

Актуальність

Необхідність створення засобів для реалізації IoT, що функціонують на базі мереж існуючих операторів мобільного зв'язку.

Мета роботи полягає у реалізації варіантів побудови IoT на базі існуючих операторів мобільного зв'язку.

Об'єктом дослідження є процеси, що відбуваються у системах мобільного зв'язку.

Предметом дослідження є методи і засоби реалізації IoT на базі існуючих операторів мобільного зв'язку.

Задачі дослідження

- ✓ провести аналіз концепції Інтернету-речей;
- ✓ провести огляд існуючих стандартів мобільного зв'язку;
- ✓ вивчити специфікації мобільного зв'язку 3GPP для IoT;
- ✓ вивчити технології мобільного зв'язку для IoT;
- ✓ запропонувати варіанти реалізації IoT на базі сучасних операторів мобільного зв'язку;
- ✓ зробити висновок за результатами досліджень.

Наукова новизна полягає у новому підході реалізації IoT на базі новітніх мікропроцесорних систем із застосуванням існуючих мобільних мереж.

Практичне значення одержаних у результаті наукового дослідження полягає у пропозиції варіантів побудови IoT на базі існуючих операторів мобільного зв'язку.

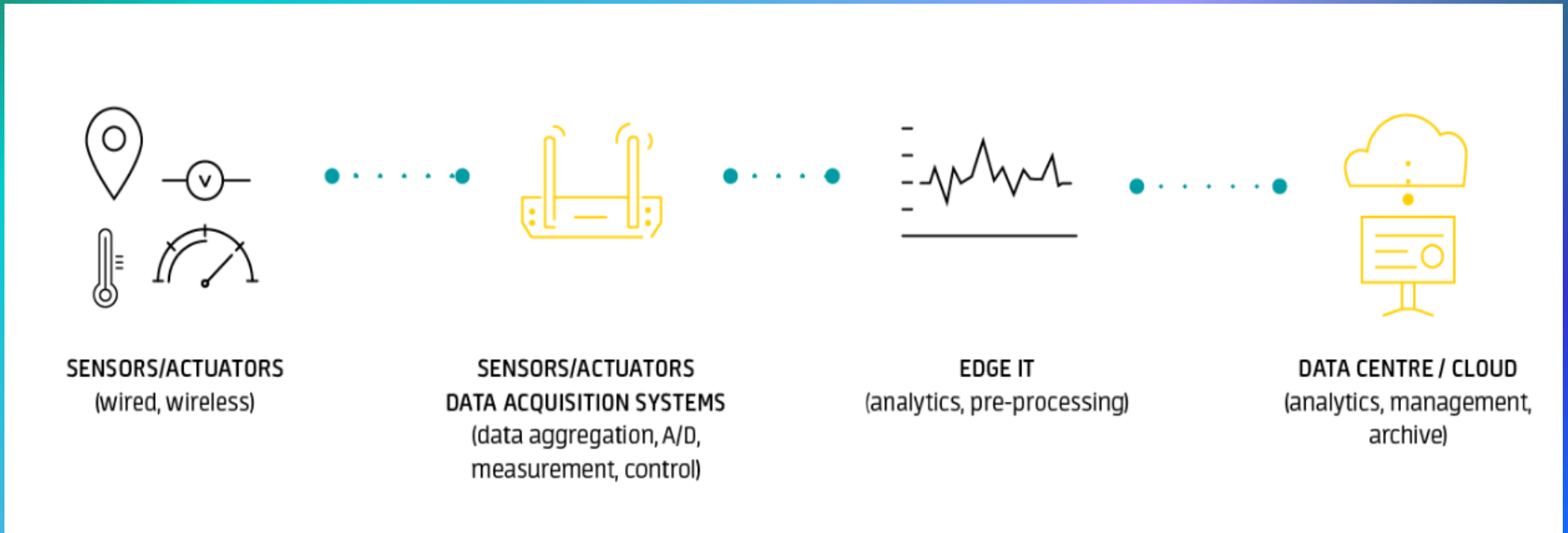
Концепція IoT

У загальному випадку, під Інтернетом речей розуміється безліч різноманітних приладів, датчиків, пристроїв, які об'єднані в мережу за допомогою будь-яких доступних каналів зв'язку, що використовують різні протоколи взаємодії і єдиний протокол доступу до глобальної мережі.

