN реалізована компанією Philips. Проте, пристрої виготовлені за концепцією FullCAN були обмежені щодо кількості кадрів, які вони могли отримати. Контролери виготовлені за концепцією BasicCAN також потребували менше кремнію. У сучасних CAN-контролерах реалізовано поєднання обох вищевказаних концепцій фільтрації прийняття та обробки пакетів [3].

На початку 90-х років XX століття компанія Robert Bosch GmbH подала Специфікацію CAN версії 2.0 на міжнародну стандартизацію. Багато ефективних та оригінальних технічних рішень, реалізованих компанією Bosch в



спеціалізований цифровій мережі CAN, а також роки експлуатації мережі CAN у різних умовах забезпечили даній мережі світове визнання, яке в 1993 році було закріплене в міжнародному стандарті ISO 11898 [3]. Крім протоколу CAN, в даному стандарті було стандартизовано фізичний рівень для швидкості передавання даних до 1 Мбіт/с. Паралельно, у міжнародному стандарті ISO 11519-2 було стандартизовано відмовостійкий, низькоенергетичний спосіб передавання даних за допомогою спеціалізованої цифрової мережі CAN. У 1995 році стандарт ISO 11898 був доповнений описом розширеного формату кадру з 29-бітним ідентифікатором CAN [3].

У 2003 році міжнародна стандартизуюча організація ISO опублікувала переглянуті стандарти CAN: ISO 11898-1 який стандартизував “рівень каналу передавання даних CAN”, ISO 11898-2 який визначив “невідмовостійкий фізичний рівень CAN HS (високошвидкісний)”, а ISO 11898-3 стандартизував “відмовостійкий фізичний рівень CAN LS (низькошвидкісний)” [3].

В 2000 році мережа CAN була затверджена стандартом Євросоюзу EN50325 “Комунікаційні технології”. Також в 2000 році затверджено стандарт ISO 15765 “Діагностика в мережі CAN”. Даний стандарт вимагає що б у всіх автомобілях, які експлуатуються в країнах Євросоюзу, був наявний CAN-сумісний порт для стандартизованої діагностики систем автомобіля, які забезпечують безпеку руху й екологічну безпеку.

З 1991 року компанія Mercedes-Benz використовує спеціалізовану цифрову мережу CAN у своїх легкових автомобілях вищого класу. Спочатку через мережу CAN були підключені електронні блоки керування двигуном. У 1995 році компанія BMW використала спеціалізовану цифрову мережу CAN з топологією дерево/зірка у своїх автомобілях 7-ї серії [3].

На рисунку 2 схематично зображено розгортання легкого двопровідного кабеля спеціалізованої цифрової мережі CAN замість джгутів важких кабелів в попередніх типових електропроводках в легкових автомобілях, які схематично зображено на рисунку 1. З рисунка 2 і рисунка 1 видно, що системи керування автомобілем на базі спеціалізованої цифрової мережі CAN значно простіша, а



відповідно надійніша, і містить значно менше легших і дешевих двопровідних кабелів [2].

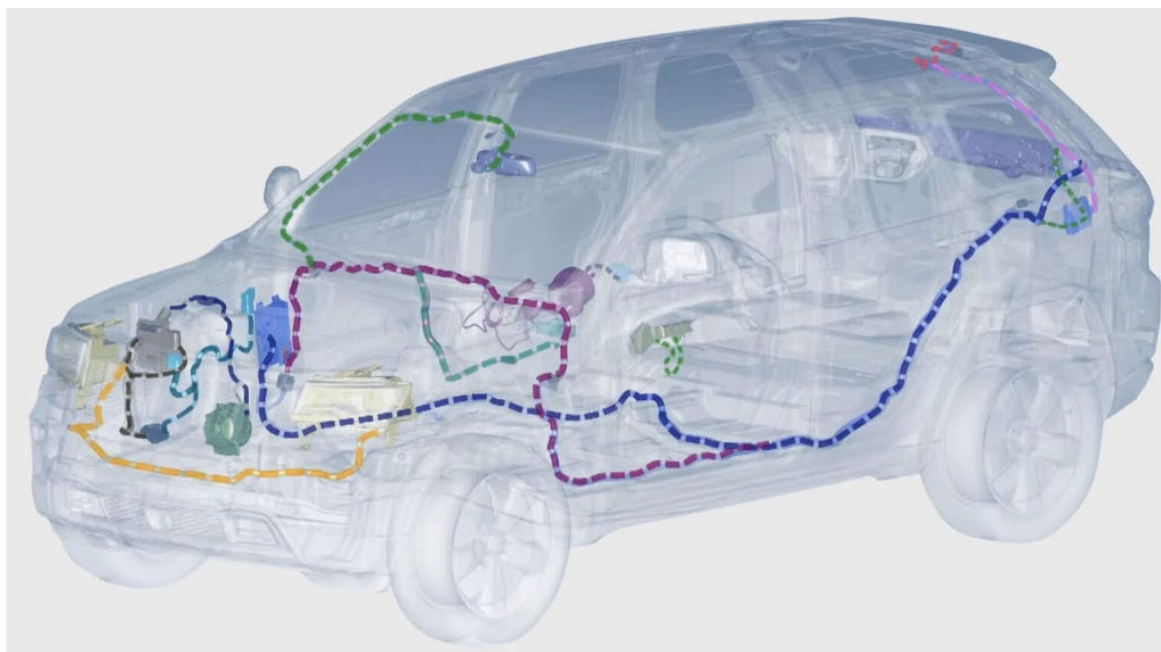


Рисунок 2 – Двопровідний кабель спеціалізованої цифрової мережі CAN

Джерело: [2]

Широке використання мережі CAN зумовлено її технічними характеристиками:

- не має теоретичного обмеження на кількість вузлів в сегменті мережі і на кількість самих сегментів в мережі, а практично всі інші спеціалізовані комп'ютерні мережі мають вказані обмеження. При чому в більшості таких мереж, в одному сегменті може бути тільки 32 або 64 вузли;

- відкрита мережа (у вільному доступі наявні специфікації на мережу від виробника). Даний факт робить мережу привабливою як для кінцевих споживачів так і для розробників технічних засобів, програмного забезпечення. Тому в широкому асортименті наявні інтерфейсні компоненти та програмне забезпечення також від незалежних постачальників. Це також створює можливість побудови працездатної мережі на основі включення компонентів від різних постачальників, а при необхідності існує можливість заміни компонентів від одного виробника на компоненти від іншого виробника;



- забезпечує можливість побудови мереж як з одним пристроєм “master” (ведучий) так і з багатьма пристроями “master” (ведучими), а більшість інших спеціалізованих комп’ютерних мереж, які використовуються на промислових заводах, можуть підтримувати роботу мережі тільки з одним пристроєм “master” (ведучий).

В мержі CAN реалізовано тільки перші два рівні моделі ISO/OSI - фізичний і канальний.

