

ЗАХИСТ КАНАЛІВ ЗВ'ЯЗКУ ВІД ВПЛИВУ РЕБ

Для підрозділів зв'язку та БПЛА

Рота зв'язку В/Ч А4076, Київ, 2024



ЗБРОЙНІ
СИЛИ
УКРАЇНИ



ВІЙСЬКОВА
ЧАСТИНА
А4076

План презентації

- Що таке РЕБ (EW)
- EME та EW
- ESM, ECM та ECCM
- Взаємодія підрозділів РЕБ (EW) в сучасному театрі бойових дій
- Різновиди засобів РЕБ
- Основні принципи РЕБ
- Комплекси РЕБ України та НАТО
- Комплекси РЕБ ЗС РФ
- Види перешкод
- Порівняння методів формування сигналу перешкоди
- Заходи протидії РЕБ
 - ДРОТОВИЙ ЗВ'ЯЗОК
 - КООРДИНАЦІЯ ДІЙ
 - ВИКОРИСТАННЯ МІСЦЕВОСТІ
- ПЕРЕВАГА В ПОВІТРІ
- ЗМІНА ЧАСТОТ ТА РЕЗЕРВНІ КАНАЛИ ЗВ'ЯЗКУ
- ЗАСТОСУВАННЯ АНАЛОГОВОГО ТА ЦИФРОВОГО ЗВ'ЯЗКУ
- ЦИФРОВА МОДУЛЯЦІЯ / ПАКЕТИ ДАНИХ
- ПРИКЛАДИ ЗАСТОСУВАННЯ АНАЛОГОВОГО ТА ЦИФРОВОГО ЗВ'ЯЗКУ
- RSSI та LQI
- SNR та Squelch
- ППРЧ
- ОПТИМІЗАЦІЯ СТАНДАРТУ DMR
- ЕКРАНУВАННЯ ТА КЛІТКА ФАРАДЕЯ
- РОЗРАХУНОК ПОТУЖНОСТІ
- ВИКОРИСТАННЯ АКТИВНИХ ТА ПАСИВНИХ АНТЕННИХ РЕШІТОК
- ФАЗОВАНА АНТЕННА РЕШІТКА STARLINK
- GPS, GNSS та CRPA
- ВИКОРИСТАННЯ ПОРТАТИВНИХ ЗАСОБІВ РЕБ
- Корисні посилання



Що таке РЕБ (EW)

- **РЕБ - радіоелектронна боротьба** це частина узгоджених за цілями, завданнями, місцем і часом дій зі здобування інформації про місцеперебування радіоелектронних засобів, систем управління військами та зброєю противника та їхнє знищення або виведення з ладу всіма наявними засобами ураження, а також захист власних **радіоелектронних засобів - РЕЗ** і систем управління від дій противника (**контр-радіоелектронна протидія**).
- **Мета РЕБ** — дезорганізувати управління військами противника, знизити ефективність його розвідки, використовувати ОВТ та забезпечити стійкість роботи власних систем

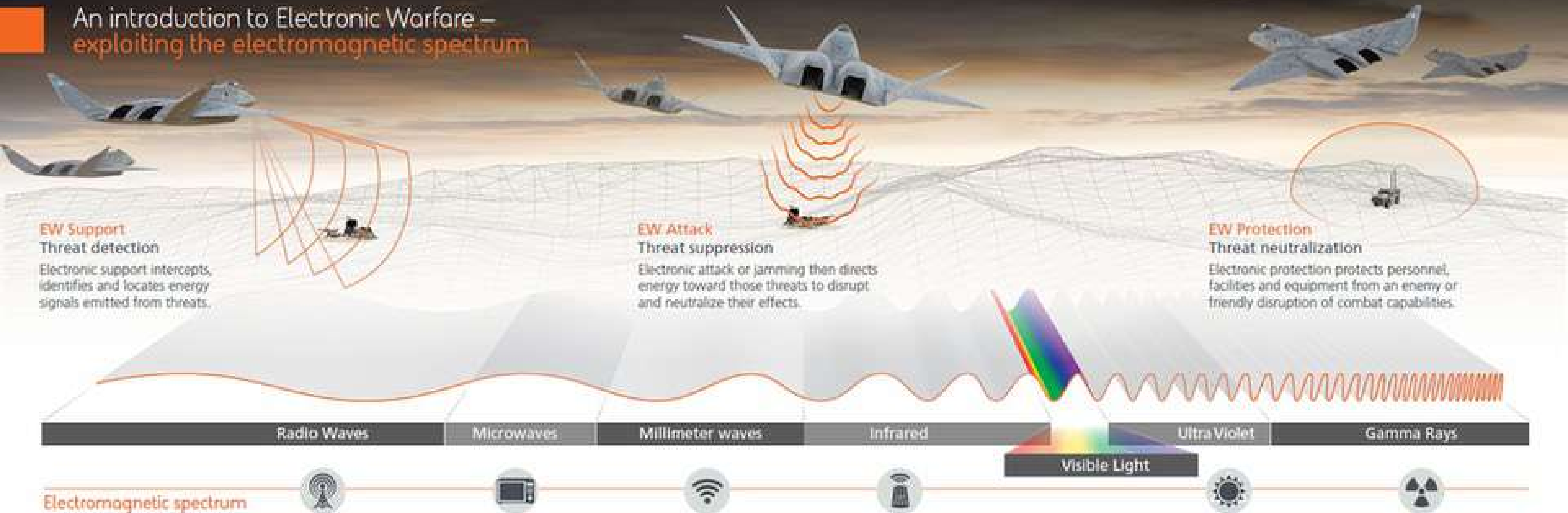


EME та EW





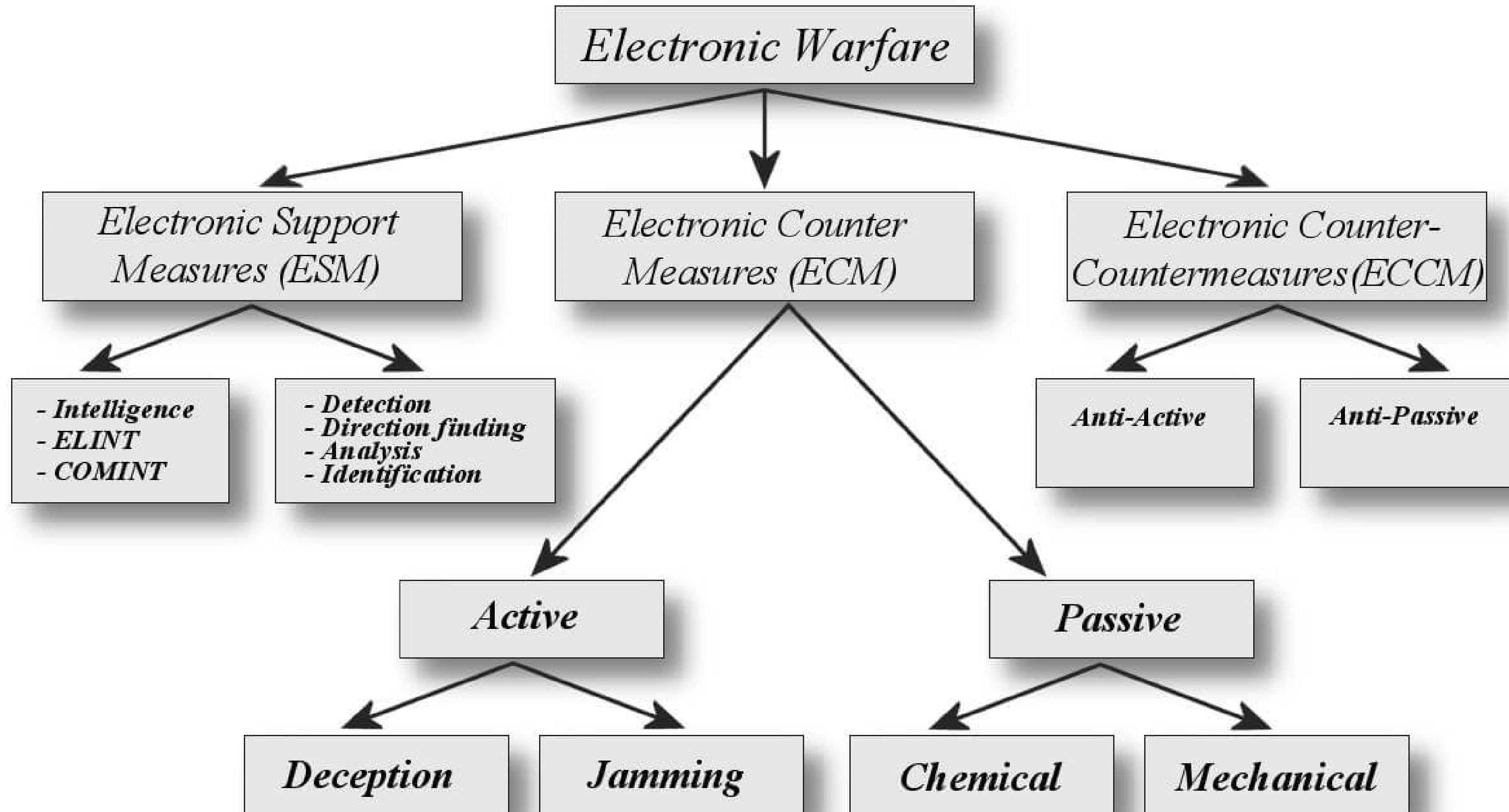
An introduction to Electronic Warfare – exploiting the electromagnetic spectrum



ЕМЕ та EW

- Військові дії ведуться в інформаційному середовищі, дедалі ускладненому електромагнітним спектром. Частина електромагнітного спектру інформаційного середовища називається **електромагнітним середовищем (ЕМЕ)**. Потреба збройних сил мати безперешкодний доступ до електромагнітного середовища та використовувати його створює вразливості і одночасно дає можливість для електронної війни на підтримку військових операцій.
- **EW – electromagnetic warfare** або **electronic warfare** - бойові дії, що передбачають використання електромагнітного спектра (ЕМ спектр) або спрямованої енергії для контролю спектру, нападу на ворога або перешкоджання ворожим операціям. **Мета електромагнітної війни** полягає в тому, щоб позбавити супротивника переваги та забезпечити дружні підрозділи безперешкодний доступ до ЕМ-спектру. Електромагнітна війна може застосовуватися з повітря, моря, землі чи космосу системами з екіпажем і без екіпажу, а також може бути спрямована на зв'язок, радари чи інші військові та цивільні засоби.

