

**ЛЕКЦІЯ № 7**  
з навчальної дисципліни

**Тема лекції: МІЖМАШИНИ КОМУНІКАЦІЇ M2M**

**Питання лекції**

1. Загальні принципи M2M
- 2 Стандартизація M2M
- 3 Комунікації малого радіусу дії NFC
- 4 Промислові мережі для реалізації M2M
- 5 Сучасний стан та перспективи застосування M2M

**1 Загальні принципи M2M**

Міжмашинна взаємодія (машинно-машинна взаємодія, англ. Machine-to-Machine, M2M) - загальна назва технологій, які дозволяють машинам обмінюватися інформацією одна з одною, або ж передавати її в односторонньому порядку в автоматичному режимі між пристроями без участі людини. При всьому своєму практичному різноманітті, ідея машино-машинної взаємодії може бути зведена до простої схеми з трьох елементів. Уявіть собі цифровий пристрій (**машину**) **A**, зайнятий збором будь-якої інформації. Зібрані відомості передаються через канал зв'язку **B** (провідний або безпроводний) на пристрій (**машину**) **C**, що знаходиться від пристрою **A** на деякому віддаленні, і яка виробляє аналіз отриманих даних і зберігання результатів, а при необхідності і генерацію керуючих команд для пристрою **A** (рис. 7.1) . Працює така схема без участі людини (машина спілкується з машиною), звідки і назва: M2M. Хоча правильніше було б використовувати більш точне скорочення - M2 (CN2) M (Machine-to- (Communication-Network-to-) Machine), що однозначно вказує на обов'язкову наявність в міжмашинних комуніках деякої телекомунікційної мережі.

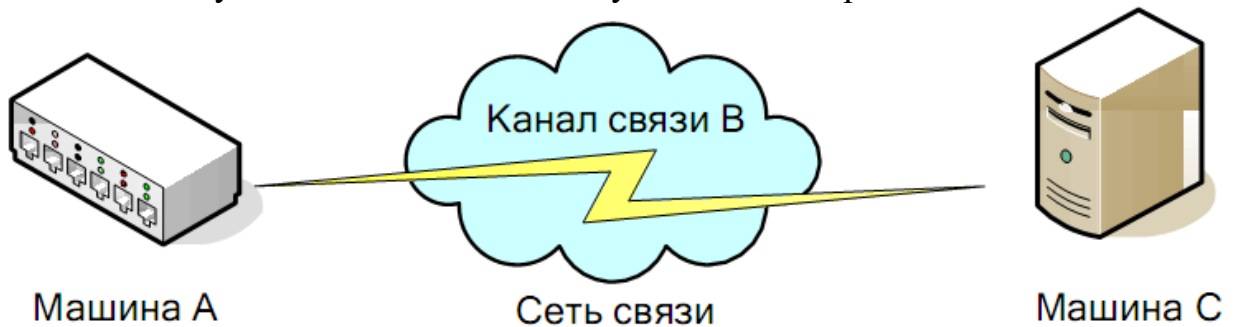


Рис. 7.1 - Ідея зв'язку «Машина - машина» M2M

Багато хто розглядає M2M як окремий випадок IoT, а деякі навпаки - Інтернет речей як варіант реалізації міжмашинних комунікацій. Ми будемо дотримуватися першого підходу, так як Інтернет Речей - термін набагато ширший, що має на увазі не тільки взаємодію з пристроями, людьми і речами, але і забезпечення цієї взаємодії додатковими контекстами, такими як географічні, часові координати і т.п.

Точну дату появи систем M2M назвати досить складно. Однією з перших розробок M2M, інтегрованих з бездротовими рішеннями, вважається OmniTRACS - рішення американської компанії Qualcomm, створене в 1989 році для відстеження комерційного транспорту.

Виключення людини з електронних комунікацій машин, зведення її ролі до пасивної ролі спостерігача - *принципово важливий момент*. Людина ненадійна – вона повільна, схильна помилятися, швидко втомлюється, тому виключення людини з інформаційної системи дозволяє побудувати набагато більш ефективні електронні комплекси. Однак аж до кінця XX століття саме людина залишалася головним генератором і головним споживачем інформації на Землі. І тільки за останній час ситуація істотно змінилася - M2M-функціональність з'явилася в мільйонах пристроїв.

Концепція M2M об'єднує телекомунікаційні та інформаційні технології для автоматизації різних технологічних і бізнес процесів. M2M технології застосовуються в самих різних сферах - в енергетиці, логістиці, вантажоперевезеннях, фінансах, торгівлі, безпеці, менеджменті, охороні здоров'я, освіті та ін. У транспортній сфері технології M2M використовуються, наприклад, для діагностики двигунів, моніторингу транспорту, супутникового стеження за автотранспортом, ГЛОНАСС/GPS контролю водіїв і вантажів та ін. Характерними прикладами використання M2M в побуті є вимір і передача показників лічильників витрати енергоресурсів (електроенергії, води, газу і т.п.), забезпечення безпеки будинку (охоронна і пожежна сигналізація, контроль протікання води).

Для реалізації міжмашинної комунікацій використовуються всі можливі середовища передачі даних: електричні лінії, волоконно-оптичні лінії, радіолінії. Одним з широко використовуваних підкласів M2M є міжмашинна взаємодія з використанням мобільних рішень, для нього також може використовуватися аббревіатура M2M (англ. Mobile-to-Mobile або Mobile-to-Machine). Використання бездротових M2M- комунікацій дає очевидні переваги. По-перше, можливість моніторингу та управління віддаленими об'єктами, до яких не вигідно прокладати дротове з'єднання. По-друге, можливість оперативно і досить просто підключати нові пристрої без додаткових витрат. Ну і нарешті, це управління об'єктами там, де використання проводів неможливо в принципі (наприклад, для моніторингу і управління рухомими об'єктами).

## 2 Стандартизація M2M

Міжмашинні комунікації є найважливішою складовою Інтернету речей.

В даний час можна виділити понад 140 організацій, що прямо або побічно беруть участь в процесах стандартизації M2M.

У 2007 р технічний комітет ETSI підготував ряд документів, що визначають випадки застосування M2M для електронної охорони здоров'я e-Health, інтелектуальних лічильників, для споживачів, а також терміни та визначення, вимоги до послуг M2M і функціональну архітектуру мережі M2M. За версією ETSI, machine-to-machine (або mobile-to-machine) - це симбіоз телекомунікаційних та інформаційних технологій для автоматизації бізнес-процесів і створення послуг з доданою вартістю VAS (Value Added Service), спрямованих на управління інформаційними та технологічними процесами в різних областях життєдіяльності суспільства.

Функціональна архітектура M2M представлена в стандарті ETSI TS 102 690. Вона розділена на **два домени**: домен пристроїв і шлюзів M2M і мережевий домен (рис. 7.2).