Основні характеристики мережі CAN відображено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Основні характеристики мережі CAN

Назва характеристики	Значення характеристики
Режим обміну даними	багато ведучих - багато ведених (multimaster)
Максимальна довжина сегмента, м	10 000 (підтверджена експериментально) 5 000 (згідно офіційної документації)
Максимальна швидкість передачі даних при максимальній довжині сегмента, кбіт/с	5 кбіт/с (при довжині сегменту 10 000 м) 10 кбіт/с (при довжині сегменту 5 000 м)
Кількість вузлів в одному сегменті	теоретично не обмежена
Максимальна кількість активних вузлів (ведучих)	може дорівнювати кількості вузлів в одному сегменті або бути меншою
Тип середовища передавання даних	кабель з проводами з металу, кабель з оптичним волокном, радіохвилі
Топологія мережі	шина
Стандарти, якими затверджена СЦМ	ISO 11898, ISO 11519-2, ISO 15765, EN50325
Основна сфера застосування	автомобілі
Рівні моделі ISO/OSI реалізовані в мережі	1,2

Авторська розробка

Необхідно відмітити, що мережа CAN продовжує вдосконалюватися і



розвиватися.

На початку 2011 року компанії General Motors та Bosch розпочали роботи направлені на підвищення пропускної здатності спеціалізованої цифрової мережі CAN. У співпраці з іншими експертами компанія Bosch розробила попередню специфікацію CAN FD, яка була офіційно представлена в 2012 році під час 13-ї міжнародної конференції CAN у замку Гамбах (Німеччина) [3].

Mark Schreiner з компанії Daimler надав багато пропозицій щодо вдосконалення мережі CAN FD. Багато його ідей включені в специфікацію CiA 601 щодо проектування вузлів та систем CAN FD [3].

На запит від компанії Volkswagen наприкінці 2018 року CiA (CAN in Automation) розпочала розробку третього покоління мережі CAN під назвою CAN XL. Carsten Schanze та Alexander Mueller прийняли активну участь в початковому етапі розробки мережі CAN XL. Згодом значний вклад в розробку мережі зробили Arthur Mutter (Bosch) та Ralf Hildebrand (Fraunhofer). В мережі CAN XL реалізується новий підхід щодо підключення фізичного середовища з використанням широтно-імпульсної модуляції (ШІМ) замість традиційного для мереж CAN кодування NRZ. Необхідно відмітити, що цікаві рішення в напрямку ШІМ були запропоновані Matthias Muth (експертом з компанії NXP) [3].

У 2024 році міжнародна стандартизуюча організація ISO опублікувала третю редакцію стандартів ISO 11898-1 та ISO 11898-2, де включено специфікації CAN XL (раніше CiA 610-1), CAN FD light (раніше CiA 604-1), CAN SIC (раніше CiA 601-4) та CAN SIC XL (раніше CiA 610-3) [3].

В даний час розрізняють наступні варіанти спеціалізованої цифрової мережі CAN [5]:

- низькошвидкісна мережа CAN (швидкість передавання даних: 0,125 Мбіт/с, максимальний розмір корисного навантаження: 8 байт): відмовостійка мережа CAN є недорогим рішенням, коли критично важливою є відмовостійкість;

- високошвидкісна мережа CAN (швидкість передавання даних: 1 Мбіт/с,



максимальний розмір корисного навантаження: 8 байт): “класична” мережа CAN яка сьогодні є найпоширеніша в автомобілях та техніці;

– мережа CAN FD (швидкість передавання даних: 8 Мбіт/с, максимальний розмір корисного навантаження: 64 байти): забезпечує вищу швидкість та довше корисне навантаження (не знайшла широкого розповсюдження на даний момент);

– мережа CAN XL (швидкість передавання даних: 20 Мбіт/с, максимальний розмір корисного навантаження: 2048 байт): забезпечує вищу швидкість та довше корисне навантаження та була створена щоб подолати відмінності між “класичною” мережею CAN та автомобільними мережами Ethernet (100BASE-T1).

Багато ефективних та оригінальних технічних рішень, реалізованих в спеціалізованій цифровій мережі CAN, а також роки експлуатації мережі CAN у різних умовах забезпечили даній мережі світове визнання та бажання багатьох компаній та організацій створити на її базі свою спеціалізовану цифрову мережу.

В результаті виконаних досліджень встановлено, що на базі спеціалізованої цифрової мережі CAN було створено багато інших спеціалізованих цифрових мереж:

- DeviceNet;
- CANOpen;
- SDS;
- ControlNet;
- SafetyBus p;
- CANKingdom;
- iNels;
- Duotecno;
- NMEA-2000;
- TTCAN;
- CAN Aerospace;
- GMLAN;



- VSCP;
- IDB-C;
- J1939.

Вищевказані спеціалізовані цифрові мережі створені на базі спеціалізованої мережі CAN в даний час використовуються в різних сферах - від космічних апаратів та літаків до пральних машин.

2.2 Аналіз спеціалізованих мереж, які створені на базі шинної технології CAN

2.2.1 Спеціалізована цифрова мережа CANOpen

В 1993 році європейський консорціум на чолі з компанією Bosch в рамках проекту “Esprit Aspic” почав розробляти прототип спеціалізованої цифрової мережі, яка з часом отримала назву CANopen. В проекті “Esprit Aspic” активну участь приймали професор Gerhard Gruhler з Університету прикладних наук у Ройтлінгені (Німеччина) та Mohammed Farsi з Ньюкаслського університету (Велика Британія). Після завершення проекту “Esprit Aspic” специфікацію спеціалізованої цифрової мережі CANopen було передано міжнародній організації користувачів і виробників “CAN in Automation” для подальшої розробки та підтримки. У 1995 році було випущено повністю перероблену версію мережі CANopen, яка через п’ять років стала стандартизованою вбудованою спеціалізованою цифровою мережею в Європі [3,6].

Спочатку спеціалізовані цифрові мережі CANopen використовувалися для внутрішнього зв’язку між приводами та іншими подібними пристроями. Для мережі CANopen характерна висока гнучкість. З плином часу спеціалізована цифрова мережа CANopen знайшла застосування в різних сферах: промислова автоматизація, військові транспортні засоби, морська електроніка і т.д.). Необхідно відмітити, що спеціалізована мережа CANopen, як правило, використовується в Європі [3,6]:

- деревообробні верстати та пили в Німеччині,



- ливарне обладнання в Італії;
- крани у Франції;
- лінії для виробництва сигарет у Великій Британії;
- обладнання для виробництва годинників у Швейцарії;
- вантажно-розвантажувальні машини в Австрії.

У Сполучених Штатах Америки спеціалізована цифрова мережа CANopen використовується в сортувальному обладнанні а також рекомендована для вилкових навантажувачів [3,6].

Наприкінці 90-х років XX століття мережу CANopen стали використовувати для керування друкарськими верстатами, морськими та медичними системами [3,6].

Спеціалізована цифрова мережа CANopen затверджена стандартом Євросоюзу EN 50325-4 (2003), як мережа для вбудованих систем керування машинами всіх типів [3,6].

Спеціалізована цифрова мережа CANopen створена на базі мережі CAN, яка охоплює перші два рівні семирівневої моделі ISO/OSI [7]:

- фізичний рівень: визначає типи використовуваних середовищ передавання даних (кабельні лінії), швидкості передавання даних, напруги та ін.;
- канальний рівень: відображає той факт, що мережа CAN базується на фреймах (frame-based).