Базові принципи IoT

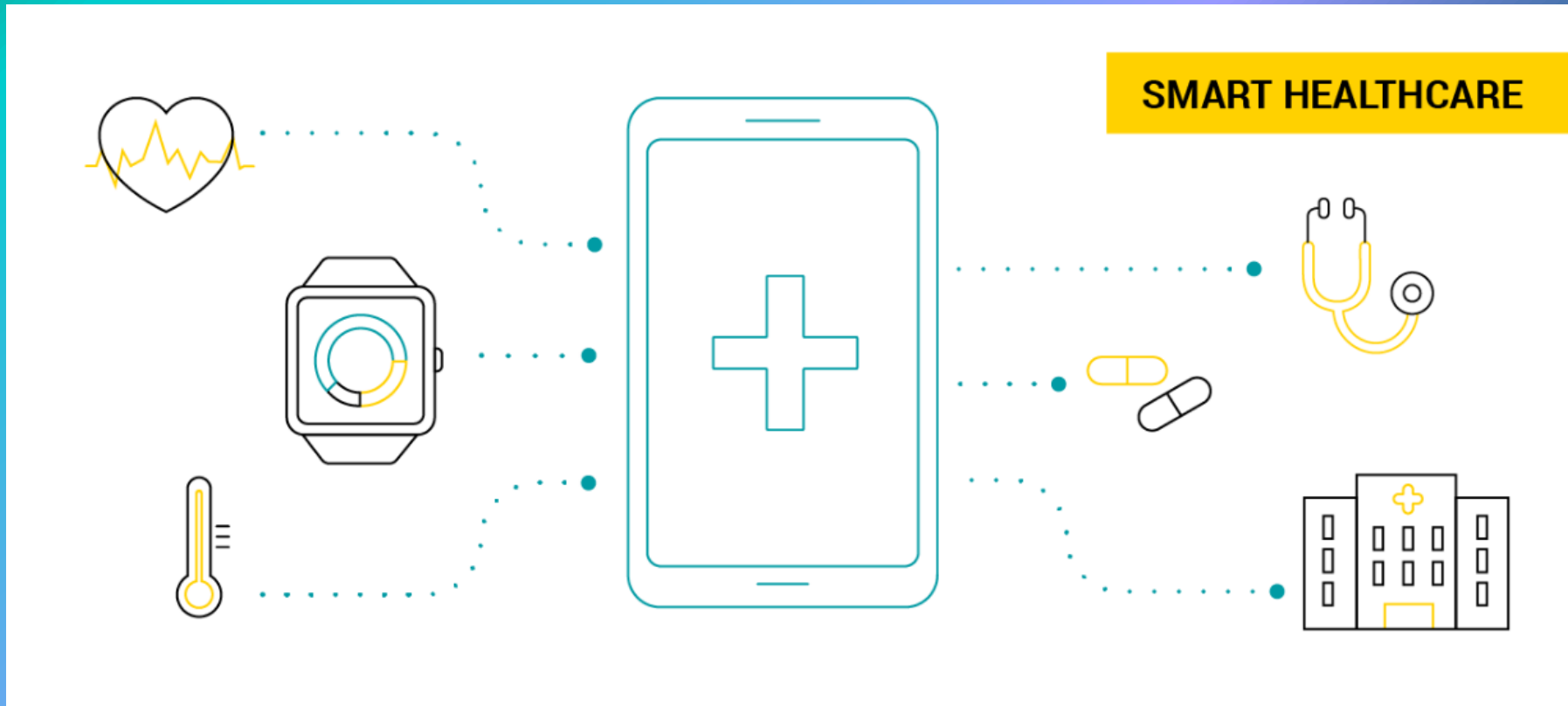
- Всеохоплююча комунікаційна інфраструктура.
- Глобальний ідентифікатор кожного об'єкта.
- Можливість кожного об'єкта надсилати та отримувати дані через підключену персональну мережу або Інтернет

Архітектура IoT



- Речі, датчики та контролери
- Шлюзи та збір даних
- Крайова аналітика
- Центр обробки даних / хмарна платформа

Приклад архітектури IoT



Стандарти мобільного зв'язку

Стандарти другого покоління (GSM і CDMA)

Стандарти третього покоління (WCDMA (UMTS))