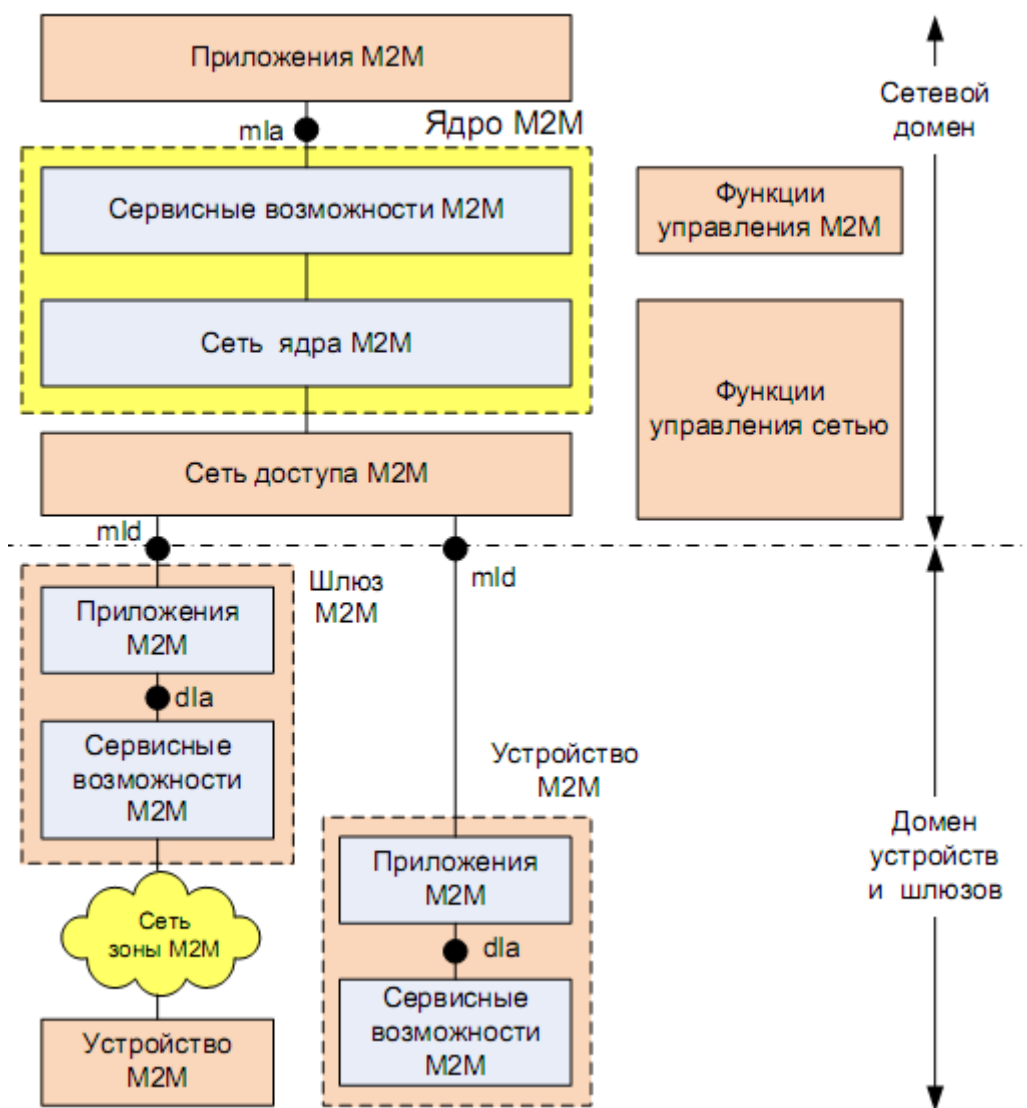


Рис. 7.2 - Високорівнева архітектура ETSI M2M (джерело: ETSI)

*Домен пристроїв і шлюзів M2M* включає в себе наступні елементи:

1. *Пристрій M2M* - підтримує M2M додатки і використовує сервісні можливості M2M. Пристрої M2M підключаються до мережного домену наступними способами:

а) пряме з'єднання - пристрій M2M підключається до мережного домену через мережу доступу, при цьому пристрою M2M доступні такі процедури, як реєстрація, аутентифікація, авторизація, управління і ініціалізація в межах мережевого домену.

M2M пристрій може надавати сервіси інших пристроїв, прихованим від мережевого домену;

б) шлюз в якості мережевого проксі-сервера - пристрій M2M підключається до мережного домену через шлюз M2M. До шлюзу пристрої M2M підключаються через доступну мережу пристроїв M2M. В цьому випадку шлюз відіграє роль проксі-сервера. Через проксі-сервер доступні такі процедури, як аутентифікація, авторизація, управління і ініціалізація.

У загальному випадку пристрій M2M може підключатися до мережного домену через різні шлюзи M2M.

2. *Мережа доступу M2M* - забезпечує зв'язок між пристроями M2M і шлюзами M2M. Прикладами мереж M2M можуть служити персональні мережі (PAN), такі як IEEE 802.15.1, ZigBee, Bluetooth, IETF ROLL, ISA100.11a або локальні мережі, такі як PLC, M-BUS, Wireless M-BUS і KNX.

3. *Шлюз M2M* - підтримує програми M2M і використовує сервісні можливості M2M. Шлюз виступає в якості проксі-сервера між пристроєм M2M і мережевим доменом. Шлюз M2M може надавати сервіси інших пристроїв, прихованим від мережевого домену.

*Мережевий домен складається з наступних елементів:*

1. *Мережа доступу M2M* - дозволяє пристроям M2M і шлюзів M2M взаємодіяти з транспортною мережею. Мережа доступу M2M використовує xDSL, HFC, супутникові мережі, GERAN, UTRAN, eUTRAN, W-LAN, WiMAX і інші технології.

2. *Транспортна мережа M2M* забезпечує:

IP-з'єднання і можливо інші способи комунікацій;

функції управління послугами та мережею;

взаємодію з іншими мережами;

роумінг послуг;

надання різних наборів послуг;

Транспортна мережа M2M може бути реалізована, наприклад, на базі таких стандартів, як 3GPP, ETSI TISPAN, 3GPP2 і ін.

3. Сервісні можливості M2M забезпечують:

надання функцій M2M, які можуть використовуватися різними додатками;

розширення функцій через набір відкритих інтерфейсів;

використання функціональності ядра мережі;

спрощення та оптимізація розробки та впровадження програм.

4. Додатки M2M - реалізують логіку послуг і використовують сервісні можливості M2M послуг через відкриті інтерфейси.

5. Функції управління мережею - включають функції, необхідні для управління мережами доступу та транспортною мережею, включаючи ініціалізацію, адміністрування, управління збоями і ін.

6. Функції управління M2M - складаються з функцій, необхідних для управління сервісними можливостями M2M в мережевому домені. Управління пристроями M2M і шлюзами включає в себе специфічні сервісні можливості M2M:

набір функцій управління M2M включає функцію завантаження послуг M2M (Service Bootstrap, MSBF), реалізованої на відповідному сервері. Роль MSBF полягає в спрощенні початкового завантаження постійних облікових даних з безпеки на M2M пристрій (або M2M шлюз) і використанні сервісних можливостей M2M в мережевому домені;

постійні облікові дані безпеки, завантажені за допомогою MSBF, зберігаються в безпечному місці, яке називається сервером аутентифікації M2M (M2M Authentication Server, MAS). У ролі такого сервера може виступати AAA сервер. Функція MSBF може бути реалізована на MAS сервері або на іншій пристрої, взаємодіючій при цьому з MAS за допомогою відповідного протоколу (наприклад, Diameter в разі використання AAA сервера).