Крім двох вищевказаних рівнів моделі ISO/OSI, які мережа CANopen успадкувала у мережі CAN, мережа CANopen в даний час охоплює також п'ять верхніх рівнів моделі ISO/OSI (з третього по сьомий) [7]:

- мережевий (адресація, маршрутизація);
- транспортний (надійність передавання даних від початку до кінця);
- сеансовий (синхронізація);
- презентаційний (кодування та представлення даних);
- прикладний (описує, як налаштовувати та синхронізувати пристрої в мережі CANopen).

В результаті проведеного пошуку інформації про мережу CANopen та її



аналізу було визначено основні характеристики мережі CANopen а потім їх відображено в таблиці 2.

Таблиця 2 – Основні характеристики мережі CANopen

Назва характеристики	Значення характеристики
Режим обміну даними	ведучий-ведені, багато ведучих - багато ведених (multimaster)
Максимальна довжина сегмента, м	5000
Максимальна швидкість передачі даних при максимальній довжині сегмента, кбіт/с	10
Кількість вузлів в одному сегменті	127
Максимальна кількість активних вузлів (ведучих)	127
Тип середовища передавання даних	кабель з проводами з металу
Топологія мережі	шина
Стандарти, якими затверджена СЦМ	європейський (Євросоюз) EN 50325-4
Основна сфера застосування	промисловість
Рівні моделі ISO/OSI реалізовані в мережі	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

Авторська розробка

Для мережі CANopen сформувані наступні профілі:

- модулі введення-виведення (аналогові і цифрові DSP 401);
- приводи і модулі управління переміщенням (DSP 402);
- елементи людино-машинного інтерфейсу (DSP 403);
- вимірювальні пристрої та регулятори (WD 404);
- кодери (DSP 406).

2.2.2 Спеціалізованіа цифрова мережа DeviceNet



Компанія “Allen-Bradley” (США), яка є дочірньою компанією Rockwell Automation Inc. (США), почала розробляти спеціалізовану цифрову мережу в 1992 році, при цьому до процесу розробки пропонували долучитись як стратегічним партнерам так і конкурентам. В березні 1994 року на виставці ICEE в місті Чикаго (США) компанія “Allen-Bradley” (США) представила широкому загалу спеціалізовану цифрову мережу DeviceNet. Фізичний та канальний рівні моделі ISO/OSI мережі DeviceNet базуються на технології мережі CAN, а верхні рівні моделі ISO/OSI мережі DeviceNet використовують CIP (Common Industrial Protocol) [8,9].

Перші пристрої, для спеціалізованої цифрової мережі DeviceNet, з'явилися на ринку на початку 1995 року. Згодом в 1995 році компанія “Allen-Bradley” (США) передала спеціалізовану цифрову мережу DeviceNet спеціально організованій для її підтримки асоціації ODVA (Open DeviceNet Vendor Association Inc.), яка є некомерційною організацією, що складається з сотень компаній по всьому світу (300 компаній є зареєстрованими членами і понад 800 пропонують продукти DeviceNet по всьому світу), яка підтримує, просуває та поширює спеціалізовану цифрову мережу DeviceNet та інші спеціалізовані цифрові мережі на основі CIP [8,9].

Спеціалізована цифрова мережа DeviceNet має два основні типи повідомлень [9]:

- явне повідомлення;
- циклічне введення/виведення.

Кожен з вищевказаних типів повідомлень підходить для певного типу даних [9]:

- явне повідомлення є типом неперіоритетної телеграми загального використання (як правило, використовується в несинхронних завданнях, наприклад, під час конфігурування обладнання);

- циклічний ввід/вивід є синхронним типом телеграми, яка використовується для відправлення інформації від ведучого пристрою до одного або кількох ведених пристроїв.



Циклічний ввід/вивід розрізняють за методами обміну даними [9]:

– зміна стану: обмін даними між ведучим та веденими пристроями відбувається за умови зміни контрольованої величини до певного ліміту часу. Після досягнення вищевказаного ліміту часу прийом та передавання даних відбуваються навіть без зміни контрольованої величини. Конфігурація значення змінної ліміту часу виконується в спеціальній програмі конфігурації мережі;

– циклічний: кожен обмін даними здійснюється через однакові періоди часу, незалежно від того, чи змінюються контрольовані показники чи ні. Конфігурація значення інтервалу часу через який відбувається обмін даними виконується в спеціальній програмі конфігурації мережі;

– біт-строб: метод, за якого ведучий пристрій відправляє в мережу телеграму з 8 байтами даних, де кожен біт з цих байтів представляє ведений пристрій, який має відповісти відповідно до своєї програми, якщо ведучий пристрій звертається до нього;

– опитування: метод, за якого ведучий пристрій відправляє телеграму кожному веденому пристрою зі свого списку ведених пристроїв (списку сканування). Як тільки ведений пристрій отримує запит від ведучого пристрою, тоді ведений пристрій відразу відповідає ведучому пристрою. Цей процес повторюється, доки не будуть опитані всі ведені пристрої, і цикл не почнеться заново.

Кожен вузол спеціалізованої цифрової мережі DeviceNet має файл конфігурації під назвою EDS (Electronic Data Sheet). Файл EDS зберігає важливі дані про роботу вузла мережі DeviceNet та має бути зареєстрований у відповідному конфігураційному програмному забезпеченні мережі.

В результаті проведеного пошуку інформації про мережу DeviceNet та її аналізу було визначено основні характеристики мережі DeviceNet а потім їх відображено в таблиці 3.

Спеціалізована цифрова мережа DeviceNet є недорогим, простим та ефективним рішенням для об'єднання в єдину систему різноманітних пристроїв

Таблиця 3 – Основні характеристики мережі DeviceNet



Назва характеристики	Значення характеристики
Режим обміну даними	ведучий-ведені, пристрій-пристрій, багато ведучих - багато ведених (multimaster), Producer/Consumer
Максимальна довжина сегмента, м	500
Максимальна швидкість передачі даних при максимальній довжині сегмента, кбіт/с	125
Кількість вузлів в одному сегменті	64
Максимальна кількість активних вузлів (ведучих)	64
Тип середовища передавання даних	кабель з проводами з металу
Топологія мережі	шина
Стандарти, якими затверджена СЦМ	європейський (Євросоюз) EN 50325
Основна сфера застосування	промисловість
Рівні моделі ISO/OSI реалізовані в мережі	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

Авторська розробка

промислової автоматизації незалежних виробників (фото- термодатчики, стартери, зчитувачі штрихових кодів, елементи людино-машинного інтерфейсу: клавіатури, дисплейні панелі та керуючі програмовані логічні контролери).

2.2.3 Спеціалізована цифрова мережа ControlNet

Спеціалізована цифрова мережа ControlNet була розроблена в 1997 році компанією “Rockwell Automation” (США) і згодом вона була передана організації “ControlNet International User organization” для її підтримки і розвитку [10,11].



Однак через деякий час управління та підтримка мережі ControlNet були передані ODVA (Open DeviceNet Vendors Association), щоб дана асоціація могла підтримувати та “просувати” всі спеціалізовані цифрові мережі які використовують на верхніх рівнях моделі ISO/OSI протоколи сімейства Common Industrial Protocol. Необхідно відмітити, що розробники мережі ControlNet також адаптували транспортний, мережевий, каналний фізичний рівні CIP до вимог спеціалізованої цифрової мережі ControlNet [11].