ESM, ECM та ECCM



ESM, ECM та ECCM

- **ESM – electronic support measures**, включає в себе засоби виявлення, пеленгації, аналізу та ідентифікації радіосигналів та включає в себе:
 - **SIGINT – signal intelligence** сигнальна розвідка, яка в свою чергу включає підкатегорії **COMINT – communications intelligence** та **ELINT – electronic intelligence** забезпечує виявлення, ідентифікацію та пеленгацію джерел радіосигналів та внесення їх в **базу даних SIGINT** для використання на тактичному рівні для створення апріорних даних для електронного порядку поля бою (**electronic order of battle – EOB**).
 - **ELINT** - виявлення випромінювання ворожих радарів, комплексів РЕБ, РЛС, систем озброєння, БПЛА та визнаєння напрямку на радіолокаційний передавач. Результати використовуються для побудови EOB радарів.
 - **COMINT** - перехоплення інформації з систем зв'язку, визначення напрямку на випромінювач, що дозволяє контролювати та записувати отриману інформацію. Результати використовуються для побудови EOB мереж зв'язку.
- **ECM – electronic countermeasures** – засоби протидії які включають активну протидію таку як маскування або придушення радіосигналів та пасивну, таку як хімічні чи механічні засоби електромагнітної протидії
 - **COMJAM – Придушення радіоканалів коунікації** які використовуються як для керування технікою та озброєнням так і для управління військом та взаємодії між його ланками
- **ECCM – electronic counter countermeasures** – активна та пасивна протидія засобам ECM (захист від РЕБ)

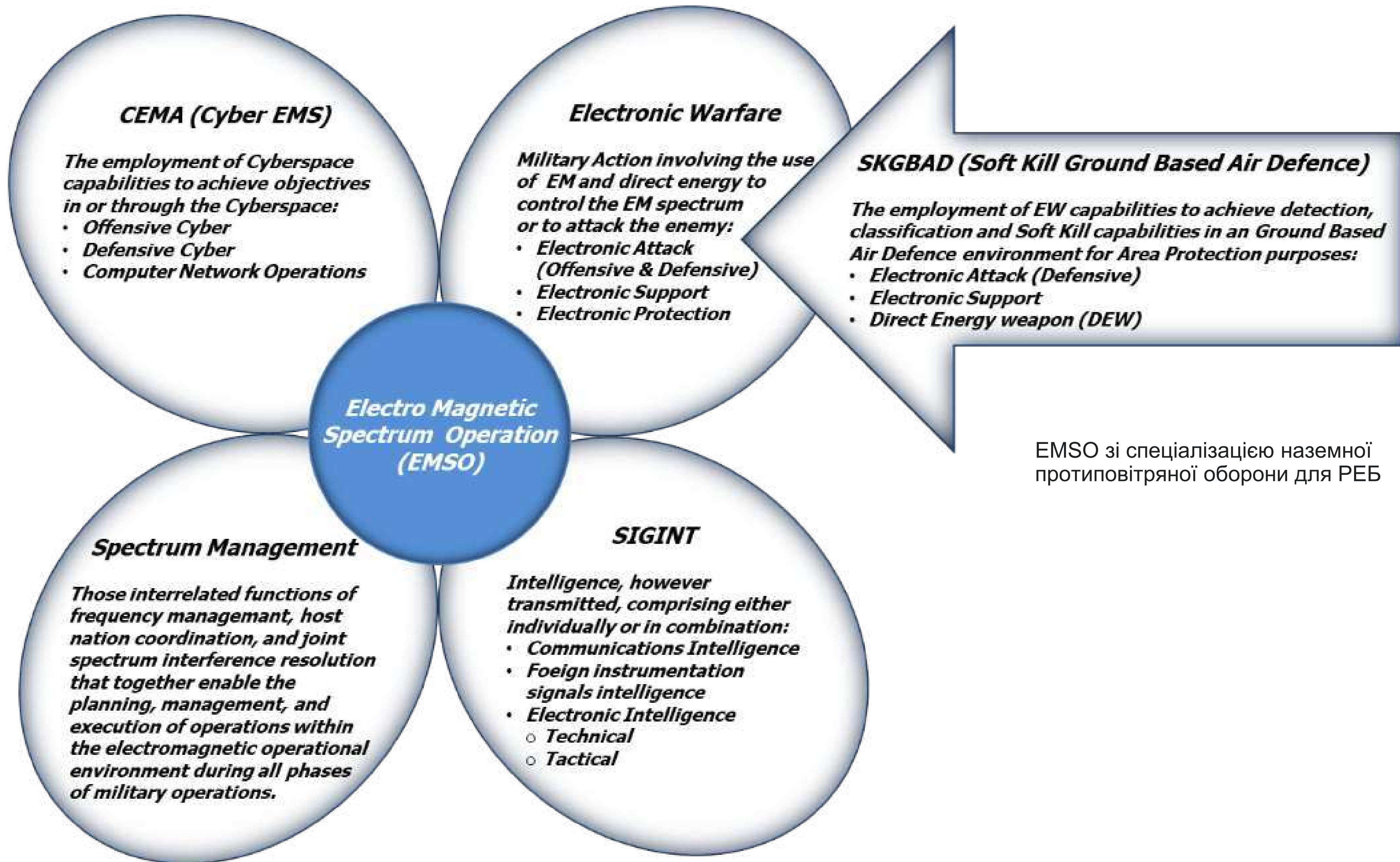
ВЗАЄМОДІЯ ПІДРОЗДІЛІВ РЕБ (EW) В СУЧАСНОМУ ТЕАТРІ БОЙОВИХ ДІЙ

- **EOB – Electronic Order of Battle** представляє найкраще та швидке знання поля бою з точки зору електромагнітного спектру та його зміни з часом. EOB включає виявлення, ідентифікацію, класифікацію, локалізацію, аналіз і збір усіх можливих випромінювань ворога, розділених на:
 - Бойовий порядок зв'язку (**Communication Order of Battle - COB**)
 - Бойовий порядок радіолокації (**Radar Order of Battle - ROB**)
- **C4ISR** - система, що об'єднує засоби та процеси командування та управління, зв'язку, комп'ютерів, розвідки та спостереження. Система C4ISR забезпечує ефективну військову обізнаність, прийняття рішень та дії.
- **ССС - Командні та контрольні центри** (включаючи станції оператора, станції підготовки дозволів і станції аналізу після виконання завдання): забезпечують місцеве командування та контроль усіма укриттями та будують EOB. Командно-контрольні центри також отримують запити від зовнішніх клієнтів розвідки та надсилають їм відповідні звіти.
- **НЕКОНТРОЛЬОВАНЕ ЗАСТОСУВАННЯ РЕБ** на полі бою може призвести до зриву виконання бойових завдань власних підрозділів за рахунок втрати зв'язку, каналів керування обладнанням та виведення з ладу цього обладнання, а також до виявлення власних позицій за рахунок пеленгування ворогом електромагнітного випромінювання цих засобів.

ВЗАЄМОДІЯ ПІДРОЗДІЛІВ РЕБ (EW) В СУЧАСНОМУ ТЕАТРІ БОЙОВИХ ДІЙ

Сучасні операції РЕБ передбачають контроль потоку інформації на основі електромагнітного спектру, щоб забезпечити дружню свободу дій і зменшити або позбавити противника здатності діяти та переходять від РЕБ до так званих EMSO (операції електромагнітного спектру) і стають основою C4ISR.