Стандарт TS 102-690 визначає три інтерфейсних точки в функціональній архітектурі M2M (рис 4.3):

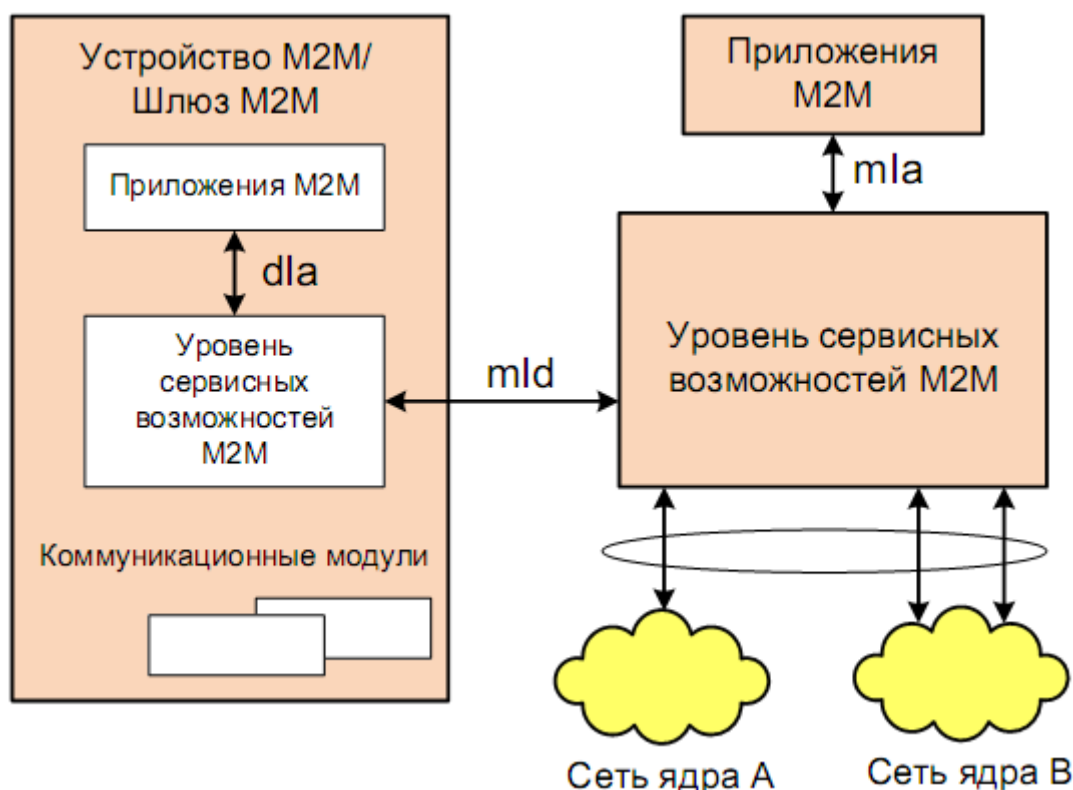


Рис. 7.3 - Інтерфейсні точки функціональної архітектури M2M (джерело: ETSI)

1. Точка (інтерфейс) m1a - між мережевим додатком NA (Network Application) і сервісними можливостями мережевого домену та додатків M2M. Вона забезпечує примітивні реєстрації і авторизації для NA, управління сервісними сесіями (звітність про події або поточних сесіях) і примітивні читання/запису/виконання / підписки / повідомлення для об'єктів або груп об'єктів, розташованих безпосередньо в пристроях M2M або шлюзах, а також для груп об'єктів, керованих мережевими доменом.

2. Точка (інтерфейс) d1a між:

а) додатком пристрої DA (Device Application) і сервісними можливостями M2M в тому самому пристрої M2M або в шлюзі M2M;

б) додатком шлюзу GA (Gateway Application) і сервісними можливостями M2M в тому ж шлюзі M2M.

Інтерфейс d1a виконує функції реєстрації та авторизації для додатків DA і GA в пристрої/шлюзі, управління сервісними сесіями (звіт про подію або поточні сесії) і примітивні читання / запису / виконання / підписки / повідомлення для об'єктів або груп об'єктів розташованих безпосередньо в пристроях M2M або шлюзах, а також для груп об'єктів, керованих за допомогою пристрою / шлюзу.

3. Інтерфейс m1d між пристроєм M2M або шлюзом і сервісними можливостями M2M в мережевому домені і додатків. m1d виконує функції реєстрації та авторизації для додатків DA і GA в ядрі M2M, управління сервісними сесіями (звіт про подію або поточні сесії) і примітивні читання / запису / виконання / підписки / повідомлення для об'єктів або груп об'єктів розташованих безпосередньо в пристроях M2M або шлюзах, а також для груп об'єктів, керованих за допомогою пристроїв, шлюзів або можливостей ядра мережі.

У 2012 році був створений Глобальний партнерський проект oneM2M, що сприяє формуванню загальнодоступних і загальноновизнаних технічних специфікацій і технічних звітів, що відносяться, перш за все, до рівня послуг M2M (M2M Service Layer).

В рамках проекту oneM2M створені чотири робочі групи за наступними напрямками розробки: технічні вимоги; архітектура; безпека; управління, загальне опису об'єктів і їх семантика. Результати роботи цих груп поки носять попередній характер і документи, що розробляються, знаходяться на стадіях узгодження. Ініціатива oneM2M передбачає в ідеалі формування єдиного стандарту послуг M2M. Також передбачається формування єдиних підходів до взаємодії з учасниками ринку послуг передачі інформації, вертикальними ринками і розробниками програмних архітектур.

### **3 Комунікації малого радіусу дії NFC**

Технологія зв'язку на малих відстанях NFC (Near Field Communication) - спільна розробка компаній NXP Semiconductor і Sony - являє собою комбінацію декількох існуючих безконтактних технологій радіочастотної

(РЧ) ідентифікації та зв'язку. Ця технологія - просте розширення стандарту безконтактних карт, яка об'єднує інтерфейс смарткарти і зчитувача в єдиний пристрій. Пристрій NFC може підтримувати зв'язок і з існуючими смарткартами і зчитувачами стандарту ISO 14443, і з іншими пристроями NFC, і таким чином сумісно з існуючою інфраструктурою безконтактних карт, вже використовується в громадському транспорті і платіжних системах. NFC націлена, насамперед, на використання в мобільних телефонах. Технологія NFC дозволяє обмінюватися різною інформацією, наприклад, номерами телефонів, картинками, музичними файлами або ключами цифрової авторизації між двома розташованими близько один до одного пристроями з підтримкою NFC. Це можуть бути будь-які портативні пристрої, а також смарткарти або зчитувальні пристрої RFID. Дана технологія може використовуватися в якості ключа доступу до даних або сервісів, таких як безготівкова оплата або електронний замок.

Модель надання послуг з використанням технології NFC доцільно розглядати в контексті розвитку технологій мереж зв'язку. Сьогодні орієнтиром розвитку може служити концепція мереж наступного покоління NGN / IMS / 4G / 5G. Вона передбачає рівневу архітектуру з розподілом на шари (Stratum) - транспортний, послуг зв'язку та додатків. Перші два шари реалізуються засобами мереж зв'язку. Шар додатків являє собою сукупність всіх прикладних послуг, які формуються і надаються користувачам особистими постачальниками.

Додатки, що формують контент для послуг на основі NFC, знаходяться в шарі додатків і взаємодіють з функцією підтримки специфіки цих додатків (middleware) в шарі послуг. Остання додає до базової функціональності послуги свою функціональність, необхідну для доставки мережевої послуги користувачеві.

Послуги з використанням технології NFC (як, втім, і багато інших у мобільному зв'язку і в мережі Інтернет) припускають наявність в апараті користувача деяких спеціальних функцій, що відносяться тільки до цієї групи послуг. Іншими словами, додатки не можуть бути реалізовані звичайними засобами мереж зв'язку, а вимагають присутності в терміналі користувача спеціальної програми (мидлета), яка, з одного боку, здійснює взаємодію з інтерфейсом NFC, а з іншого - використовує функцію підтримки додатків в мережевому обладнанні. За рахунок цього рівнева структура, представлена в рекомендаціях MCE-T і ETSI, розширюється (рис. 7.4).