У спеціалізованій цифровій мережі ControlNet одночасно можливе відправлення даних тільки від одого вузла, що запобігає виникненню колізій при передаванні даних в мережі. ControlNet є відкритою мережею керування, яка забезпечує керування елементами систем автоматизованого керування промисловим обладнанням в режимі реального часу та високої пропускнуої здатності [11].

При використанні топології кільце вузлам у спеціалізованій цифровій мережі ControlNet призначаються MAC-адреси, за якими кожен вузол також розпізнає адреси свого попередника та наступника. В мережі ControlNet кожен вузол має встановлений час контролю токена. Коли вузол отримує контроль над токеном, він надсилає дані, до тих пір поки є в цьому необхідність або поки токен не досягне свого ліміту часу. Після цього формується новий токен, який передається наступному логічному наступнику [11,12]. Вищевказане дозволяє спеціалізованій цифровій мережі ControlNet забезпечувати детерміновану передачу даних.

В результаті проведеного пошуку інформації про мережу ControlNet та її аналізу було визначено основні характеристики мережі ControlNet а потім їх відображено в таблиці 4.

Синхронізація в спеціалізованій цифровій мережі ControlNet здійснюється за допомогою NUT або часу оновлення мережі, який залежить від постійно повторюваного часового циклу. Час оновлення мережі встановлюється в межах

Таблиця 4 – Основні характеристики мережі ControlNet



Назва характеристики	Значення характеристики
Режим обміну даними	Producer/Consumer
Максимальна довжина сегмента, м	1000
Максимальна швидкість передачі даних при максимальній довжині сегмента, кбіт/с	5000
Кількість вузлів в одному сегменті	99
Максимальна кількість активних вузлів (ведучих)	99
Тип середовища передавання даних	кабель з проводами з металу, кабель з оптичним волокном
Топологія мережі	шина, кільце, зірка, дерево
Стандарти, якими затверджена СЦМ	міжнародний ІЕС 61158, європейський (Євросоюз) EN 50170
Основна сфера застосування	промисловість
Рівні моделі ISO/OSI реалізовані в мережі	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

Авторська розробка

від 2 мс до 100 мс та включає три основні частини [11]:

- заплановану;
- незаплановану;
- захисну.

У спеціалізованій цифровій мережі ControlNet вузли містять таймери, які синхронізовані NUT, що розділяє час входу між вузлами [11].

Спеціалізована цифрова мережа ControlNet є детермінованою і відповідає критичним вимогам до синхронізованих і скоординованих програм керування рухом у реальному часі. Завдяки тому, що мережа ControlNet є детермінованою користувач може точно передбачити, коли дані будуть доставлені, а повторюваність в мережі гарантує, що час передачі є постійним і не залежить від



пристроїв, які підключаються до мережі або залишають її.

Спеціалізована цифрова мережа ControlNet є популярним рішенням для критичних за часом додатків, заснованих на технологіях компанії “Rockwell Automation” (США).

2.2.4 Спеціалізована цифрова мережа SDS

В 1988 році були розпочаті перші роботи направлені на створення мережі SDS (Smart Distributed System).

В 1991 році була сформована перша специфікація мережі SDS.

В період з 1992 по 1993 роки відбувалося бета-тестування елементів мережі.

В 1994 році спеціалізована цифрова мережа SDS була офіційно представлена споживачам.

В 1995 році було реалізовано управління мережею безпосередньо з ПК.

В 1995 році також відбулося оновлення мережі SDS до версії 2.0.

В 1996 році в мережі було реалізовано розподілене управління та автоматичну конфігурацію.

Компанія Micro Switch Division, яка є підрозділом компанії Honeywell International Inc., розробила спеціалізовану цифрову мережу SDS, для керування виконавчими механізмами та для організації взаємодії з інтелектуальними датчиками.

Спеціалізована цифрова мережа SDS створена на базі спеціалізованої цифрової мережі CAN, яка відповідає специфікації Bosch V2.0 CAN. Спеціалізована цифрова мережа SDS забезпечує роботу до 64 вузлів через одну шину (чотирьохпровідний кабель) [13].

Інтелектуальні датчики та виконавчі механізми спеціалізованої цифрової мережі SDS мають розширені функції на рівні пристроїв (зокрема, діагностику пристроїв та систем).

В результаті проведеного пошуку інформації про мережу SDS та її аналізу було визначено основні характеристики мережі SDS а потім їх відображено в таблиці 5.



Таблиця 5 – Основні характеристики мережі SDS

Назва характеристики	Значення характеристики
Режим обміну даними	ведучий-ведені, пристрій-пристрій, багато ведучих - багато ведених (multimaster)
Максимальна довжина сегмента, м	457,2
Максимальна швидкість передачі даних при максимальній довжині сегмента, кбіт/с	125
Кількість вузлів в одному сегменті	64
Максимальна кількість активних вузлів (ведучих)	64
Тип середовища передавання даних	чотирьохпровідний кабель з проводами з металу
Топологія мережі	шина
Стандарти, якими затверджена СЦМ	міжнародний IEC / CENELEC 62026-5, європейський (Євросоюз) E54.5-0997
Основна сфера застосування	промисловість
Рівні моделі ISO/OSI реалізовані в мережі	1, 2, 7

Авторська розробка

В спеціалізованій цифровій мережі SDS реалізовані три рівні моделі ISO/OSI. Прикладний рівень моделі ISO/OSI відповідає за роботу системних служб та інтерфейс для взаємодії користувачів з мережею. Необхідно відмітити, що прикладний рівень мережі SDS також оптимізований для “інтелектуальних датчиків і виконавчих пристроїв”. Канальний рівень моделі ISO/OSI надає функції та процедури для встановлення, підтримки та розриву з’єднань в каналі



передавання даних між пристроями в мережі та забезпечує передачу блоків каналу передавання даних. Фізичний рівень забезпечує електричні, механічні, функціональні та процедурні засоби для активації, підтримки та деактивації фізичних з'єднань для передавання бітів між об'єктами каналу передачі даних. Об'єкти фізичного рівня з'єднані між собою фізичним середовищем (чотирьохпровідним кабелем) [13,14].

2.2.5 Спеціалізована цифрова мережа CANKingdom

Спеціалізована цифрова мережа CANKingdom була розроблена в 1990 році компанією “KVASER-AB” (Швеція).

Спеціалізована цифрова мережа CANKingdom дає системному розробнику максимальну свободу для створення власної системи. Розробники нових систем не обмежені механізмом CSMA/AMP multi-master CAN, а мають змогу створювати нові системи, використовуючи майже будь-який тип керування шиною. CANKingdom створює широкі можливості для розробників, адже вони можуть проектувати нові модулі, не знаючи, в яку систему вони будуть згодом інтегровані [16].

В спеціалізованій цифровій мережі CANKingdom дуже важливою є нумерація повідомлень адже ідентифікатор у CAN-повідомленні не тільки ідентифікує повідомлення, а й керує доступом до шини. Також важливо, щоб структура даних у полі даних була однаковою як у передаючому, так і в приймаючому модулях. Сформувавши кілька простих правил проектування, вищевказані фактори можна повністю контролювати, а зв'язок оптимізувати для будь-якої системи. Це відбувається протягом короткого етапу налаштування під час ініціалізації системи [16].