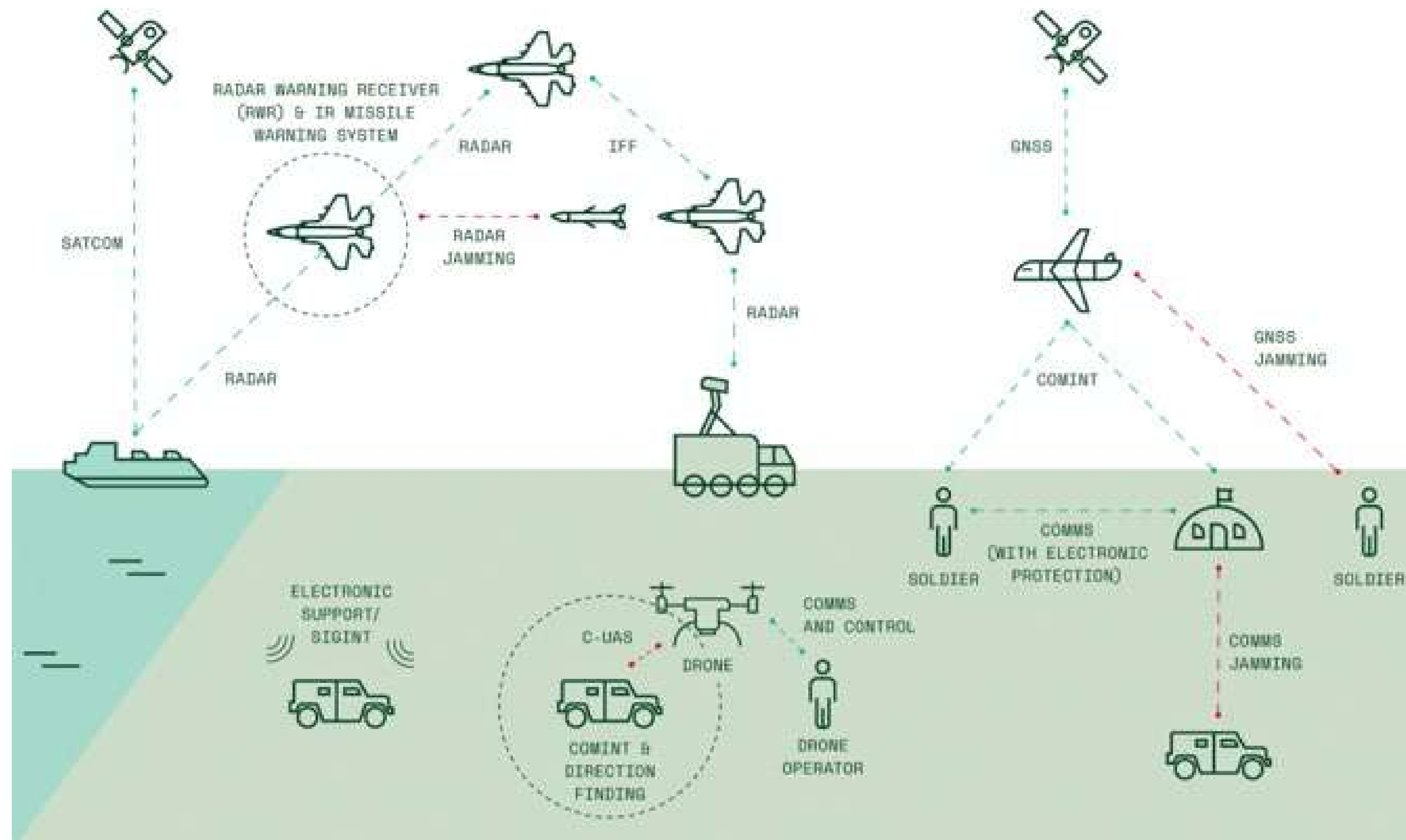


EMSO зі спеціалізацією наземної протиповітряної оборони для РЕБ

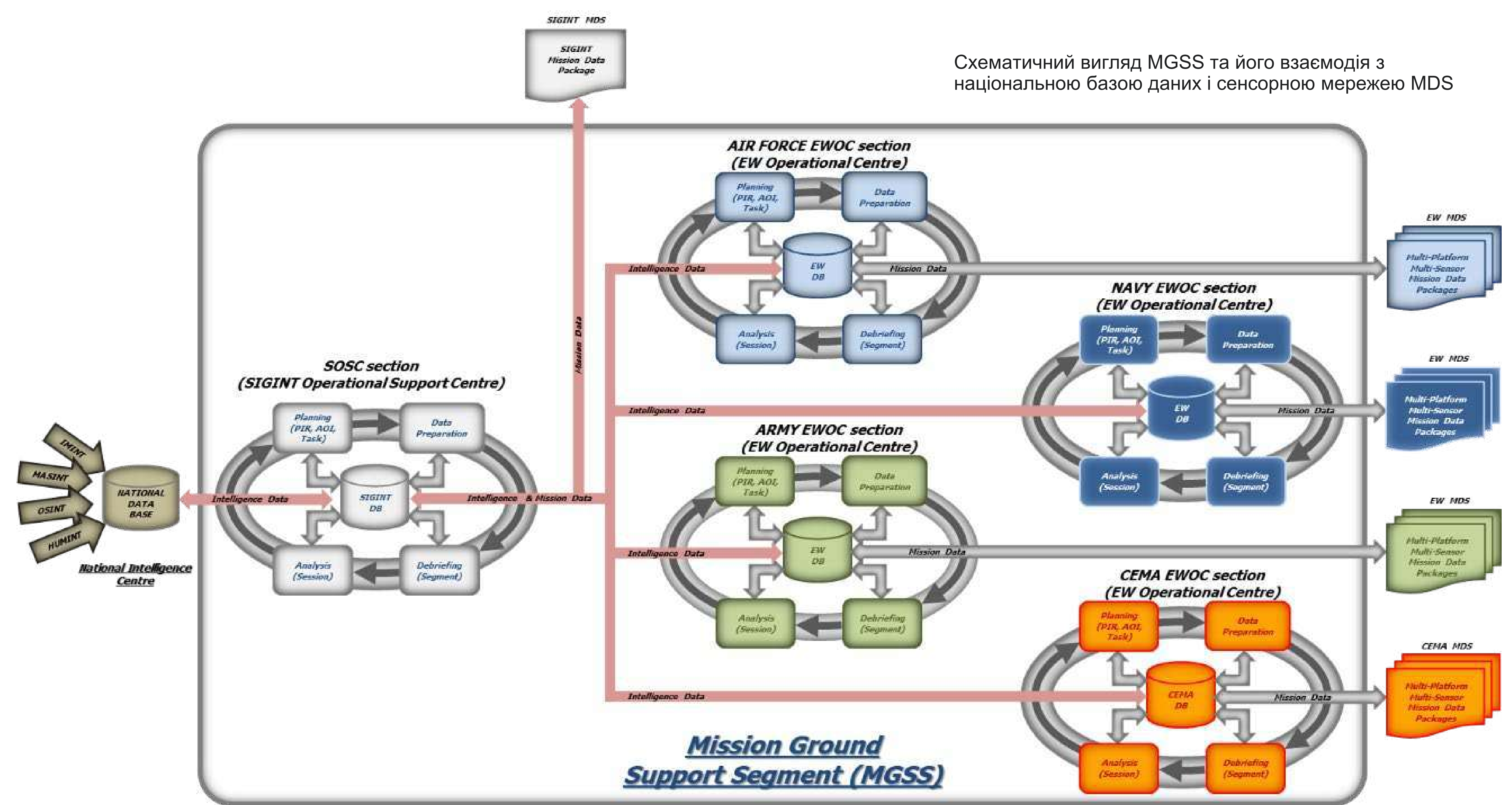
ВЗАЄМОДІЯ ПІДРОЗДІЛІВ РЕБ (EW) В СУЧАСНОМУ ТЕАТРІ БОЙОВИХ ДІЙ

Центр оперативної підтримки SIGINT (SOSC) є частиною Сегменту наземної підтримки місії - Mission Ground Support Segment (MGSS), хмари можливостей підтримки місії, включаючи також спеціальну оперативну підтримку РЕБ (EWOC, EW Operational Centre (Оперативний центр РЕБ) для Збройних сил і кібер-електронної боротьби - Cyber EW (CEMA),

Він є гнучким і адаптованим до потреб кінцевого користувача та надає можливості взаємодії з національними розвідувальними центрами.