Інтерфейс NFC стандартизований на нижніх рівнях. Інтерфейси UNI (User-Network Interface) і ANI (Application Network Interface) представляють еталонні точки, в яких може бути присутнім той чи інший фізичний інтерфейс відповідно з конкретною реалізацією. Щоб зробити систему відкритою, необхідно стандартизувати високорівневі рішення на інтерфейсі NFC і в еталонних точках UNI і ANI, тобто стандартизація повинна стосуватися процедур взаємодії та форматів повідомлень на рівні додатків.

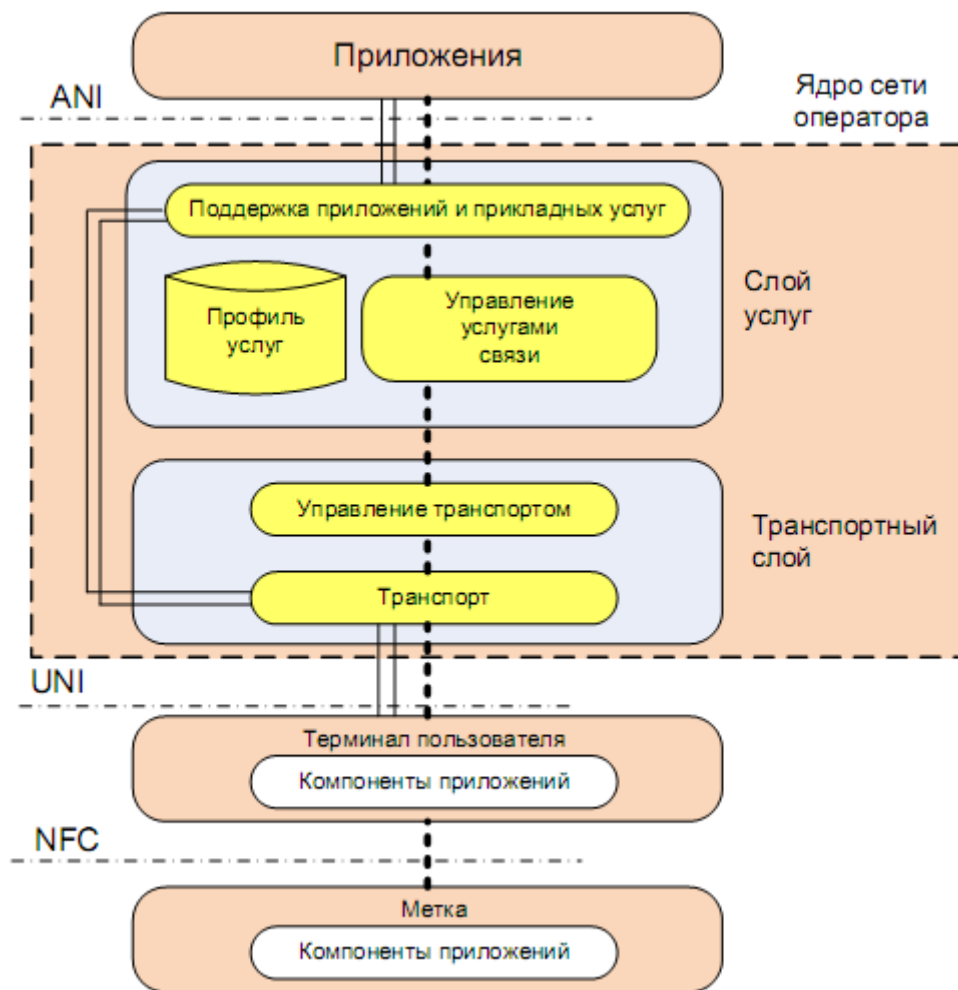


Рис. 7.4 - Місце технології NFC в архітектурі мережі NGN

Частота роботи системи NFC - 13,56 МГц, швидкість передачі - 106 кбіт/с (можливі 212 кбіт/с і 424 кбіт/с) на відстані приблизно 10 см. На відміну від існуючих технологій безконтактної зв'язку на даному діапазоні частот, які дозволяють передавати інформацію тільки від активного пристрою до пасивного, NFC забезпечує обмін між двома активними (рівноправними) пристроями. Таким чином, NFC можна використовувати для доступу до пристроїв радіочастотної ідентифікації RFID.

В основі технології NFC лежить індуктивний зв'язок (рис. 7.5). Сигнал піддається амплітудній маніпуляції ООК (On-Off Keying) з глибиною 100% або 10% і фазовій маніпуляції BPSK. При передачі інформації пасивному пристрою використовується амплітудна маніпуляція ASK (Amplitude Shift Keying). При обміні з активним пристроєм обидва пристрої рівноправні і виступають в якості полінгових. Кожен пристрій має власне джерело живлення, тому сигнал несучої відключається відразу після закінчення передачі.



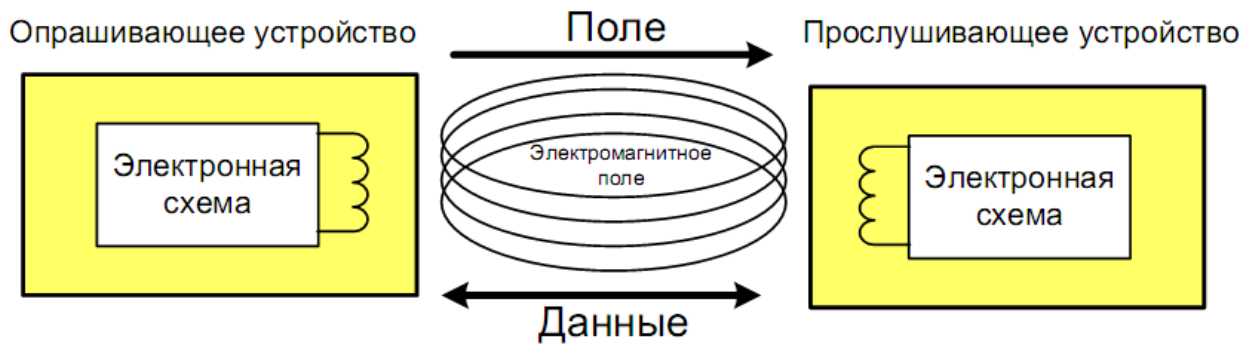


Рис. 7.5 - Принцип обміну даними за технологією NFC

За рахунок індуктивного зв'язку між опитуваним і прослуховуваними пристроями пасивний пристрій впливає на активний. Зміна імпедансу прослуховуваного пристрою викликає зміну амплітуди або фази напруги на антені опитувального пристрою, який він виявляє. Цей механізм називається модуляцією навантаження. Вона виконується в режимі прослуховування із застосуванням допоміжної несучої 848 кГц. Залежно від стандарту застосовується амплітудна (ASK для 14443 А) або фазова маніпуляція (BPSK для 14443 В). Ще один пасивний режим, сумісний з FeliCa, здійснюється без допоміжної піднесучої з маніпуляцією ASK на частоті 13,56 МГц.

*У NFC визначено три основні режими роботи:*

1. Пасивний (емуляція смарт-карти). Пасивний пристрій поводить як безконтактна картка одного з існуючих стандартів. Такий режим економить батарею живлення і дозволяє використовувати NFC навіть при вимкненому живленні. NFC можна використовувати для всіх тих застосувань, для яких використовуються безконтактні карти, а сумісність з картковими стандартами, дозволяє використовувати вже існуючу інфраструктуру.

2. Передача між рівноправними пристроями (режим P2P - Person to Person). Проводиться обмін між двома пристроями, при цьому за рахунок власного джерела живлення у прослуховуваній пристрою можна використовувати NFC навіть при вимкненому живленні опитувального пристрою.