В результаті проведеного пошуку інформації про мережу CANKingdom та її аналізу було визначено основні характеристики мережі CANKingdom а потім їх відображено в таблиці 6.

Таблиця 6 – Основні характеристики мережі CANKingdom



Назва характеристики	Значення характеристики
Режим обміну даними	ведучий-ведені
Максимальна довжина сегмента, м	5000
Максимальна швидкість передачі даних при максимальній довжині сегмента, кбіт/с	10
Кількість вузлів в одному сегменті	255
Максимальна кількість активних вузлів (ведучих)	1
Тип середовища передавання даних	кабель з проводами з металу, кабель з оптичним волокном, радіохвилі
Топологія мережі	шина
Стандарти, якими затверджена СЦМ	військовий (США) US DoD CDA 101
Основна сфера застосування	військова техніка
Рівні моделі ISO/OSI реалізовані в мережі	1, 2, 7

Авторська розробка

Мережа CANKingdom затверджена стандартом міністерства оборони США № US DoD CDA 101.

2.2.6 Спеціалізована цифрова мережа CAN Aerospace

Спеціалізована цифрова мережа CAN Aerospace розроблена в 1997 році компанією “Stock Flight Systems” [17,18].

На рисунку 3 зображено схему прокладання спеціалізованої цифрової мережі CAN Aerospace у всепогодньому рятувальному гелікоптері Eurocopter (AWRH), яка забезпечує взаємодію навігаційної системи з датчиками стану польоту та блоками керування польотом. Необхідно відмітити, що льотні



випробування довели надійність передавання даних через спеціалізовану цифрову мережу CANaerospace [17].



Рисунок 3 – Спеціалізована цифрова мережа CAN Aerospace у всепогодньому рятувальному гелікоптері Eurocopter (AWRH)

Джерело: [17]

На рисунку 4 зображено схему прокладання спеціалізованої цифрової мережі CAN Aerospace в Стратосферній обсерваторії інфрачервоної астрономії (SOFIA), яка використовується для зв'язку між системою відстеження зірок та комп'ютерами керування в реальному часі для керування телескопом (довжина мережі CANaerospace: 40 м) [17].

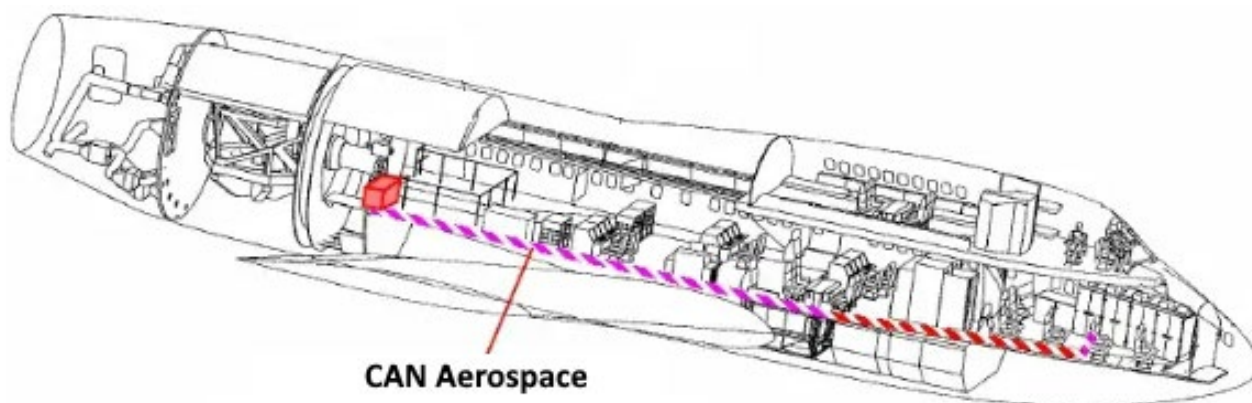


Рисунок 4 – Спеціалізована цифрова мережа CAN Aerospace у стратосферній інфрачервоній астрономічній обсерваторії SOFIA

Джерело: [17]

В результаті проведеного пошуку інформації про спеціалізовану цифрову



мережу CAN Aerospace та її аналізу було визначено її основні характеристики а потім їх відображено в таблиці 7.

**Таблиця 7 – Основні характеристики спеціалізованої цифрової мережі
CAN Aerospace**

Назва характеристики	Значення характеристики
Режим обміну даними	клієнт-сервер, пристрій-пристрій
Максимальна довжина сегмента, м	10000
Максимальна швидкість передачі даних при максимальній довжині сегмента, кбіт/с	5
Кількість вузлів в одному сегменті	255
Максимальна кількість активних вузлів (ведучих)	255
Тип середовища передавання даних	кабель з проводами з металу
Топологія мережі	шина
Стандарти, якими затверджена СЦМ	НАСА (США): “The advanced general aviation transport experiments (AGATE) Avionics Databus System Standard” (стандартизовано національним аерокосмічним агентством США НАСА під вказаною назвою в 2001 році)
Основна сфера застосування	авіатранспорт
Рівні моделі ISO/OSI реалізовані в мережі	1, 2, 7

Авторська розробка

Серед успішних застосувань спеціалізованої цифрової мережі CAN Aerospace можна відмітити [17]:

– всепогодній рятувальний гелікоптер Eurocopter AWRH (рисунок 3);



- стратосферна інфрачервона астрономічна обсерваторія SOFIA (рисунок 4);
- транспортна система малої авіації SATS;
- тренажер кабіни вертольота Eurocopter TIGER;
- система керування пасажирським люком Airbus A380;
- тренажер кабіни Eurofighter Typhoon.

Спеціалізована цифрова мережа CAN Aerospace затверджена стандартом Національного аерокосмічного агентства США “The advanced general aviation transport experiments (AGATE) Avionics Databus System Standard”.

2.2.7 Спеціалізована цифрова мережа TTCAN

Спеціалізована цифрова мережа TTCAN розроблена в 2000 році [19].

Особливою відмінністю спеціалізованої цифрової мережі TTCAN від мережі CAN на базі якої вона створена, є реалізація загальносистемного скоординованого часу мережі з високою точністю.

Спеціалізована цифрова мережа TTCAN дозволяє реалізувати детермінований в часі обмін повідомленнями.

TTCAN контролери можна розглядати як CAN контролери з синхронізацією кадру.

В спеціалізованій цифровій мережі TTCAN майстер часу періодично або під час певної події передає повідомлення синхронізації, і всі вузли використовують це повідомлення для обчислення своїх часових інтервалів для передачі та отримання своїх повідомлень. Загальний час починається з моменту передачі повідомлення синхронізації та закінчується останнім часовим інтервалом. Існує два рівні TTCAN:

- перший рівень, де годинник у кожному вузлі працює незалежно;
- другий рівень, де годинник у кожному вузлі синхронізований з годинником майстра часу мережі TTCAN, а одиниця часу є програмованою часткою секунди. При цьому загальний час називається “глобальним часом”.