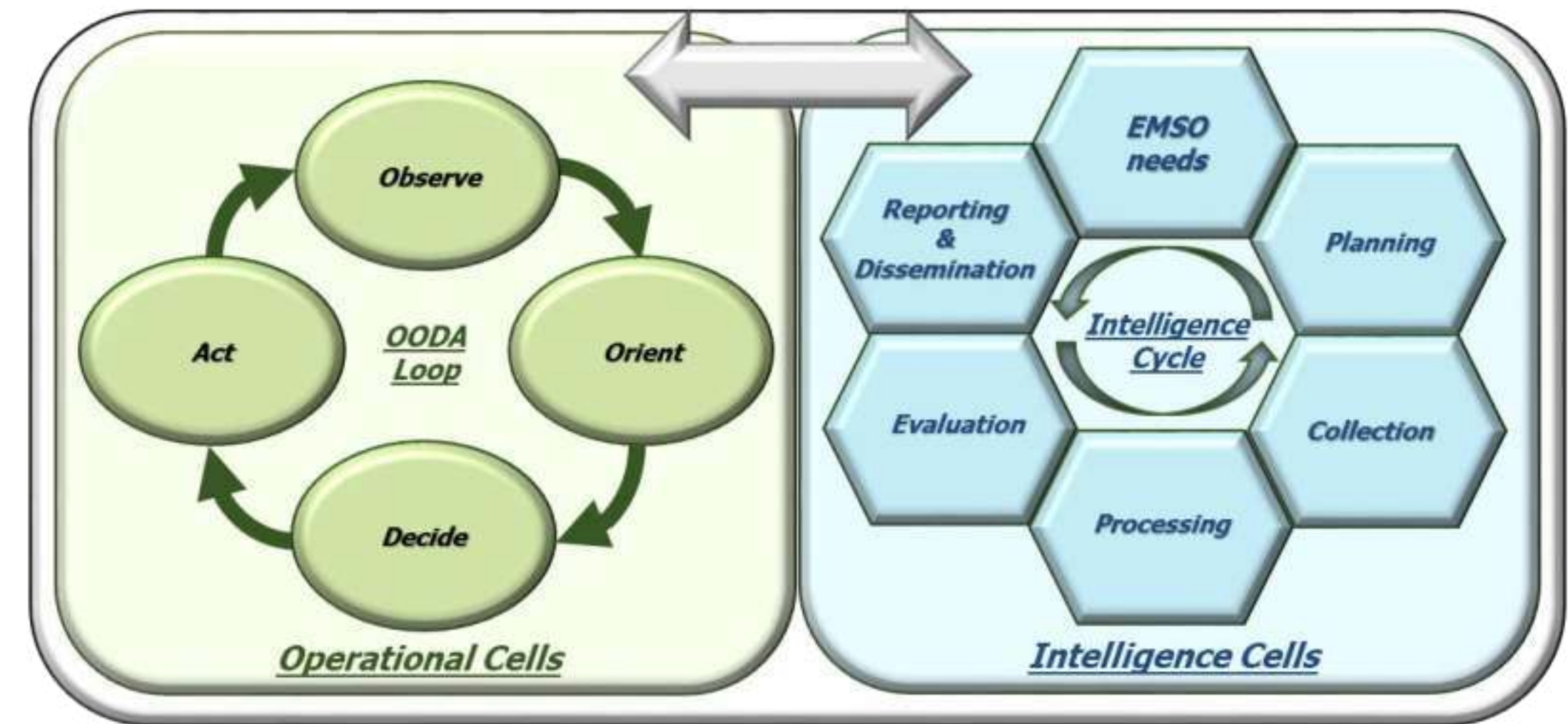
Схематичний вигляд MGSS та його взаємодія з національною базою даних і сенсорною мережею MDS



ВЗАЄМОДІЯ ПІДРОЗДІЛІВ РЕББ (EW) В СУЧАСНОМУ ТЕАТРІ БОЙОВИХ ДІЙ

Робочий процес всередині MGSS організований у два цикли:

- Цикл спостерігати, орієнтуватися, вирішувати та діяти - **Observe, Orient, Decide and Act (OODA)**, який має завдання визначення, планування, призначення завдань, проведення та синхронізації місій шляхом підготовки MDS для платформ SIGINT (розвідка) та для RESM/CESM, RWR, RECM/CECM (операція).
- Цикл розвідки - **Intelligence Cycle** завданням якого є збір, обробка, оцінка та розповсюдження даних, який підтримується інструментами спеціального програмного забезпечення для **COMINT** та **ELINT** (для завантаження даних, що надходять із платформ **SIGINT**, і для виконання технічного та тактичного аналізу), для даних розвідки. з національної бази даних і для аналізу великих даних.



OODA Loop and Intelligence Cycle



Структура оперативної підтримки SIGINT

ВЗАЄМОДІЯ ПІДРОЗДІЛІВ РЕБ (EW) В СУЧАСНОМУ ТЕАТРІ БОЙОВИХ ДІЙ

Оперативна підтримка SIGINT складається з наступних частин:

- **Управління та підтримка бази даних SIGINT**, яка є сховищем технічних, тактичних даних і даних усіх завдань.
- **Діяльність SIGINT перед місією:**
 - Планування місії оператором для виконання поставленого оперативного завдання та забезпечення вимоги командувача місії щодо пріоритетних розвідувальних даних.
 - Генерація пакетів даних для бібліотеки SIGINT для місії.
- **Діяльність SIGINT після місії:**
 - Підбір підсумків місії, обробка даних записаних під час місії.
 - Аналіз, обробка технічних та тактичних параметрів, виявлених обладнанням SIGINT, порівняння та прив'язка їх до відомих параметрів конкретної радіолокаційної системи, вилучаючи важливі факти з маси необроблених даних, зібраних ELINT/COMINT. Створення запитів на оновлення до бази даних SIGINT.
 - Передача результатів аналізу всередину SOSC шляхом оновлення бази даних SIGINT або ззовні через форматовані звіти в стандартному представленні MS Office у вигляді даних Power Point, Word і Excel
 - Оновлення бази даних бази даних щодо технічних і тактичних елементів на основі підсумків місії
 - Поширення результатів аналізу всередині Центру оперативної підтримки SIGINT або назовні через форматовані звіти.



Інтегрований робочий процес місії SIGINT

ВЗАЄМОДІЯ ПІДРОЗДІЛІВ РЕБ (EW) В СУЧАСНОМУ ТЕАТРІ БОЙОВИХ ДІЙ

Кроки, які виконує Центр оперативної підтримки SIGINT у випадку місії ELINT:

- Управління базою даних ELINT
- Управління збором, контроль конфігурації, запити і звіти
- Оновлення та розповсюдження результату аналізу
- Імпорт/експорт на зовнішній інтерфейс
- Підтримка й оновлення CONOPS і вимог

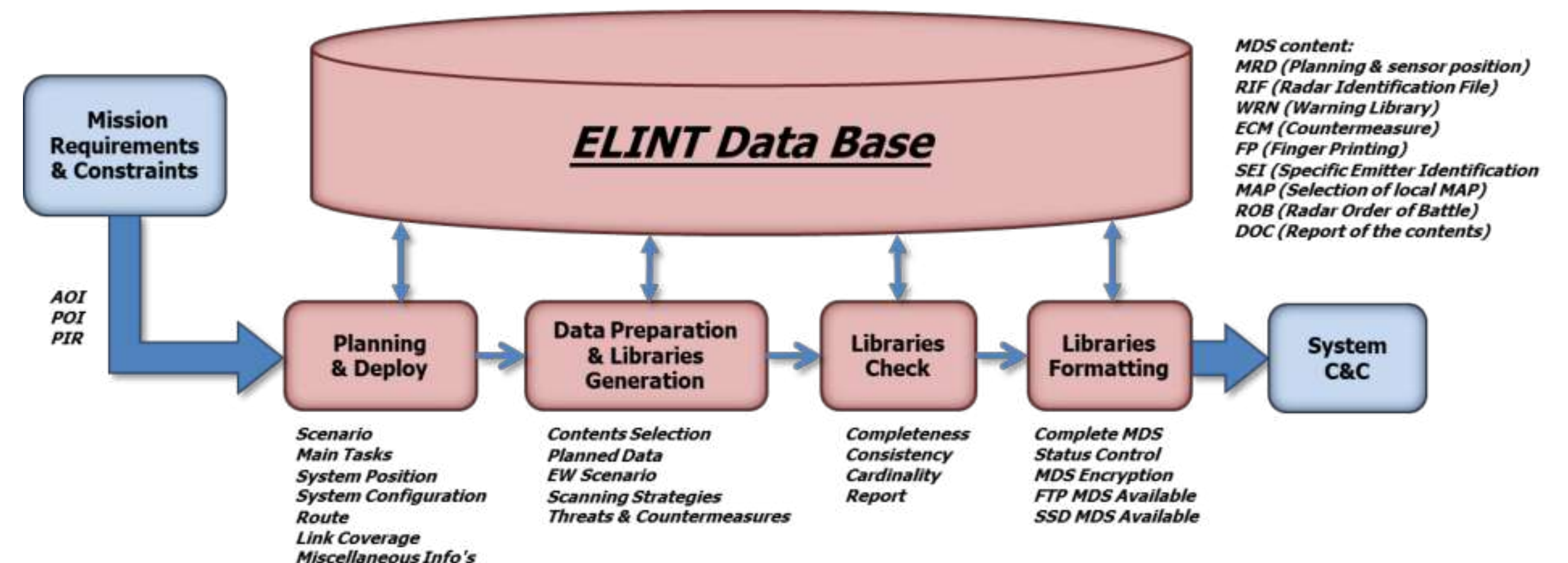
Модель бази даних ELINT базується на таких основних розділах:

- Технічні характеристики - платформа, зброя, радіочастотний випромінювач, відбиток пальця, ідентифікація конкретного випромінювача (SEI) і засоби протидії
- Тактичний (ROB): підрозділ, установка, РАДАР і перехоплення
- Дані перед місією - MDS бібліотеки та планування
- Дані після місії - контактні дані, дані аналізу та звіт про стан

ВЗАЄМОДІЯ ПІДРОЗДІЛІВ РЕБ (EW) В СУЧАСНОМУ ТЕАТРІ БОЙОВИХ ДІЙ

Підготовка до місії ELINT:

- Планування місії базоване на вимогах і екологічних обмеженнях.
- Розгортання активів усередині зони з підтримкою видимості та з'єднання (радіозв'язок і FON).
- Підготовка маршруту, вимог та завдання планування для повітряних, наземних і морських платформ.
- Підготовка даних відповідно до запланованої місії
- Бібліотеки перевіряються на повноту та узгодженість, щоб оптимізувати результати місії.
- Форматування та шифрування даних місії для цільового обладнання за допомогою SSD або сервера SFTP