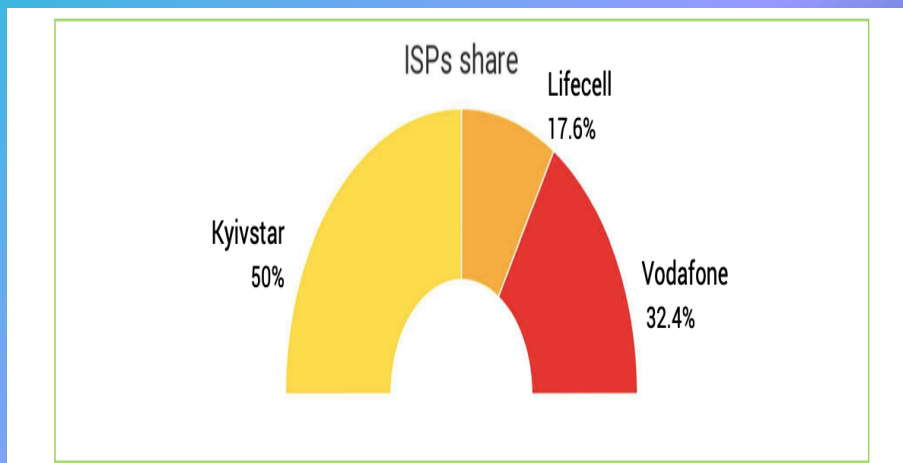
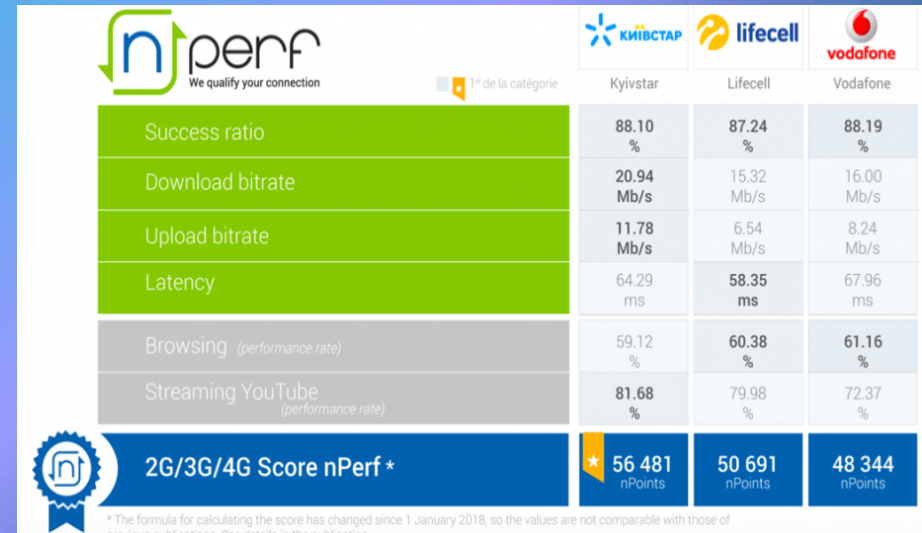
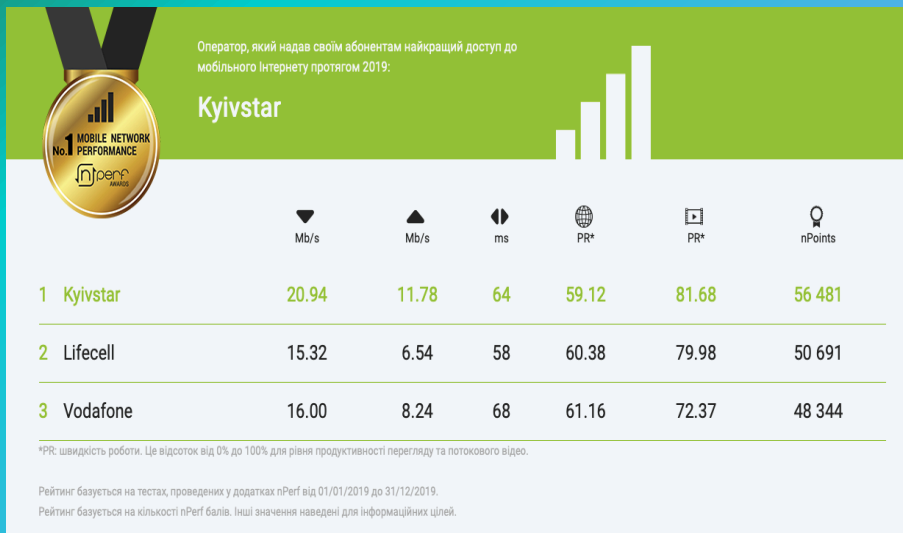
Стандарти четвертого покоління (WiMAX, 3GPP, LTE (4G))