В результаті проведеного пошуку інформації про мережу TTCAN та її



аналізу було визначено основні характеристики мережі TTCAN а потім їх відображено в таблиці 8.

Таблиця 8 – Основні характеристики мережі TTCAN

Назва характеристики	Значення характеристики
Режим обміну даними	ведучий-ведені, багато ведучих - багато ведених (multimaster)
Максимальна довжина сегмента, м	500
Максимальна швидкість передачі даних при максимальній довжині сегмента, кбіт/с	125
Кількість вузлів в одному сегменті	120
Максимальна кількість активних вузлів (ведучих)	120
Тип середовища передавання даних	кабель з проводами з металу
Топологія мережі	шина, зірка
Стандарти, якими затверджена СЦМ	міжнародний ISO DIS 11898-4
Основна сфера застосування	автотранспорт
Рівні моделі ISO/OSI реалізовані в мережі	1, 2

Авторська розробка

Спеціалізована цифрова мережа TTCAN використовується в рішеннях, які вимагають безпеки та гарантій у режимі реального часу, наприклад, в автомобільній промисловості для складних систем та для безпілотних літальних апаратів (БПЛА).

2.2.8 Спеціалізована цифрова мережа GMLAN

Спеціалізована цифрова мережа GMLAN (General Motor Local Area Network) розроблена компанією General Motors (США) наприкінці 1990-х років.



В результаті проведеного пошуку інформації про мережу GMLAN та її аналізу було визначено основні характеристики мережі GMLAN а потім їх відображено в таблиці 9.

Таблиця 9 – Основні характеристики мережі GMLAN

Назва характеристики	Значення характеристики
Режим обміну даними	ведучий-ведені, пристрій-пристрій, багато ведучих - багато ведених (multimaster)
Максимальна довжина сегмента, м	60
Максимальна швидкість передачі даних при максимальній довжині сегмента, кбіт/с	33,33
Кількість вузлів в одному сегменті	32
Максимальна кількість активних вузлів (ведучих)	32
Тип середовища передавання даних	кабель з проводами з металу
Топологія мережі	шина, кільце, зірка
Стандарти, якими затверджена СЦМ	-
Основна сфера застосування	автотранспорт
Рівні моделі ISO/OSI реалізовані в мережі	1, 2, 3, 4

Авторська розробка

Спеціалізована цифрова мережа GMLAN включає в себе дві CAN-шини, які підключаються одна до одної через вузол “шлюз”. Одна шина є високошвидкісною дводротовою CAN-шиною, а інша є однодротовою CAN-шиною з низькою швидкістю. Обидві CAN-шини використовують мідний дріт, щоб зменшити витрати.

Шина високої швидкості двошвидкісної шини CAN використовує диференційний сигнал для перешкодозахисту при відносно високій швидкості. Максимальна довжина шини становить 30 метрів і шина може вмістити



максимум 16 вузлів. Дана шина працює на швидкості 500 кбіт/с, а не як в мережі CAN (1 Мбіт/с), оскільки нижча швидкість дозволяє збільшити довжину шини, зменшує випромінювання та достатня для високошвидкісних вузлів автомобіля [21].

Низькошвидкісна шина CAN використовує тільки один дріт а також використовує шасі транспортного засобу як GND (землю). Використання одного проводу знижує вартість, а низька швидкість шини дозволяє використовувати недорогі 8-бітні мікроконтролери як вузли. Через нижчу швидкість 33,33 кбіт/с, шина має максимальну довжину 60 метрів і може вмістити до 32 вузлів (таблиця 9) [21].

Спеціалізована цифрова мережа GMLAN використовується в автомобілях виготовлених компанією General Motors (США).

2.2.9 Спеціалізована цифрова мережа SafetyBus p

Спеціалізована цифрова мережа SafetyBUS p була розроблена в період з 1995 року по 1999 рік компанією “Pilz GmbH und Co. KG”. Метою було модернізувати польову шину для передачі даних з точки зору безпеки. Мережа SafetyBUS p підтримується організацією користувачів Safety Network International e.V. (раніше Safety Network International e.V. SafetyBUS p Club International e.V.) з 1999 року, в якій 70 компаній-членів працюють над подальшим розвитком SafetyBUS p [22,23].

В результаті проведеного пошуку інформації про мережу SafetyBus p та її аналізу було визначено основні характеристики мережі SafetyBus p а потім їх відображено в таблиці 10.

Основною сферою використання мережі SafetyBUS p є передача даних із вмістом, пов'язаним із безпекою. SafetyBUS p використовується скрізь, де для захисту від небезпек потрібна узгодженість часу та змісту переданих даних. Небезпека може полягати у загрозі життю та здоров'ю, а також у захисті економічних активів.

Таблиця 10 – Основні характеристики мережі SafetyBus p



Назва характеристики	Значення характеристики
Режим обміну даними	ведучий-ведені
Максимальна довжина сегмента, м	3500
Максимальна швидкість передачі даних при максимальній довжині сегмента, кбіт/с	20
Кількість вузлів в одному сегменті	64
Максимальна кількість активних вузлів (ведучих)	1
Тип середовища передавання даних	кабель з проводами з металу, кабель з оптичним волокном, радіохвилі, інфрачервоні промені
Топологія мережі	шина
Стандарти, якими затверджена СЦМ	міжнародний ІЕС 61508, європейський (Євросоюз) EN 954-1
Основна сфера застосування	промисловість
Рівні моделі ISO/OSI реалізовані в мережі	1, 2, 7

Авторська розробка

2.2.10 Спеціалізована цифрова мережа NMEA-2000

Спеціалізована цифрова мережа NMEA-2000 розроблена в 2000 році [24].

Більше 40 морських організації вклали час і ресурси, щоб створити мережу NMEA-2000. Крім того, інші експерти за межами морської галузі прийняли участь у створенні мережі: компанія “Kvaser AB”, Oklahoma State University, компанія “Sun Microsystems”, а також берегова охорона США.

В результаті проведеного пошуку інформації про мережу NMEA-2000 та її аналізу було визначено основні характеристики мережі NMEA-2000 а потім їх відображено в таблиці 11.

Таблиця 11 – Основні характеристики мережі NMEA-2000



Назва характеристики	Значення характеристики
Режим обміну даними	багато ведучих - багато ведених (multimaster)
Максимальна довжина сегмента, м	200
Максимальна швидкість передачі даних при максимальній довжині сегмента, кбіт/с	250
Кількість вузлів в одному сегменті	50
Максимальна кількість активних вузлів (ведучих)	50
Тип середовища передавання даних	кабель з проводами з металу
Топологія мережі	шина
Стандарти, якими затверджена СЦМ	міжнародні IEC 61162-3, ISO 11783-3, ISO 11783-5, ISO 11898
Основна сфера застосування	водний транспорт
Рівні моделі ISO/OSI реалізовані в мережі	1, 2, 7

Авторська розробка

На рисунку 5 зображено приклад реалізації мережі NMEA-2000 на невеликому плавальному засобі [25].

Переваги спеціалізованої цифрової мережі NMEA-2000 [25]:

- передавання даних і напруги живлення 12 В відбуваються по одному кабелю шини мережі;
- прилади підключаються послідовно за топологією шина, що сприяє зменшенню кількості дротів в системах керування.