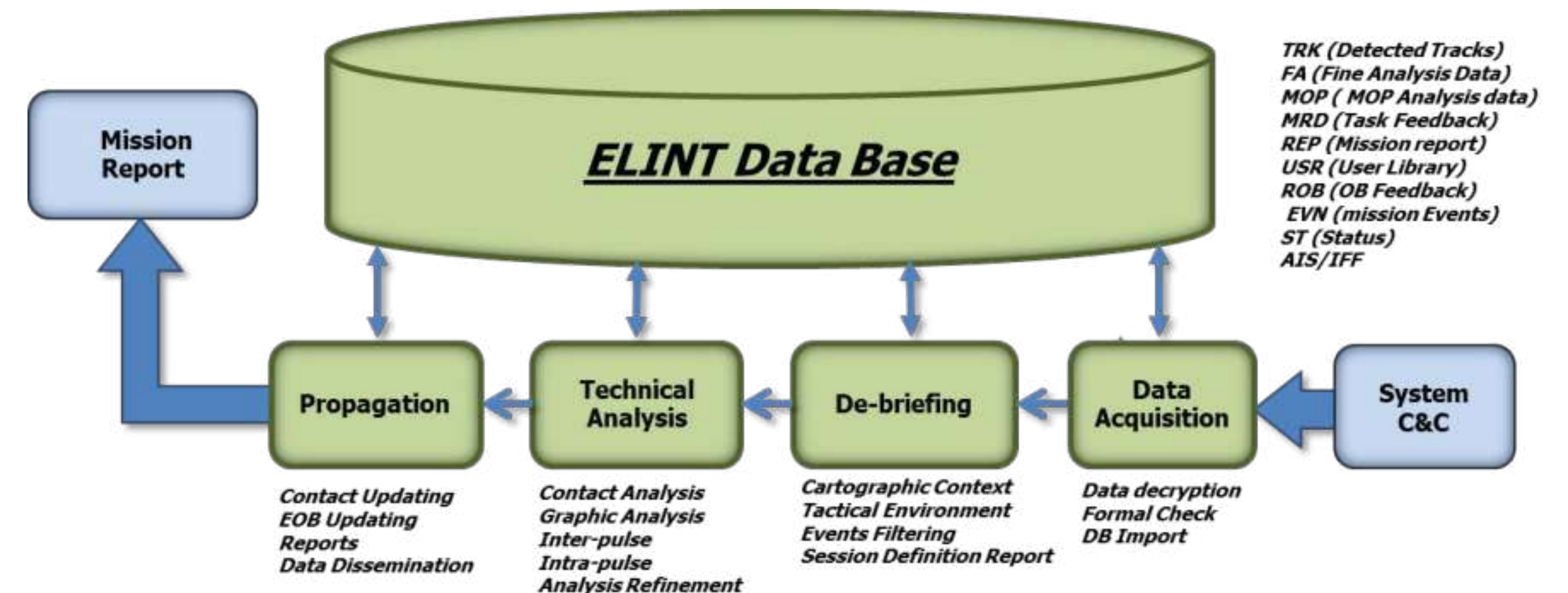


Діяльність ELINT перед місією

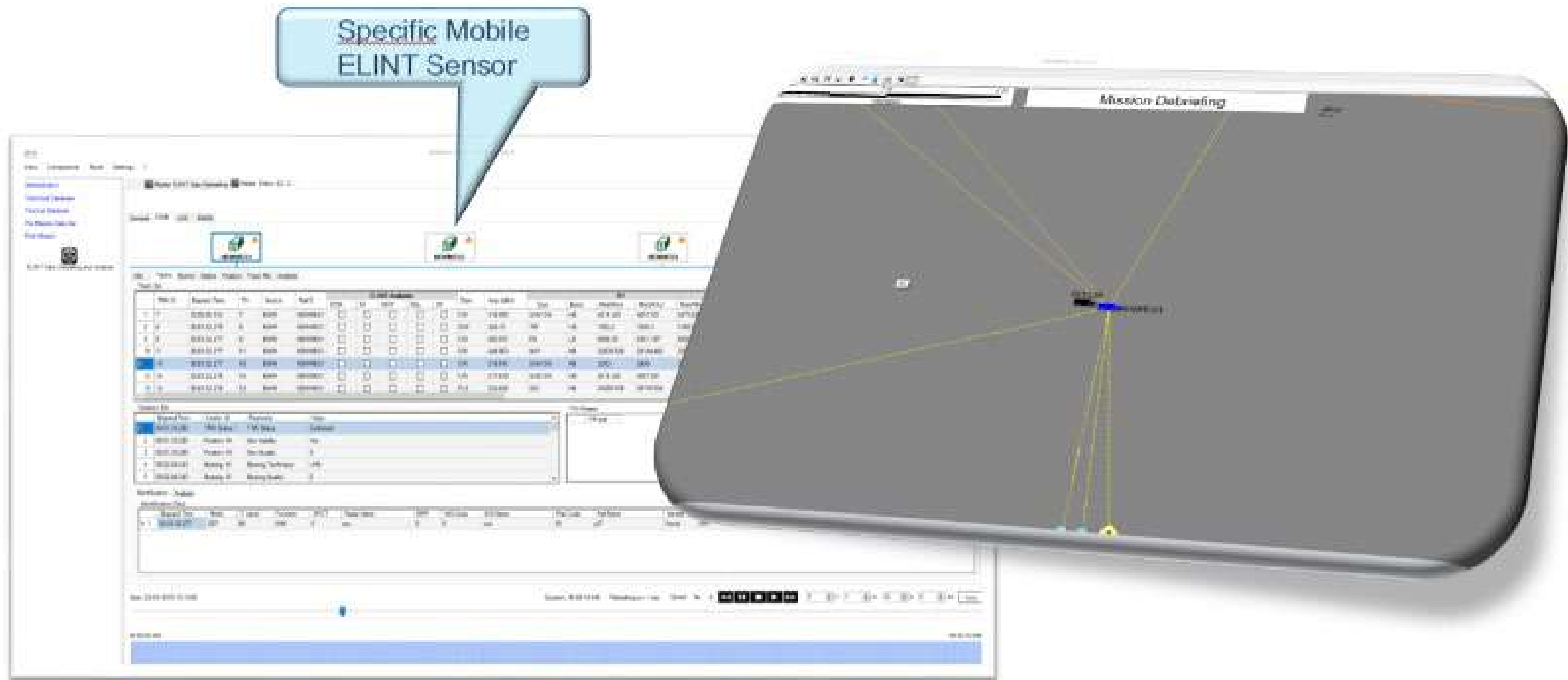
ВЗАЄМОДІЯ ПІДРОЗДІЛІВ РЕББ (EW) В СУЧАСНОМУ ТЕАТРІ БОЙОВИХ ДІЙ

Діяльність після місії:

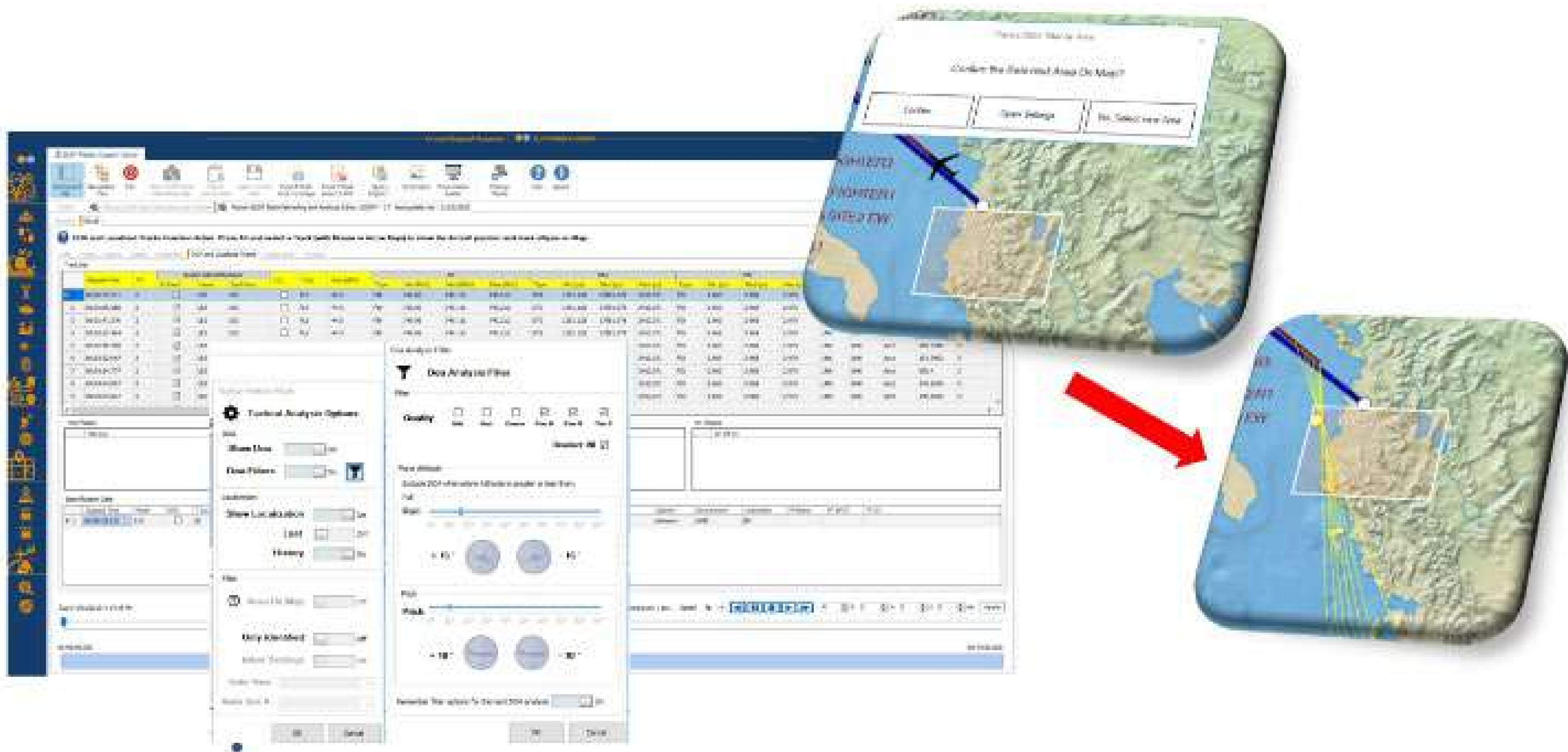
- Збір записаних даних та завантаження в базу даних ELINT після перевірки та дешифрування:
- Розшифровка та перевірка автоматично записаних даних місії перед будь-якою подальшою обробкою.
- Збір записаних даних та збереження відповідно до структури бази.
- Автоматичне створення статистичного звіту про вміст даних. Він містить заголовки місії з певною статистичною інформацією: кількість подій, кількість виявлених випромінювачів, кількість аналізів ELINT, кількість системних збоїв тощо.