Стандарти п'ятого покоління (5G)

Технології мобільного зв'язку для IoT

Найменування	EC-GSM-IoT	eMTC	NB-IoT
Частотний діапазон	Основна смуга частот GSM	Основні робочі смуги частот LTE	Основна і захисна смуги частот LTE, виділені частоти (800/900/1800 МГц)
Рівень покриття (відповідно до TR 36.888 / 45.820)	164 дБ (33 дБм power class), 154 дБ, (23 дБм power class)	155,7 дБ	164 дБ для виділеної смуги
Схема кодування (передача «вниз», DL)	TDMA / FDMA, GMSK, 8 PSK 1 Rx	OFDMA, 15 кГц, 16 QAM, 1 Rx	OFDMA, 15 кГц, TBCC, 1 Rx
Схема кодування (передача «вгору», UL)	TDMA / FDMA, GMSK 8 PSK	SC-FDMA, 15 кГц, 16 QAM	Single tone, 15 кГц, 3.75 кГц, SC-FDMA, 15 кГц
Ширина смуги частот приймача МО	200 кГц	1,08 МГц (1,4 МГц carrier bandwidth)	180 кГц (200 кГц carrier bandwidth)
Швидкість передачі даних	250 кбіт / с (DL), 250 кбіт / с (UL multi-tone), 20 кбіт / с (UL single tone)	1 Мбіт / с (DL / UL)	Для DL і UL (4 тимчасових слота): 70 кбіт / с (GMSK) і 240 кбіт / с (8PSK)
Дуплексная передача	HD, FDD	FD і HD (type B), FDD і TDD	HD (type B), FDD
Енергозберігаючий режим	PSM, ext. I-DRX	PSM, ext. I-DRX, C-DRX	PSM, ext. I-DRX, C-DRX
Категорія мобільного пристрою	уточнюється	Cat. M1	Cat. NB1
Клас потужності	23 дБм, TBD	23 дБм, 20 дБм	33 дБм, 23 дБм

Результати досліджень якості мобільного Інтернету в Україні



Київстар – найвища швидкість завантаження даних в мережі.

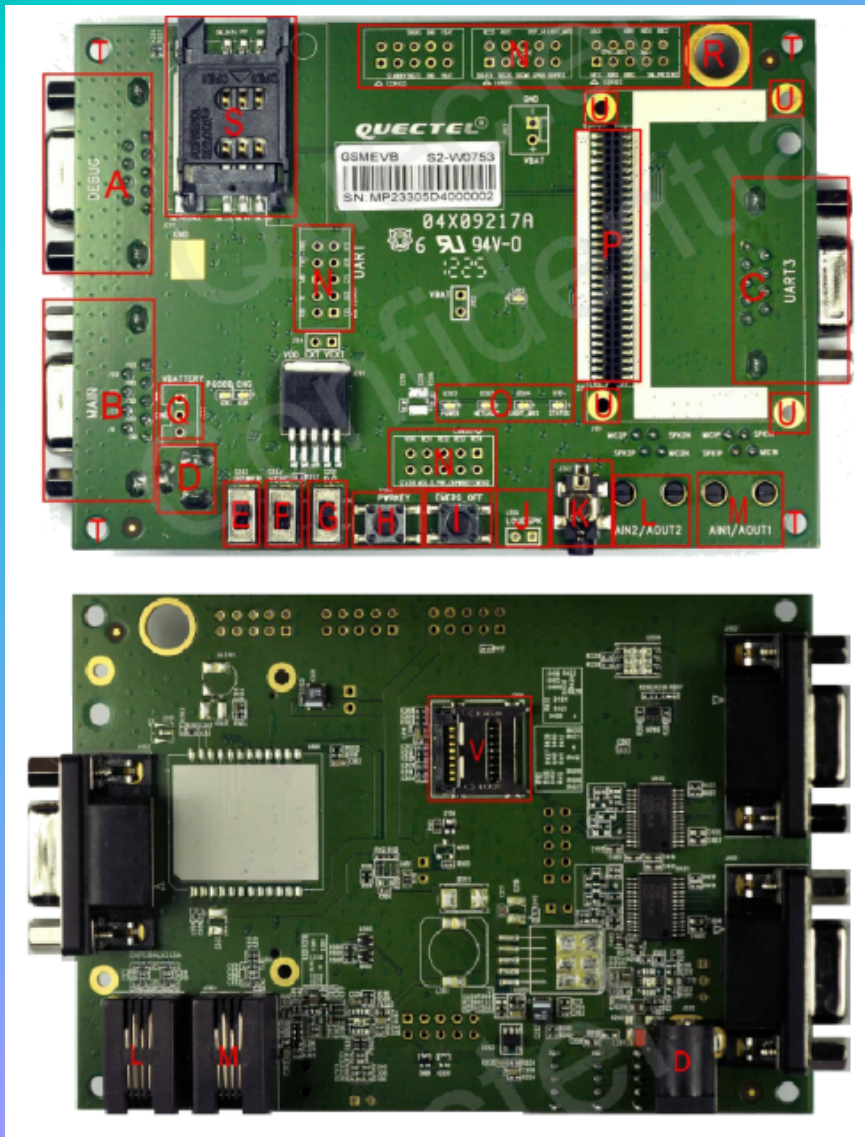
Lifecell – найнижча затримка.