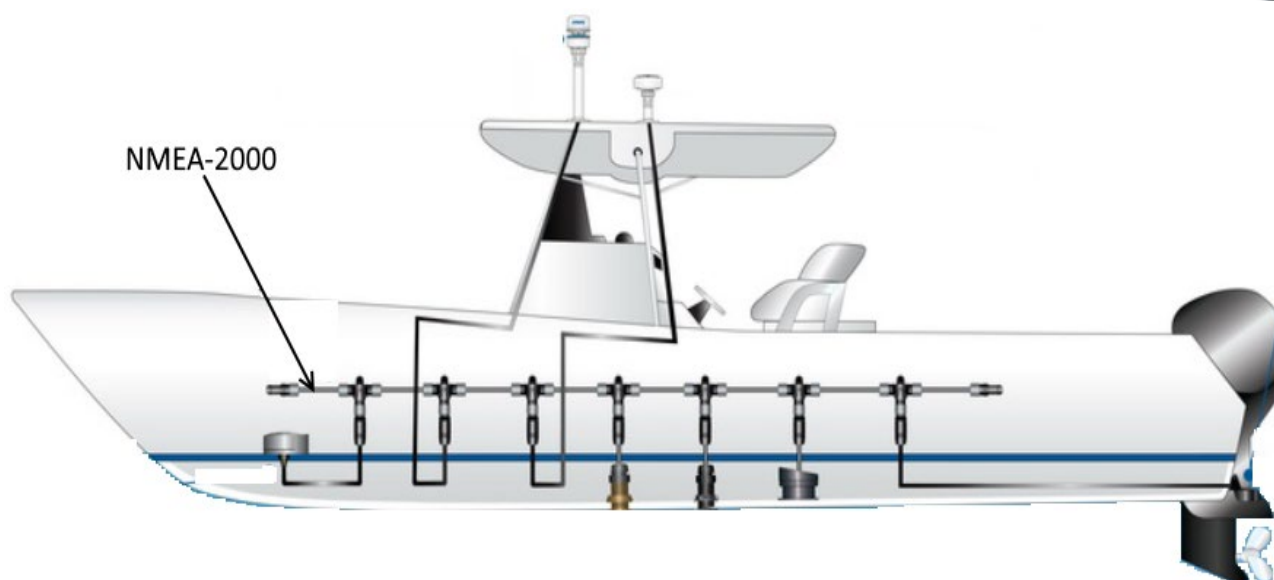


Рисунок 5 – Спеціалізована цифрова мережа NMEA-2000

Джерело: [25]

У випадку використання спеціалізованої цифрової мережі NMEA-2000 користувач може керувати будь-якими приладами які до неї підключені, а на сенсорний екран панелі керування можна отримувати інформацію з ехолоту, радару та параметри роботи мотора катера (чи іншого плавального засобу) [25].

Особливості прокладання спеціалізованої цифрової мережі NMEA-2000 [25]:

- з обох боків шини мережі мають розміщуватися термінатори (резистивне навантаження 120 Ом). Всі прилади і навіть живлення необхідно під'єднувати через верх Т-подібного конектора, як це зображено на рисунку 5. Бокові роз'єми Т-подібного конектора або слугують для продовження мережі або мають під'єднаний термінатор (резистивне навантаження 120 Ом), як це зображено на рисунку 5;

- довжина спеціалізованої цифрової мережі NMEA-2000 не обмежена, але є обмеження по довжині відгалужень для підключення окремих приладів (довжина максимального відгалуження: 6 м);

- максимальна сила струму в спеціалізованій цифровій мережі NMEA-2000 не повинна перевищувати 3А, а максимальне споживання окремого під'єданого пристрою повинно бути не більше 1 А (наприклад, якщо музичній системі



необхідно більше 1А, то вона повинна підключатися до окремої мережі живлення, а через NMEA-2000 буде здійснюватися тільки керування нею).

В мережа NMEA-2000 реалізовано:

- схему захисту пропускнуої здатності, щоб критично важливі дані завжди проходили;
- кожне повідомлення має заздалегідь визначений пріоритет;
- обмін даними між різними пристроями, виготовленими різними виробниками.

2.2.11 Спеціалізована цифрова мережа Duotecno

Спеціалізована цифрова мережа Duotecno розроблена в 1997 році компанією “Duotecno BVBA” (Бельгія).

Необхідно відмітити, що кожен модуль в мережі Duotecno має свій власний процесор, а це робить систему не залежною від центральної станції або від комп'ютера. Враховуючи, що кожен модуль має свій власний інтелект, користувач може почати створювати систему з чогось простого і в подальшому можливе необмежене розширення.

Мережа Duotecno забезпечує керування системами освітлення, сигналізації, опалення, аудіо та відео, камер безпеки і контролю доступу.

В результаті проведеного пошуку інформації про мережу Duotecno та її аналізу було визначено основні характеристики мережі Duotecno а потім їх відображено в таблиці 12.

Таблиця 12 – Основні характеристики мережі Duotecno

Назва характеристики	Значення характеристики
Режим обміну даними	багато ведучих - багато ведених (multimaster)
Максимальна довжина сегмента, м	250
Максимальна швидкість передачі даних при максимальній довжині сегмента, кбіт/с	250



Назва характеристики	Значення характеристики
Кількість вузлів в одному сегменті	64
Максимальна кількість активних вузлів (ведучих)	64
Тип середовища передавання даних	кабель з проводами з металу, силова електромережа
Топологія мережі	шина
Стандарти, якими затверджена СЦМ	-
Основна сфера застосування	"розумний будинок"
Рівні моделі ISO/OSI реалізовані в мережі	1, 2, 7

Авторська розробка

Системи “розумний будинок” на базі СЦМ Duoteco успішно були реалізовані в приватних будинках, квартирах, офісах, громадських місцях [26].

2.2.12 Спеціалізована цифрова мережа VSCP

Спеціалізована цифрова мережа VSCP (The Very Simple Control Protocol) розроблена в 2000 році компанією “Grodans Paradis AB” (Швеція) [27].

СЦМ VSCP була розроблена, зокрема, на базі мережі CAN. Причиною такої розробки є те, що мережа CAN є дуже надійною і має досить низьку вартість. Також, на думку розробників, можна легко зрозуміти принципи роботи мережі з мінімальними зусиллями [28].

СЦМ VSCP використовує і підтримує глобальні унікальні ідентифікатори для вузлів, що робить будь-який вузол ідентифікованим всюди, де він встановлений в світі.

В результаті проведеного пошуку інформації про мережу VSCP та її аналізу було визначено основні характеристики мережі VSCP а потім їх відображено в таблиці 13.

Мережа VSCP була розроблена в двох варіантах (рівнях):

- призначена для низькобюджетних машин;
- призначена для більш високого рівня і забезпечує прискорення

транспортних механізмів: таких як TCP / IP.