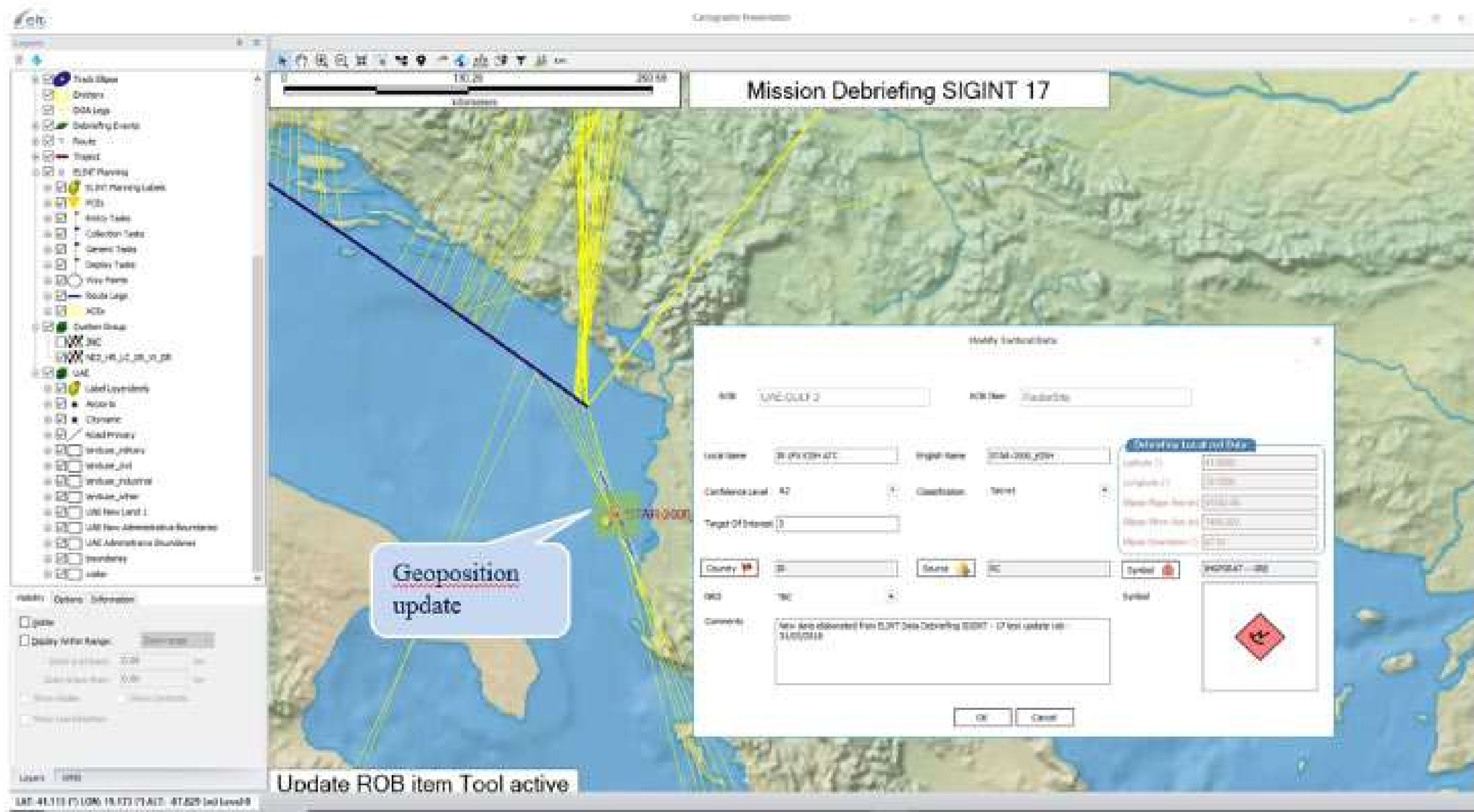
Діяльність після місії



Процес дебрифінгу ELINT наземної місії



Процес тактичного аналізу ELINT повітряної місії



Процес оновлення бази даних EW



РІЗНОВИДИ ЗАСОБІВ РЕБ

- За базуванням

- Наземного базування
- Повітряного базування
- Морського базування
- Портативні

- За використанням

- Для придушення засобів радіозв'язку
- Для придушення сигналів керування БПЛА
- Для виявлення та нейтралізації радарів
- Для придушення супутникового зв'язку та супутникової навігації
- Для виявлення та нейтралізації сигналів віддаленого керування детонаторів
- Для захисту техніки та особового складу від керованих боєприпасів
- Змішаного використання

- За командною ланкою

- Ротно-батальйонної ланки
- Бригадної ланки
- Вище бригадної ланки
- Спеціального призначення

ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ РЕБ

- Придушення каналів зв'язку
- Придушення супутникової навігації
- Придушення РЛС та оглядових радарів





FRONT



CHEVROLET

TOW/
TIE
DOWN

TOW/
TIE
DOWN

WINCH BRAKE
T-CASE NEUTRAL

КОМПЛЕКСИ РЕБ УКРАЇНИ та НАТО

РОТНО-БАТАЛЬЙОННА ЛАНКА



AUDS

Відноситься до counter unmanned aircraft systems C-UAS

Придушення каналів зв'язку БПЛА та операторів та радіостанцій

Дистанція придушення 2-4 км по малих БПЛА та до 8 км по середніх

M-LIDS

Mobile-Low, Slow, Small Unmanned Aircraft System Integrated Defeat System

Має інтегровану систему РЕБ та протидронову 30мм гармату а також БПЛА камікадзе Coyote для знищення інших дронів



КОМПЛЕКСИ РЕБ ЗС РФ

РОТНО-БАТАЛЬЙОННА ЛАНКА



Леер 2

Придушення каналів зв'язку БПЛА

Дистанція придушення 4 км по малих БПЛА та до 8 км по середніх

Сілок

Аналог Леер-2 на камазі.

Дистанція придушення 3-4 км



КОМПЛЕКСИ РЕБ ЗС РФ

РОТНО-БАТАЛЬЙОННА ЛАНКА



Леер 3

Моніторинг та придушення каналів стільникового зв'язку

Дистанція роботи 6 км

Постачається у комплексі з БПЛА «Орлан-10»

935-960 МГц, 1805-1880 МГц, 890-915 МГц, 1710-1785 МГц

Лорандит

Придушення VHF та UHF радіозв'язку

Дистанція придушення до 2 км





КОМПЛЕКСИ РЕБ УКРАЇНИ та НАТО



БРИГАДНА ЛАНКА

TEWS - Tactical Electronic Warfare System та

Придушення каналів радіозв'язку

Дистанція придушення до 20 км

TEWS-I Tactical Electronic Warfare System Infantry

Придушення каналів радіозв'язку

Дистанція придушення до 20 км

Обладнаний системами штучного інтелекта та засобами кіберборотьби

AN/MLQ-44A Prophet

Придушення каналів радіозв'язку

Дистанція варіюється

Модульна мульти-платформена система із портативними та автомобільними модулями



КОМПЛЕКСИ РЕБ УКРАЇНИ та НАТО



БРИГАДНА ЛАНКА

TLS-BCT - Terrestrial Layer System-Brigade Combat Team

Придушення каналів радіозв'язку та супутникової навігації. Для застосування проти наземних цілей та БПЛА.