Vodafone Ukraine – швидкість завантаження веб-сторінок і стабільність роботи мобільної мережі.

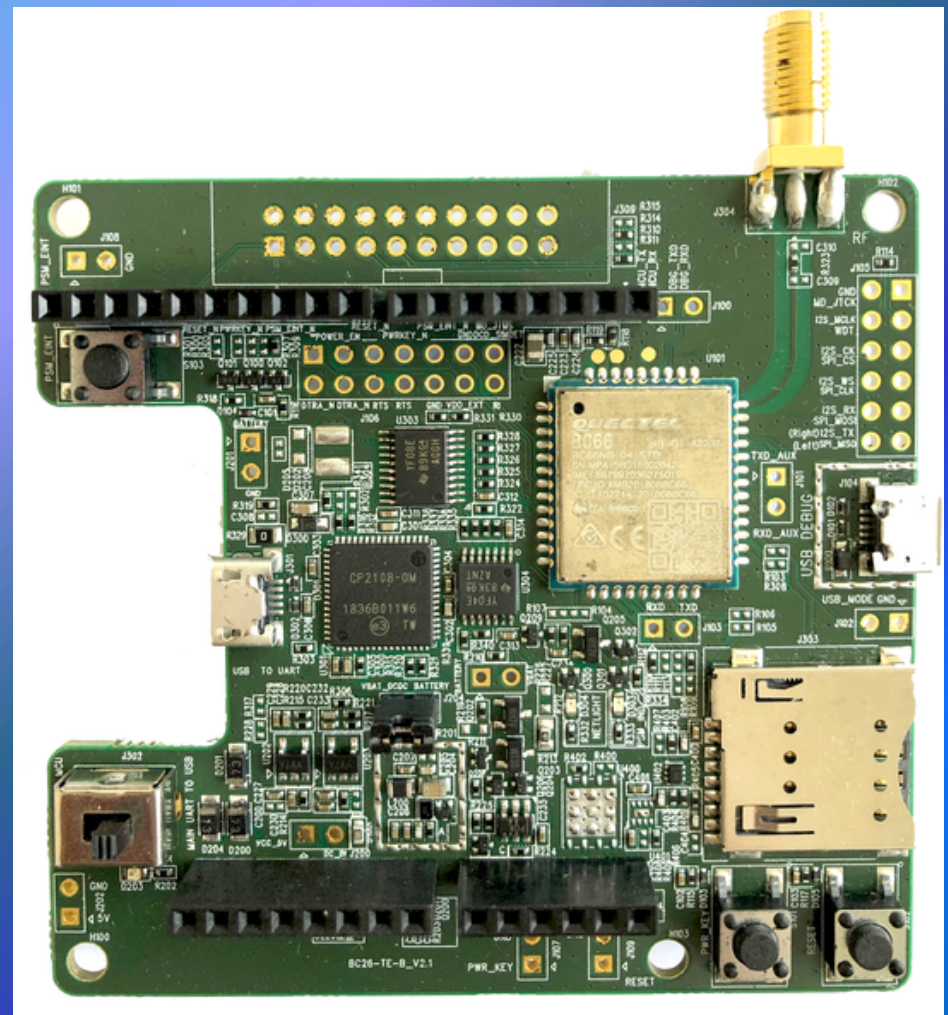
Лише Vodafone успішно пройшов тестування мережі NB-IoT