3. Активний режим (читання або запис).

У кожному режимі може застосовуватися один з трьох способів передачі: NFC-A, NFC-B, NFC-F. Для розпізнавання способу передачі ініціює пристрій посилає запит.

Характеристики режимів кодування і модуляції наведені в табл. 7.1.

Таблиця 7.1 Характеристики режимів NFC

Стандарт	Тип устройства	Кодирование	Модуляция	Скорость передачи кбит/с	Несущая, МГц
NFC-A	Опрашивающее	Модифицированный код Миллера	ASK 100%	106	13,56
	Прослушивающее	Манчестер	Модуляция нагрузки (ASK)	106	13,56 ± 848 кГц
NFC-B	Опрашивающее	NRZ-L	ASK 10%	106	13,56
	Прослушивающее	NRZ-L	Модуляция нагрузки	106	13,56 ± 848 кГц
	вающее		(BPSK)		
NFC-F	Опрашивающее	Манчестер	ASK 10%	212/424	13,56
	Прослушивающее	Манчестер	Модуляция нагрузки (ASK)	212/424	13,56 (без поднесущей)

У пассивному режимі використовуються мітки NFC - пасивні пристрої, призначені для обміну з активними NFC-пристроями. Як і мітки RFID, мітки NFC застосовуються для зберігання невеликої кількості даних. Всього визначено 4 типи міток NFC (табл. 7.2).

Таблиця 7.2 Типи міток NFC

Тип метки	1	2	3	4
Стандарт	14443 A	14443 B	JIS 6319-4	14443 A/B
Совместимый продукт	Innovision Topaz	NXP Mifare	Sony FeliCa	NXP DESFire, SmartMX-JCOP, др.
Скорость передачи, кбит/с	106	106	212, 424	106, 212, 424
Объем памяти	96 байт, расширение до 2 кбайт	48 байт, расширение до 2 кбайт	До 1 Мбайта	До 32 кбайт
Защита от коллизий	Нет	Есть	Есть	Есть

Для використання сервісу NFC необхідний вбудований в мобільний телефон спеціальний модуль або додаткові пристрої, такі як NFC-стікери і модулі. Стікери можна прикріпити до корпусу телефону. Стікери бувають пасивні та активні.

Пасивні не можуть здійснювати обмін даними з мобільним телефоном і, отже, не дають можливості запису інформації в NFC-пристрій по каналах зв'язку мобільного оператора (через SMS або через мобільний Інтернет). Активні використовують канал зв'язку Wi-Fi або Bluetooth для зв'язку з телефоном: це або підвищене енергоспоживання, або необхідність підзарядки модуля окремо. Загальний недолік зовнішніх модулів - це наявність кріплення.

У модулі NFC є мікропроцесор (рис. 7.6), який забезпечує надійне зберігання сервісних додатків, криптографічний захист і підтримує три основних каналу зв'язку:

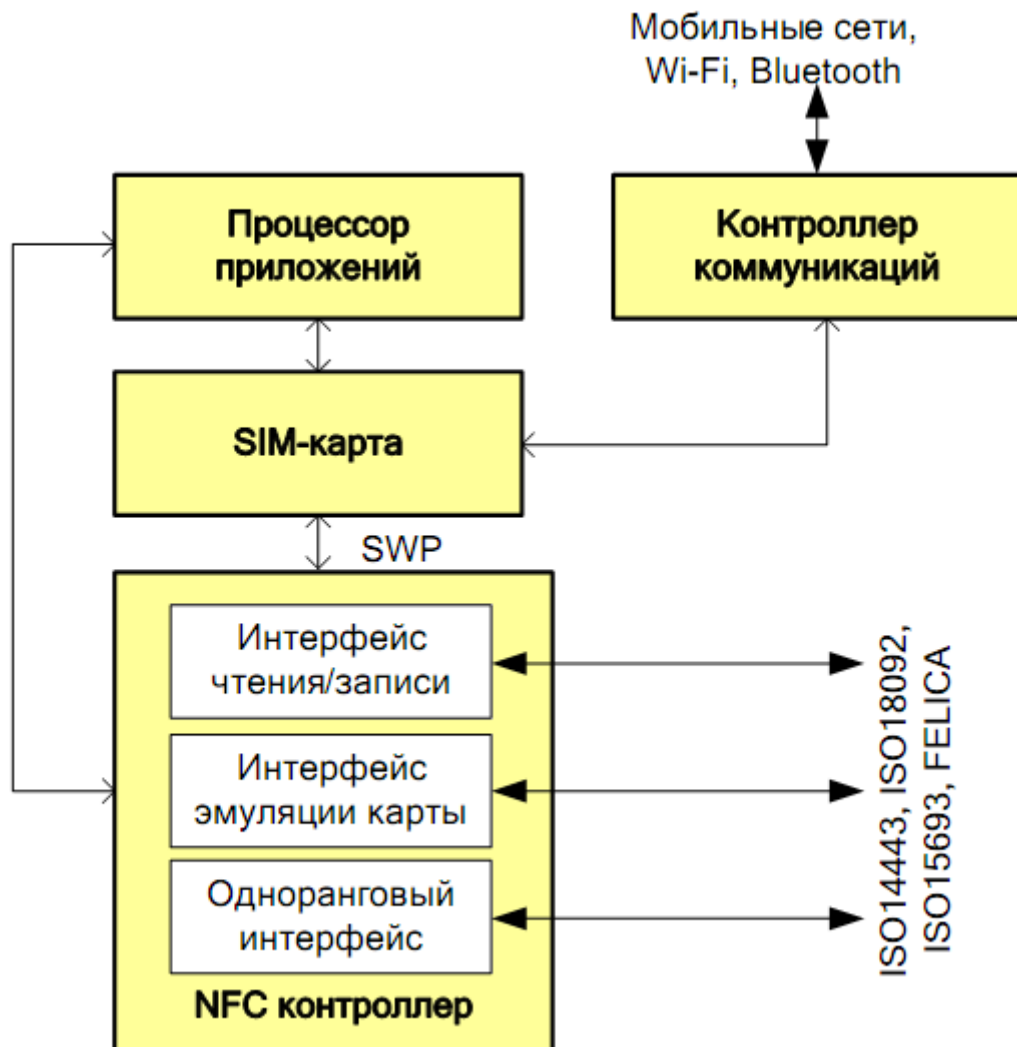


Рис. 7.6 - Структурна схема мобільного телефону з модулем NFC

- NFC для безконтактних транзакцій;
- інформаційний потік з TSM («Trusted Service Manager») через мережу мобільного оператора;

- обмін даними з користувачем через призначений для користувача інтерфейс - мобільний додаток телефону.

Сервісні програми - програмні модулі (платіжні, транспортні, карт лояльності та інші) зберігаються в елементі безпеки, захищені ключами від несанкціонованого доступу.

Технологія NFC призначена в першу чергу для портативних пристроїв. Вона є логічним продовженням і розвитком технології RFID. Безсумнівна перевага NFC - простота використання. Для обміну інформацією необхідно піднести пристрої близько один до одного. Суттєва перевага NFC над технологією Bluetooth - коротший час встановлення з'єднання.