Дистанція придушення 30 км

Модульна мульти-платформена система із портативними та автомобільними модулями

Обладнаний системами штучного інтелекту та засобами кіберборотьби



КОМПЛЕКСИ РЕБ УКРАЇНИ та НАТО

БРИГАДНА ЛАНКА



Thales TRC 274 SDJ V/UHF Jammer

Широкополосне придушення каналів радіозв'язку від 20 до 6000 МГц

Дистанція придушення 25 км

Полоса одночасно сканування 80 МГц

Полоса утворення перешкоди МГц

Створення розумних перешкод із ідентифікацією і спуфінгом сигналів



КОМПЛЕКСИ РЕБ УКРАЇНИ та НАТО



БРИГАДНА ЛАНКА

Буковель

Виявлення та придушення каналів радіозв'язку та супутникової навігації. Для застосування проти наземних цілей та БПЛА.

Дистанція придушення 15-20 км

Радіус виявлення БПЛА 70-100 км

НОТА

Виявлення та придушення каналів радіозв'язку та супутникової навігації. Для застосування проти наземних цілей та БПЛА.

Дистанція придушення 15 км

Радіус виявлення БПЛА 20 км



КОМПЛЕКСИ РЕБ ЗС РФ



БРИГАДНА ЛАНКА

Борисоглебськ 2

Вдосконалена модифікація комплексу РЕБ радянської розробки Р-330 "Мандат"

Придушує канали радіозв'язку

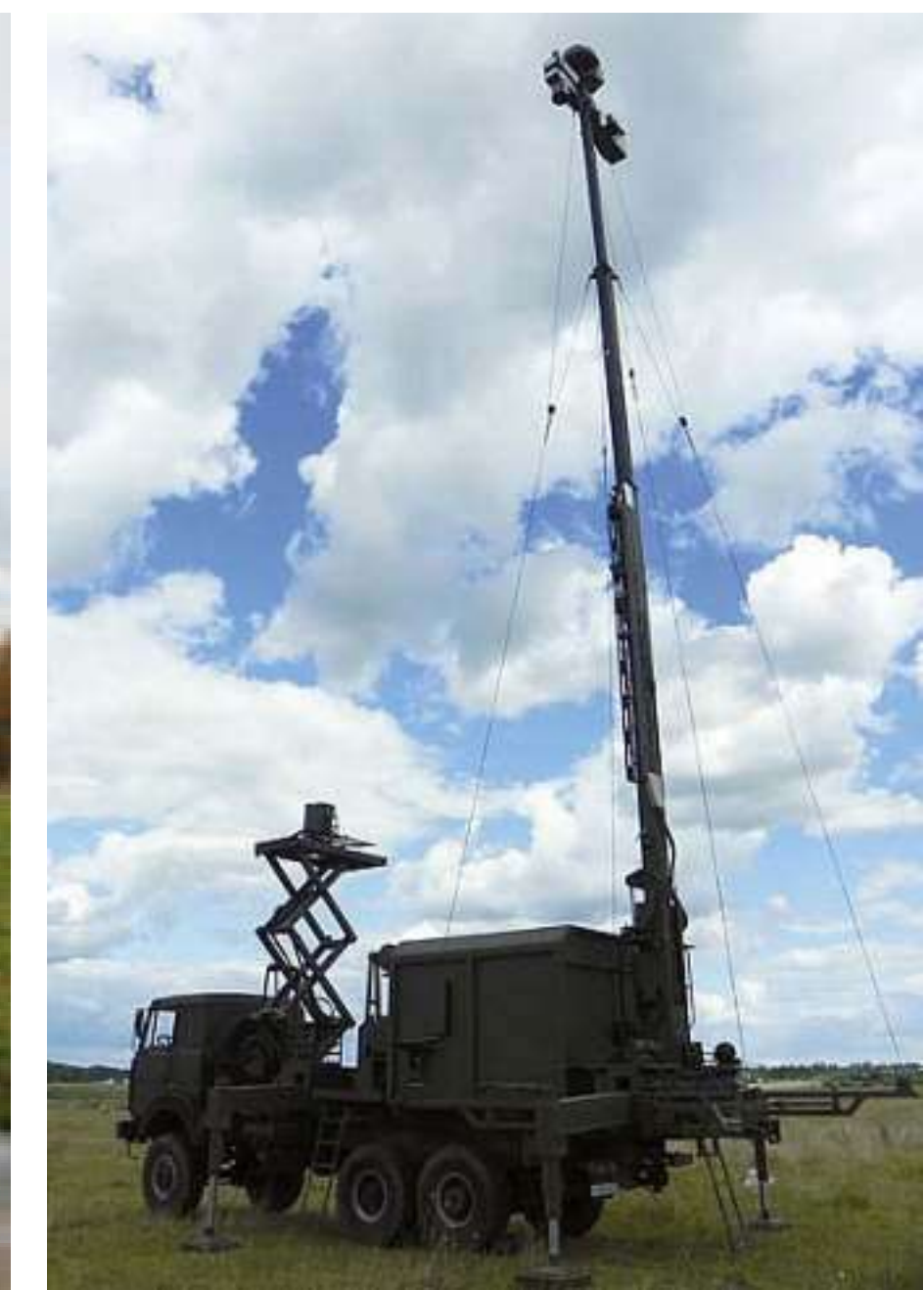
Дистанція роботи 20-40 км

Репелент 1

Придушення каналів зв'язку та супутникової навігації БПЛА

Діапазон частот 200-600 МГц

Дистанція придушення до 30 км





КОМПЛЕКСИ РЕБ УКРАЇНИ та НАТО



ЛАНКА ВИЩЕ БИГАДИ

TLS-EAB - Terrestrial Layer System-Echelons Above Brigade

Придушення каналів радіозв'язку, супутниковий зв'язок та РЛС

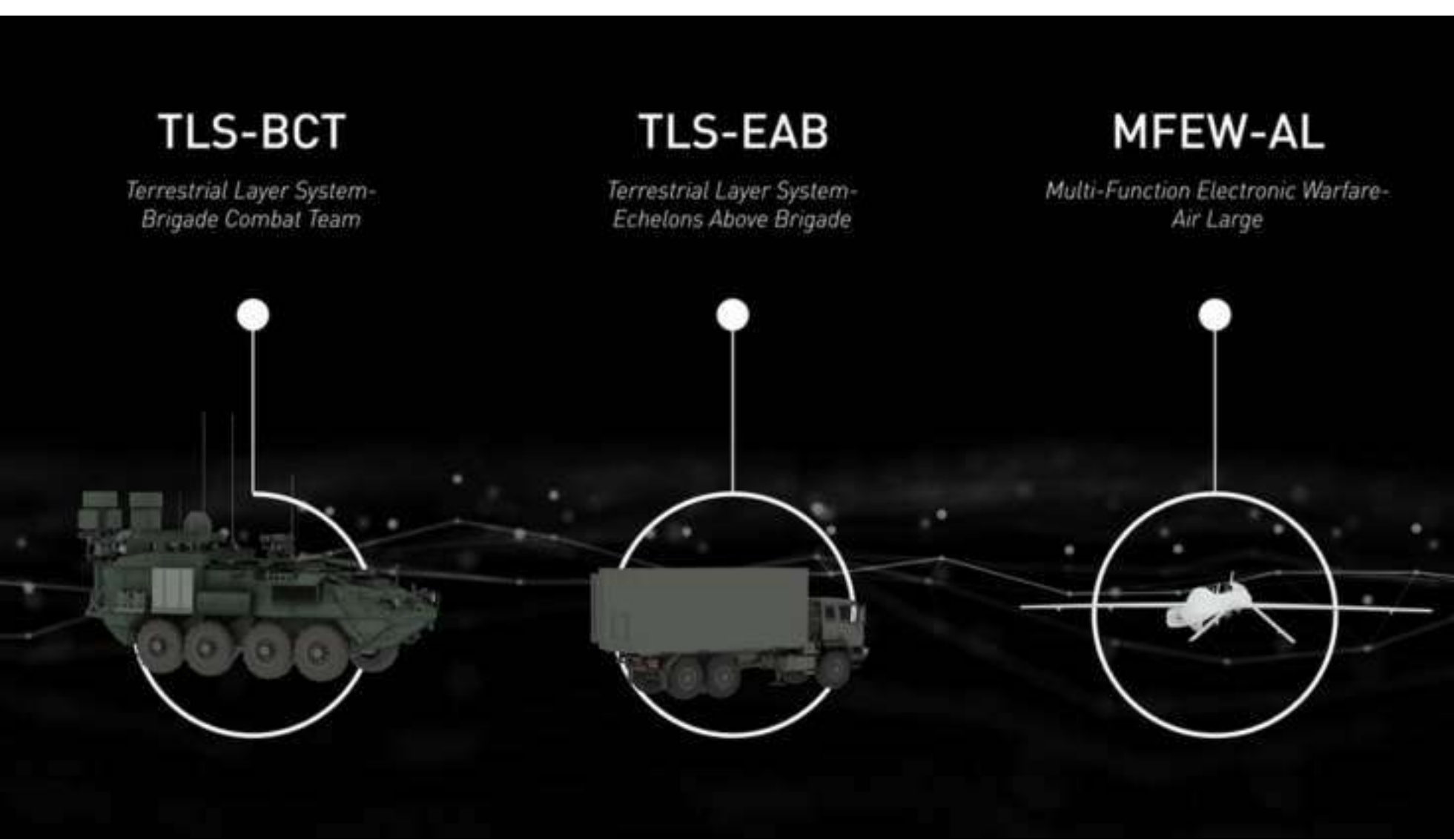
Дистанція придушення не розголошується

Р330У Мандат Б1 Е

Придушення каналів радіозв'язку на частотах від 1.5 до 1000 МГц

Дистанція придушення до 60 км

Складається з кількох авто на шасі КРАЗ



КОМПЛЕКСИ РЕБ УКРАЇНИ та НАТО

ЛАНКА ВИЩЕ БИГАДИ



Milkar 3a3 Ilgar

Виробник Aselsan

Придушення каналів наземного радіозв'язку та БПЛА

Дистанція придушення не розголошується

Milkar 4A2 Sancak

Виробник Aselsan

Придушення стратегічних каналів радіозв'язку на великих відстанях

Дистанція придушення не розголошується



КОМПЛЕКСИ РЕБ ЗС РФ



ЛАНКА ВИЩЕ БИГАДИ

Р-340РП «Поле-21»