Таблиця 13 – Основні характеристики мережі VSCP

Назва характеристики	Значення характеристики
Режим обміну даними	багато ведучих - багато ведених (multimaster)
Максимальна довжина сегмента, м	500
Максимальна швидкість передачі даних при максимальній довжині сегмента, кбіт/с	125
Кількість вузлів в одному сегменті	254
Максимальна кількість активних вузлів (ведучих)	254
Тип середовища передавання даних	кабель з проводами з металу
Топологія мережі	шина
Стандарти, якими затверджена СЦМ	-
Основна сфера застосування	"розумний будинок"
Рівні моделі ISO/OSI реалізовані в мережі	1, 2, 7

Авторська розробка

2.2.13 Спеціалізована цифрова мережа J1939

Спеціалізована цифрова мережа J1939 в 2000 році розроблена SAE (international Society of Automotive Engineers USA). З тих пір мережа оновлювалася в 2003, 2005, 2007, 2009, 2010, 2011 роках [29,30].

В результаті проведеного пошуку інформації про мережу J1939 та її аналізу було визначено основні характеристики мережі J1939 а потім їх відображено в таблиці 14.

Мережа J1939 є стандартом комунікаційної та діагностичної мережі для різних машин. Спочатку мережа була розроблена у США для вантажівок. Ця мережа є комерційною розробкою, тому мало поширена. Мережа, як каналний рівень використовує комунікаційну шину CAN стандарту CAN 2.0b.



Таблиця 14 – Основні характеристики мережі J1939

Назва характеристики	Значення характеристики
Режим обміну даними	ведучий-ведені, пристрій-пристрій
Максимальна довжина сегмента, м	40
Максимальна швидкість передачі даних при максимальній довжині сегмента, кбіт/с	250
Кількість вузлів в одному сегменті	30
Максимальна кількість активних вузлів (ведучих)	30
Тип середовища передавання даних	кабель з проводами з металу
Топологія мережі	шина, кільце, зірка, дерево
Стандарти, якими затверджена СЦМ	міжнародні: ISO 11992 - прикладний CAN профіль для вантажівок і трейлерів; ISO 11783 - прикладний профіль для с/г і лісничих машин
Основна сфера застосування	автотранспорт
Рівні моделі ISO/OSI реалізовані в мережі	1, 2, 3, 7

Авторська розробка

Використовуються лише розширені ідентифікатори (29 біт). В даний час мережа знаходить широке застосування у сільськогосподарській техніці, автобусах, вантажних автомобілях.

2.2.14 Спеціалізована цифрова мережа IDB-C

IDB-C є непатентованою спеціалізованою цифровою мережею для передачі віртуальних токенів, розроблена для того, щоб розрізнені споживчі, автомобільні



та комерційні електронні компоненти могли спілкуватися та обмінюватися інформацією через стандартну відкриту шину даних.

В результаті проведеного пошуку інформації про мережу IDB-C та її аналізу було визначено основні характеристики мережі IDB-C а потім їх відображено в таблиці 15.

Таблиця 15 – Основні характеристики мережі IDB-C

Назва характеристики	Значення характеристики
Режим обміну даними	з передачею маркера
Максимальна довжина сегмента, м	не визначено (в межах автомобіля)
Максимальна швидкість передачі даних при максимальній довжині сегмента, кбіт/с	250
Кількість вузлів в одному сегменті	16
Максимальна кількість активних вузлів (ведучих)	16
Тип середовища передавання даних	кабель з проводами з металу
Топологія мережі	шина
Стандарти, якими затверджена СЦМ	міжнародний SAE J2366
Основна сфера застосування	автотранспорт
Рівні моделі ISO/OSI реалізовані в мережі	1, 2, 3, 7

Авторська розробка

Спеціалізована цифрова мережа IDB-C (ITS Data Bus on CAN – Intelligent Transportation Systems (ITS) Data Bus on CAN) в 2001 році розроблена Підкомітетом фізичного рівня шини даних ITS (IDB) Комітету IDB SAE (international Society of Automotive Engineers USA). Завданнями підкомітету є розробка інформаційних звітів, рекомендованих практик і стандартів щодо вимог, дизайну та використання пристроїв, які передають електронні сигнали та керують інформацією між пов'язаними з ІТС компонентами в середовищі



транспортного засобу [31,32].

Вважається, що використання мережі IDB-C не повинно обмежуватися застосуванням в автомобілях, вантажівках, автобусах, сільськогосподарській техніці.

2.2.15 Спеціалізована цифрова мережа iNels

Спеціалізована цифрова мережа iNels розроблена компанією “ELKO EP s.r.o. (Чехія)”.

Всі елементи мережі iNels підключені до її шини зв'язку. В мережі iNels на 1 та 2 рівнях моделі ISO/OSI використовується шина зв'язку CAN. Швидкість шини встановлюється на швидкість 125 кбіт/с, що забезпечує достатню пропускну здатність і швидку систему реагування таким чином, щоб користувач не відчував затримки. Основним елементом мережі iNels є центральний блок, який управляє роботою всіх компонентів в системі і забезпечує підключення до ПК або зв'язок з локальною мережею, а також підключення до мобільних телефонів через GSM шлюз.

Для мережі iNels рекомендовано використовувати кабель CAN BUS Unitronics 2x2x0.5 або J-Y (St) Y 2x2x0.8 або UTP (FTP, STP) 4x2x0.5 і т.д. Перетин дроту для шини повинен становити не менше 0,5 мм. Екранований кабель повинен бути використаний при установці кабелів шини в середовищі з електромагнітними перешкодами.

В результаті проведеного пошуку інформації про мережу iNels та її аналізу було визначено основні характеристики мережі iNels а потім їх відображено в таблиці 16 [33-35].

З таблиць 2-16 видно, що не зважаючи на те, що всі проаналізовані спеціалізовані цифрові мережі створені на базі шинної технології CAN, вони мають досить багато відмінностей (в тому числі досить суттєвих), але разом з тим і мають певні особливості що роблять їх доцільними і ефективними при вирішенні певних завдань.



Таблиця 16 – Основні характеристики мережі iNels

Назва характеристики	Значення характеристики
Режим обміну даними	ведучий-ведені
Максимальна довжина сегмента, м	550
Максимальна швидкість передачі даних при максимальній довжині сегмента, кбіт/с	125
Кількість вузлів в одному сегменті	192
Максимальна кількість активних вузлів (ведучих)	1
Тип середовища передавання даних	кабель з проводами з металу, радіохвилі
Топологія мережі	шина, зірка
Стандарти, якими затверджена СЦМ	-
Основна сфера застосування	"розумний будинок"
Рівні моделі ISO/OSI реалізовані в мережі	

Авторська розробка

Висновки

Проведений аналіз показав, що можливості мереж, які створені на базі шинної технології CAN, дуже сильно відрізняються і тому їх можна ефективно використовувати в різних сферах для різних завдань. З іншої сторони оскільки на базі шинної технології CAN розроблено багато різних спеціалізованих цифрових мереж, тому користувачам дуже важко обрати необхідну мережу для вирішення конкретного завдання. В зв'язку з вищевказаним в подальшому необхідно:

– дослідити основні характеристики спеціалізованих цифрових мереж, які створені на базі шинної технології CAN, та визначити за якими з них потрібно



здійснити класифікацію;

– розробити класифікацію спеціалізованих цифрових мереж, які створені на базі шинної технології CAN;

– розробити алгоритм вибору спеціалізованої цифрової мережі, яка створена на базі шинної технології CAN.