Мікропроцесорні засоби ІОТ на базі обраного оператора зв'язку

Комплект GSM / NB-IoT EVB Kit



Відлагоджувальна плата BC66-TE-B



Головне вікно програми UEMonitor Quectel

The screenshot displays the UEMonitor v3.17.0.13 interface. The main window is divided into several sections:

- Messages:** A table listing messages with columns for Index, Time, and Message. The selected message (Index 912) is highlighted in blue.
- Filter:** A dropdown menu set to "UICC_DBG_LOG_P0".
- View:** A dropdown menu.
- Details:** A section showing the details of the selected message, including Transport, Headers, and a header section.
- Bottom Bar:** Displays "Project TEMP_Fri_1143_bc95_reboot_log__636646597961528456" and "Message Count : 14772".

Index	Time	Message
896	00:05.665122	UICC_DBG_LOG_P1
897	00:05.665183	UICC_DBG_LOG_P1
898	00:05.665244	UICC_DBG_LOG_P1
899	00:05.665305	UICC_DBG_LOG_P1
900	00:05.665366	UICC_DBG_LOG_P1
901	00:05.665457	UICC_DBG_LOG_P0
902	00:05.665518	UICC_DBG_LOG_P0
903	00:05.665580	UICC_DBG_LOG_P1
904	00:05.665641	UICC_DBG_LOG_P2
905	00:05.665793	UICC_DBG_TX_REQ
906	00:05.696372	UICC_DBG_RX_IND
907	00:05.696494	UICC_DBG_LOG_P2
908	00:05.696585	UICC_DBG_LOG_P1
909	00:05.696646	UICC_DBG_LOG_P1
910	00:05.696707	UICC_DBG_LOG_P0
911	00:05.696799	UICC_DBG_LOG_P1
912	00:05.696860	UICC_DBG_LOG_P0
913	00:05.696921	UICC_DBG_LOG_P1
914	00:05.696982	UICC_DBG_LOG_P1
915	00:05.697043	UICC_DBG_LOG_P1
916	00:05.697104	UICC_DBG_LOG_P1
917	00:05.697165	UICC_DBG_LOG_P1
918	00:05.697257	UICC_DBG_LOG_P0
919	00:05.697318	UICC_DBG_LOG_P0
920	00:05.697379	UICC_DBG_LOG_P1
921	00:05.697440	UICC_DBG_LOG_P2
922	00:05.697745	USIM_READ_PART_1_DATA_CNF
923	00:05.697898	NAS_DBG_PLMN
924	00:05.697959	NAS_DBG_PLMN
925	00:05.698050	NAS_DBG_PLMN
926	00:05.698142	NAS_DBG_PLMN

Details:

- UICC_DBG_LOG_P0 index 912 at 00:00:05.6968600**
- Transport:**
 - Bytes: 91-03-00-00-C9-85-8C-00-60-00-00-00-10-00-05-00-40-1D-1D-08-00-00-00-00-00-00-02-07
 - As string: ?..???.@.....
 - Headers:
 - SequenceNumber: 913
 - Timestamp ticks: 9209289
 - Core: 1
 - Class: 1
 - Verbosity: 0
 - Module: 0
 - Id: 0
 - PayloadLength Field: 16
 - Payload bytes present: 16
 - IsWellFormed: True
- header:**
 - message_id: 490733573
 - src: LAYER_UICC
 - dest: LAYER_UICC
 - length: 8
 - time_ms: 0
 - delta_ms: 0
 - event: UICC_LOG_EVENT_FIFO_TX_START

Висновки

- ✓ Проведено аналіз концепції Інтернету-речей.
- ✓ Оглянуто існуючі стандарти мобільного зв'язку.
- ✓ Вивчено специфікації мобільного зв'язку 3GPP для IoT.
- ✓ Вивчено технології мобільного зв'язку для IoT.
- ✓ Визначено, що найкращим варіантом є технологія NB-IoT, яка наявна лише в оператора мобільного зв'язку Vodafone.
- ✓ Визначено, що найперспективнішим напрямком розвитку «Інтернету речей» (Internet of Things, IoT) є побудова комбінованих мереж IoT, які об'єднують персональні, локальні і глобальні мережі. Дуже корисним є напрямок, що дозволяє використовувати існуючі мережі 3G / 4G для обслуговування численних пристроїв IoT.
- ✓ Оптимальним варіантом реалізації IoT є застосування новітніх мікропроцесорних модулів BC95 та BC66, що є доступними на ринку і мають безкоштовне програмне забезпечення.

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