Особливо велика область додатків, які можна отримати завдяки поєднанню технології NFC з можливостями мобільного зв'язку. Це і різні схеми електронної комерції (включаючи продаж і контроль квитків на транспорті, на видовищних заходах і т.п.), і різноманітні платні і безкоштовні довідково-інформаційні послуги, реклама, дистанційні системи контролю, електронні гроші, посвідчення особистості, мобільна торгівля, електронні ключі і т.п. Мобільні телефони можуть використовуватися для отримання по мережі стільникового рухомого зв'язку якогось контенту, який потім передається через інтерфейс NFC на стаціонарні термінали, забезпечені відповідним інтерфейсом, наприклад текст - на принтер, відеокліпи - на телевізор і т.д. Деякі стандартні сфери використання технології наведені в табл. 7.3.

Таблиця 7.3 Застосування технології NFC

Область применения	Примеры
Оплата с помощью мобильного телефона	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Покупка билетов или оплата такси</li> <li>• Работа с бесконтактными терминалами продаж (платежные системы)</li> <li>• Хранение чеков в памяти телефона</li> </ul>
Телефон как электронный ключ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Для прохода в здание (контроль доступа)</li> <li>• Для доступа к ПК</li> <li>• Для автомобиля</li> <li>• Для создания офиса дома</li> </ul>
Передача данных	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Обмен электронными визитками</li> <li>• Печать фотографий напрямую с фотоаппарата</li> </ul>
Электронная блокировка	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Доступ к глобальным сетям или Bluetooth</li> </ul>
Доступ к данным	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Загрузка расписаний с электронного табло на телефон</li> <li>• Загрузка карт на телефон</li> <li>• Считывание навигационных координат</li> </ul>
Хранение электронных билетов на мобильном телефоне	<ul style="list-style-type: none"> <li>• В театр, на аттракцион или на какое-либо мероприятие</li> </ul>

Споживча суть технології NFC стосовно мобільної комерції, яка залучає сьогодні найбільшу увагу фахівців, полягає в можливості розміщення постачальником товарів / послуг / інформації безлічі порівняно простих і дешевих пристроїв з інтерфейсом NFC (міток) в місцях, зручних для бізнесу постачальника.

Мітки можуть використовуватися самостійно або як доповнення до платіжного терміналу або іншого пристрою. При піднесенні телефону, оснащеного інтерфейсом NFC, до мітки активується обмін інформацією між міткою і телефоном, в результаті чого програмний додаток (мидлет), записаний в телефонному апараті, без участі абонента взаємодіє з інформаційною системою постачальника. Все різноманіття можливих послуг NFC через оператора мобільного зв'язку укладається в рамки наступних основних сценаріїв:

- запит і отримання безкоштовної інформації будь-яким користувачем;
- запит і отримання безкоштовної інформації авторизованим користувачем;

запит платної послуги з відстроченим її отриманням (наприклад, покупка електронного квитка);  
 запит і негайне отримання платної послуги (прохід через турнікет);  
 отримання замовленої раніше і оплаченої послуги (використання електронного квитка).

Як приклад на рис. 7.7 показаний сценарій запиту і негайного отримання платної послуги з використанням мобільного телефону з функцією NFC.

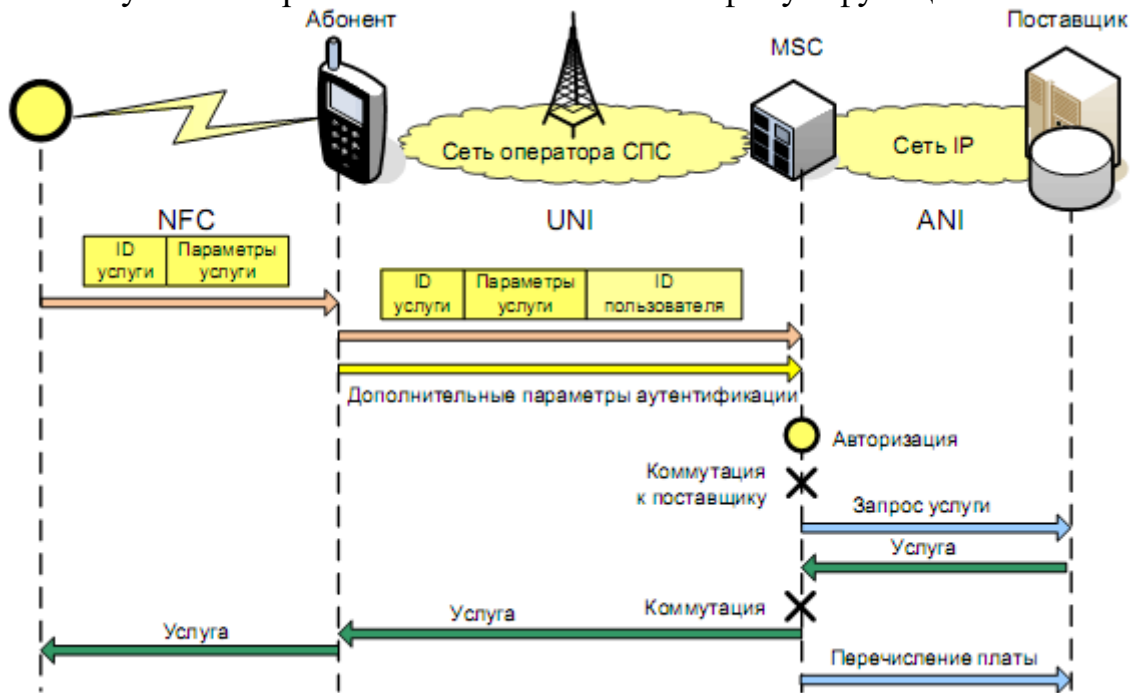


Рис. 7.7 - Сценарій запиту і негайного отримання платної послуги за допомогою NFC

Інтерфейс NFC на рівні додатків повинен як мінімум забезпечувати передачу ідентифікатора послуги і, якщо буде потрібно, параметрів послуги. У телефонному мідлеті інформація, отримана від мітки, передається в центр комутації мобільного зв'язку (MSC), де повинна бути перевірена допустимість запитаної послуги для даного абонента. На основі ідентифікатора (ID) послуги визначається адреса, по якому передається запит постачальнику послуги. У відповідь постачальник відправляє відповідний контент, який після виконання в MSC контрольних процедур направляється абоненту.

#### 4 Промислові мережі для реалізації M2M

Промислової мережею називають комплекс обладнання і програмного забезпечення, які забезпечують обмін інформацією (комунікацію) між декількома пристроями (різні датчики, виконавчі механізми, промислові контролери) в рамках промислової автоматизованої системи. Промислова мережа є основою для побудови розподілених систем збору даних і управління на промислових підприємствах. За кордоном для позначення промислових мереж часто використовується термін *Fieldbus*, дослівно -

«польова шина». термін вживається переважно в автоматизованій системі управління технологічними процесами (АСУ ТП).

Промислові мережі використовуються для:

передачі даних між датчиками, контролерами і виконавчими механізмами;

діагностики і віддаленої конфігурації датчиків і виконавчих механізмів;  
калібрування датчиків;

живлення датчиків і виконавчих механізмів;

зв'язку між датчиками, виконавчими механізмами, ПЛК та АСУ ТП верхнього рівня.

Промислові мережі можуть взаємодіяти зі звичайними комп'ютерними мережами, зокрема використовувати глобальну мережу Інтернет.

Промислові мережі відрізняються від традиційних локальних обчислювальних мереж (ЛОМ), що розміщуються в організаціях і установах, такими властивостями:

спеціальним конструктивним виконанням, забезпечує захист від пилу, вологи, вібрації, ударів;

широким температурним діапазоном (зазвичай  $-40 \div +70$  °С);

підвищену міцність кабелю, ізоляції, роз'ємів, елементів кріплення;

підвищеною стійкістю до дії електромагнітних завад;

можливістю резервування для підвищення надійності;

підвищеною надійністю передачі даних;

можливістю самовідновлення після збою;

детермінованістю (визначеністю) часу доставки повідомлень;

можливістю роботи в реальному часі (з малої, постійної і відомою величиною затримки);

роботою з довгими лініями зв'язку (від сотень метрів до кількох кілометрів).

Промислові мережі зазвичай не виходять за межі одного підприємства. Однак з появою Ethernet і Інтернет для промислових мереж стали застосовувати ту ж класифікацію, що і для ЛВС: LAN, MAN, WAN.

В даний час налічується більше 50 типів промислових мереж. Однак широко поширеними є тільки частина з них. В Україні більшість АСУ ТП використовують мережі Modbus і Profibus. В останні роки зріс інтерес до мереж на основі CANopen і DeviceNet. Поширеність в Україні тієї чи іншої промислової мережі пов'язана, в першу чергу, з перевагами і активністю фірм, що продають імпортоване обладнання. Оскільки в промисловій автоматизації мережеві інтерфейси можуть бути невід'ємною частиною пристроїв, що з'єднуються, а мережеве програмне забезпечення прикладного рівня моделі OSI виповнюється на основному процесорі промислового контролера, то відокремити мережеву частину від пристроїв, що об'єднуються в мережу, іноді фізично неможливо. З іншого боку, зміну однієї мережі на іншу часто можна виконати за допомогою заміни електричного кабелю ПО і мережевого адаптера або введенням перетворювача інтерфейсу,

тому часто один і той же тип програмованого логічного контролера (ПЛК) може використовуватися в мережах різних типів.

З'єднання промислової мережі з її компонентами (пристроями, вузлами мережі) виконується за допомогою інтерфейсів. Найбільш важливими параметрами інтерфейсу є пропускна здатність і максимальна довжина кабелю, що підключається.

Промислові інтерфейси зазвичай забезпечують гальванічну розв'язку між сполучаються пристроями. Найбільш поширені в промисловій автоматизації послідовні інтерфейси RS-485, RS-232, RS-422, Ethernet, CAN, HART, AS-інтерфейс.

Для обміну інформацією взаємодіючі пристрої повинні мати однаковий протокол обміну. Для більшості промислових мереж стек протоколів реалізований за допомогою спеціалізованих мережевих мікросхем або вбудований в універсальний мікропроцесор.

Взаємодія пристроїв в промислових мережах виконується відповідно до моделей клієнт-сервер або видавець-передплатник (виробник-споживач) (рис. 7.8).

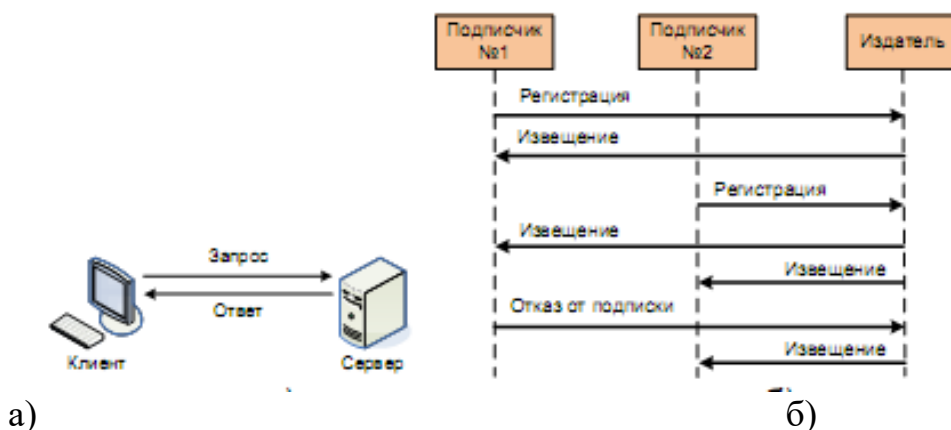


Рис 7.8 - Схеми взаємодії пристроїв в промислових мережах: а) клієнт сервер; б) видавець-передплатник

В моделі клієнт-сервер взаємодіють два об'єкти (рис. 7.8а). Сервером є об'єкт, який надає сервіс, тобто який виконує деякі дії за запитом клієнта. Мережа може містити кілька серверів і кілька клієнтів. Кожен клієнт може посилати запити більш ніж одного сервера кожен сервер може відповідати на запити декількох клієнтів. Ця модель зручна для передачі даних, які з'являються періодично або в заздалегідь певний час, як, наприклад, значення температури в періодичному технологічному процесі. Однак ця модель незручна для передачі подій, що випадково виникають, наприклад, події, що складається в випадкового спрацьовування датчика рівня, оскільки для отримання цієї події клієнт повинен періодично, з високою частотою, запитувати стан датчика і аналізувати його, перевантажуючи мережу марним трафіком.

У моделі взаємодії видавець-передплатник є один видавець і безліч передплатників (рис. 7.8б). Передплатники при реєстрації повідомляють



видавцеві список міток (Тегів), значення яких вони хочуть отримувати за визначеним розкладом або по мірі появи нових даних. Кожен клієнт може підписатися на свій набір тегів. Відповідно до встановленого розкладу видавець розсилає передплатникам повідомлення з запитуваною інформацією.

У будь-якої моделі взаємодії можна виділити пристрій, який управляє іншим (підлеглим) пристроєм. Пристрій, що проявляє ініціативу в обміні, називають провідним або головним (master). Пристрій, який відповідає на запити майстра, називають веденим або підлеглим (slave). Ведене пристрій ніколи не починає комунікацію першим. Воно чекає запиту від ведучого і тільки відповідає на запити.

Наприклад, в моделі клієнт-сервер клієнт є провідним, сервер - підлеглим. У моделі видавець-передплатник на етапі підписки провідним є клієнт, а на етапі розсилки публікацій - сервер.

У мережі може бути одне або декілька провідних пристроїв. Такі мережі називається, відповідно, одномастерними або багатомастерними. У багатомастерній мережі виникає проблема вирішення конфліктів між пристроями, що намагаються одночасно отримати доступ до середовища передачі інформації. Конфлікти можуть бути дозволені методом передачі маркера, як, наприклад, в мережі Profibus, методом побітного порівняння ідентифікатора (використовується в CAN), методом прослуховування мережі (використовується в Ethernet) і методом запобігання колізій (використовується в бездротових мережах).

У всіх мережах застосовується широкомовлення без певної адреси, тобто всім учасникам мережі. Такий режим використовується зазвичай для синхронізації процесів в мережі, наприклад, для одночасного запуску процесу введення даних усіма пристроями введення або для синхронізації годин.

Деякі мережі використовують Багатоабонентський режим, коли одне й те саме повідомлення надсилається кільком пристроям. Мережі можуть мати топологію зірки, кільця, шини або змішану. Зірка в промисловій автоматизації використовується рідко. Кільце використовується в основному для передачі маркера в багатомастерних мережах. Шинна топологія є загальноприйнятою, що є однією з причин застосування терміна «промислова шина» замість «промислова мережа». До загальної шини в різних місцях може бути підключено будь-яку кількість пристроїв. Характеристики найбільш поширених типів промислових мереж наведені в табл. 7.4.

Табл. 4.4 - Характеристики промышленных сетей

Протокол	Кол-во ведущих узлов	Топология	Макс. длина сегмента	Макс. скорость	Кол-во проводов	Макс. кол-во станций	Макс. блок данных	Стандарт
ASI	один	шина/дерево	100 м	167 кбит/с	2	32	4 бита	EN50295
CAN	много	шина	500 м /125 кбит/с; 40 м / 1 Мбит/с	1 Мбит/с	2	64	8 байт	ISO 11898 ISO 11519
Device Net	много	шина	500 м/125 кбит/с; 100 м/500 кбит/с	500 кбит/с	4	64	8 байт	Открыт. спецификации
Foundation Fieldbus	много	шина	2000 м, 9,5 км -общая	31,25 кбит/с	2	240	246 байт	Открыт. спецификации
HART	два	шина	100 м	1200 бит/с	2	15	25 байт	Открыт. спецификации
Profibus PA	один	шина	1,9 км	93,75 кбит/с	2	32	246 байт	EN50170
Profibus DP	много	шина	1 км/12 Мбит/с (4 повторит)	12 Мбит/с	2	127	246 байт	EN50170
Modbus+	много	шина	1,8 км	1 Мбит/с	2	32	32 байта	Фирменный

### 5 Сучасний стан та перспективи застосування M2M

Оцінки і прогнози розвитку ринку M2M-обладнання вкрай оптимістичні, а потенціал розвивається M2M-індустрії дуже великий. На даному етапі технологія M2M продовжує активно розвиватися, системи стали більш

високоінтелектуальними, а сфера їх застосування практично безмежно розширилася. Зросли можливості практичної реалізації різних M2M-рішень також завдяки зниженню вартості на пристрої бездротового зв'язку, підвищенню їх продуктивності і функціональності.

Здатність управляти віддаленими пристроями за допомогою бездротового сигналу дозволила звести до мінімуму залежність від місцезнаходження і часу. Останнє покоління M2M-модулів забезпечує підтримку таких базових технологій, як GSM / GPRS, GPS, Bluetooth, ZigBee і ін.

Сьогодні M2M-обладнання дуже широко використовується в охоронних системах, воно стало невід'ємною частиною багатьох правоохоронних структур. Впровадження даної технології дозволяє забезпечити максимально швидко реакцію спецслужб при спробі угону автомобіля або злочину квартири. Сигнал про подію передається по мережі GSM на диспетчерський пульт черговому оператору у вигляді SMS-повідомлення або голосового сигналу, одночасно можливо сповіщення власника. Особливо відчутна підтримка M2M систем в погано телефонізованих районах.

Крім моніторингу стаціонарних об'єктів застосування M2M можливо в системах мобільного позиціонування. Таксопарки, вантажоперевізники і багато інших компаній можуть відслідковувати переміщення своїх автомобілів в реальному масштабі часу, отримувати інформацію про їх технічний стан, коригувати маршрути, тим самим, прискорюючи доставку вантажу. Крім того при виникненні аварії автоматичне повідомлення із зазначенням місця події миттєво прямує в службу порятунку (наприклад, системи екстреного реагування при аваріях: американська - E911, європейська - eCall).

Мобільні системи M2M давно і успішно використовуються в банківському секторі. Наприклад, банкомати або платіжні термінали можуть автоматично передавати необхідну інформацію по GSM-мереж, а якщо у них, а також якщо закінчилася чекова папір або готівку, або ж навпаки, що готівки занадто багато і потрібно приїзд інкасаторів. Застосовувати M2M можна і в аграрному комплексі, датчики моніторингу вологості ґрунту дозволять зробити витрата води максимально економічним і ефективним.

А система «розумний будинок» давно перетворилася з мрії в реальність, її численні переваги може оцінити кожен бажаючий. Модулями зв'язку постачають безліч різних датчиків контролю температури, рівня освітленості, механічного напруги мостів, тиску в трубопроводах, датчиків вогню і диму і т.д.

У системах M2M використовуються різні бездротові технології зв'язку. Найчастіше застосовуються публічні мережеві комунікації (стільникові, супутникові, Ethernet і WiFi), в той час як технології, оптимізовані для індивідуальних пристроїв - наприклад, ZigBee і Bluetooth - все ще використовуються порівняно рідко (рис. 7.9).

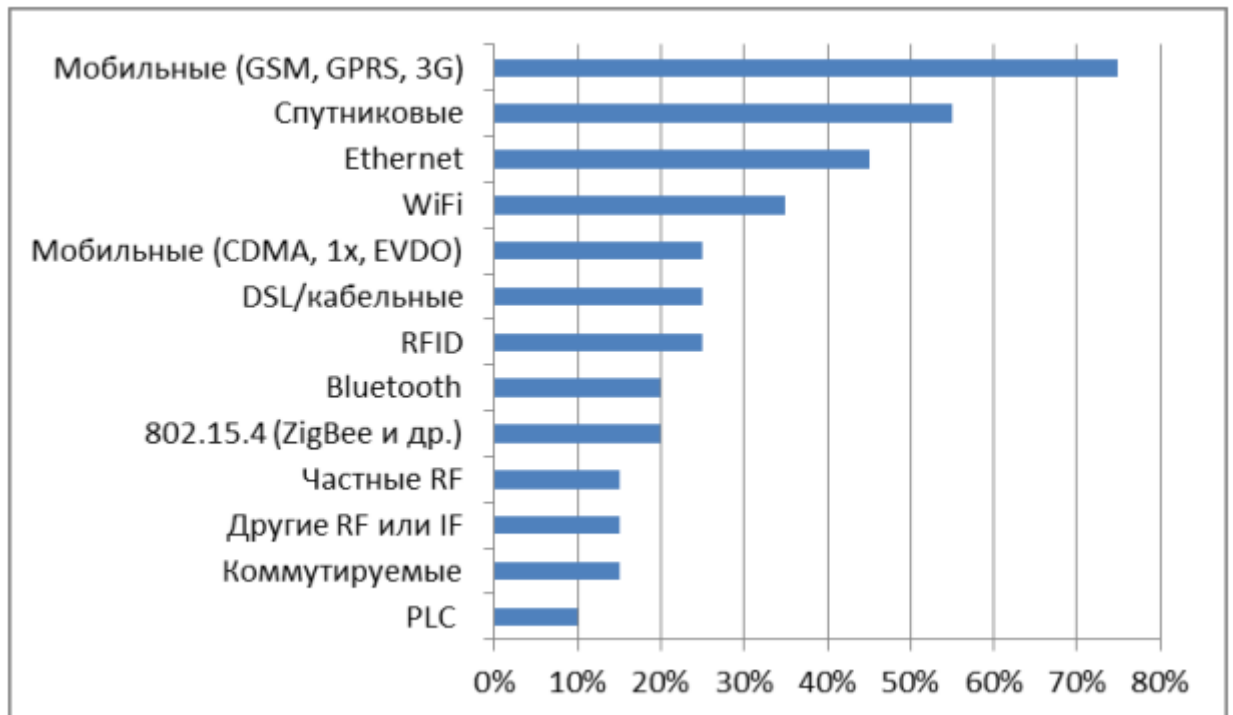


Рис. 7.9 - Частка бездротових технологій, що використовуються в системах M2M

#### Контрольні питання по лекції 7

1. У чому полягає основна особливість міжмашинної взаємодії M2M?
2. Що включає функціональна архітектура M2M стандарту ETSI?
3. Які інтерфейсні точки стандартизовані у функціональній архітектурі M2M?
4. У чому особливість технології зв'язку на малих відстанях NFC?
5. Який принцип обміну даними за технологією NFC?
6. Вкажіть три основні режими роботи технології NFC.
7. Які бувають типи міток NFC? У чому їхня відмінність?
8. У чому особливість промислових мереж для реалізації M2M?
9. Які моделі взаємодії пристроїв застосовуються в промислових мережах?
10. Які режими і топології використовуються в промислових мережах?
11. Наведіть приклади застосування технологій M2M.