Придушення каналів супутникової навігації

Дистанція роботи до 50 км

Р-330Ж «Житель»

Придушення каналів радіо, мобільного та супутникового зв'язку

Діапазон частот 100-2000 МГц

Дистанція придушення до 25 км по наземним та 50 км по повітряним цілям



КОМПЛЕКСИ РЕБ ЗС РФ



ЛАНКА ВИЩЕ БИГАДИ

РБ-109А «Биліна»

Система поєднує в одну мережу різні засоби РЕБ, такими як "Леер-2" и "Леер-3", Р-330 "Житель", "Тирада-2", "Лорандит", "Диабазол", "Палантин" та дозволяє керувати ними в автоматичному режимі без участі людини





КОМПЛЕКСИ РЕБ УКРАЇНИ та НАТО

СПЕЦІАЛІЗОВАНІ



KORAL

Виробник Aselsan

Автоматичне виявлення та розпізнавання сигналу радарів та постанова перешкод

Дистанція придушення 150 км



КОМПЛЕКСИ РЕБ ЗС РФ



СПЕЦІАЛІЗОВАНІ

Красуха 2

Призначена для прикриття командних пунктів, угруповань військ, засобів ППО, важливих об'єктів від виявлення радіолокаційними засобами повітряного базування

Дальність до 250 км

Діапазон частот 2,9-3,2 ГГц

Красуха С4

Призначена для прикриття стаціонарних об'єктів від виявлення бортовими РЛС літаків розвідників. Автоматичне виявлення та розпізнавання сигналу та постанова перешкод

Дальність 300 км

Діапазон частот 8-20 ГГц



КОМПЛЕКСИ РЕБ ЗС РФ



СПЕЦІАЛІЗОВАНІ

РБ-531Б «Инфауна»

осійський батальйонний комплекс радіорозвідки та радіоелектронної боротьби для захисту броньованої та автомобільної техніки від мінно-вибухових пристроїв з радіозривачем, виявлення та придушення засобів оптичного та радіозв'язку

Дистанція роботи 150 м

Частота створення перешкод 25-2500 МГц



КОМПЛЕКСИ РЕБ ЗС РФ

СПЕЦІАЛІЗОВАНІ



Шиповник-АЕРО

Комплекс радіоелектронної боротьби (РЕБ). Призначений для боротьби з БПЛА.

Комплекс може створювати перешкоди сигналам управління і трансмісії та може проникати до бортових систем БПЛА перехоплювати контроль над ними. Він також здатний фіксувати координати станції управління польотом апаратів.

Частота створення перешкод 25-2500 МГц





КОМПЛЕКСИ РЕБ УКРАЇНИ та НАТО

ПОВІТРЯНОГО БАЗУВАННЯ



Літак EA18G Growler

На базі винищувача F18 Superhornet

Придушує радіо та супутниковий зв'язок та РЛС супротивника

З модулем AN/ALQ-99 дистанція постановки перешкоди 150-200 км а з модулем AN/ALQ-249 NGJ 370 км

Система INCANS (INterference CANcellation System), що забезпечує стійкий УКХ зв'язок екіпажу при включеній апаратурі постановки перешкод

MFEW-AL

На БПЛА MQ-1C Gray Eagle

Дальність виявлення 390 км

Дальність придушення 250 км





КОМПЛЕКСИ РЕБ УКРАЇНИ та НАТО



МАЛОГАБАРИТНІ, МОДУЛЬНІ та НОСИМІ

VROD та VMAX

Носима в рюкзаку система аналізу електромагнітного фону, обробки інформації та створення перешкод

Орієнтований на протидію БПЛА та керованим боєприпасам

Використовує систему швидкої обробки інформації та реагування Raven Claw

CORVUS

Розробник L3 Harris

Комплексний програмуємий персональний засіб виявлення сигналів та електромагнітного захисту

Легкий до 2 кг



КОМПЛЕКСИ РЕБ УКРАЇНИ та НАТО



МАЛОГАБАРИТНІ, МОДУЛЬНІ та НОСИМІ

UNWAVE SHATRO

Портативна, носима та мобільна версії в свою чергу для персонального захисту особового складу, позицій та колісного і броне-транспорту

Орієнтований на протидію БПЛА та керованим боєприпасам в радіусі 50-100 м

Діапазон частот 850 – 930 МГц

UNWAVE BOOMBOX

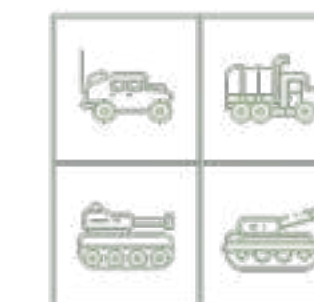
Орієнтований на спрямовану та усенаправлену протидію БПЛА та керованих боєприпасів у радіусах відповідно 500м та 100м

Діапазони частот 850 – 930 МГц, 1550 – 1620 МГц, 2400 – 2480 МГц, 5725 – 5850 МГц

UNWAVE SPEKA

РЕБ спрямованої дії проти БПЛА у радіусі 500-2000м

Діапазони частот 1550 – 1620 МГц, 2400 – 2480 МГц, 5725 – 5850 МГц



КОМПЛЕКСИ РЕБ УКРАЇНИ та НАТО



МАЛОГАБАРИТНІ, МОДУЛЬНІ та НОСИМІ

КВЕРТУС AD CHAOS

Орієнтований на направлену та усенаправлену протидію БПЛА у радіусах відповідно 500м та 100м

Діапазони частот 850 – 940 МГц, 2400 – 2500 МГц, 5700 – 5900 МГц



КВЕРТУС AD KRAKEN E

Система для захисту від дронів важливих об'єктів і місць дислокації підрозділів.

Кут дії 360 градусів

Діапазони частот 850 – 930 МГц, 1550 – 1620 МГц, 2400 – 2480 МГц, 5725 – 5850 МГц



КВЕРТУС AD WARLOCK

портативний дистанційно керований пристрій, призначений для придушення каналів управління БПЛА.

Спрямована дія до 2500м

Діапазони частот 433 – 434 МГц, 860 – 930 МГц, 1150 – 1250 МГц, 1550 – 1620 МГц, 2400 – 2500 МГц, 5150 – 5250 МГц, 5700 – 5900 МГц



КОМПЛЕКСИ РЕБ УКРАЇНИ та НАТО



МАЛОГАБАРИТНІ, МОДУЛЬНІ та НОСИМІ

КВЕРТУС AD CHAOS

РЕБ спрямованої дії проти БПЛА діє до 3,5 км

Діапазони частот 1550 – 1620 МГц, 2400 – 2480 МГц, 5725 – 5850 МГц



SKYWIPER – OMNI

Система призначена для виведення з ладу малих і середніх БПЛА

Кут дії 360 градусів

Діапазони частот 400-470 МГц, 850 – 930 МГц, 1550 – 1620 МГц, 2400 – 2480 МГц, 5725 – 5850 МГц



КУЛЬБАБА 150

Проти БПЛА та керованих боеприпасів радіусі 200м

Діапазони частот 710 - 840 МГц, 840 – 950 МГц, 950 – 1100 МГц



КОМПЛЕКСИ РЕБ УКРАЇНИ та НАТО



МАЛОГАБАРИТНІ, МОДУЛЬНІ та НОСИМІ

Піранья – 3 РАДК

Антидронний мобільний три діапазонний переносний комплекс спрямованому захисту.

Потужність ≥ 90 Вт
Канали придушення: 860-960MHz 2400-2500MHz 5150-5850MHz

Піранья – 5 РАДК

Антидронний мобільний п'яти діапазонний переносний комплекс по купольному та спрямованому захисту.

Потужність ≥ 150 Вт
Канали придушення: 860-960MHz 1160-1300MHz (GPS L2,L5 GLONAS G2,G3) BAIDOW B2,B3 GALILEO E5,E6) 1550-1630MHz (GPS L1 GLONAS G1 BAIDOW B1 GALILEO E1) 2400-2500MHz 5150-5850MHz

Піранья – Купол

Потужність ≥ 200 Вт
Канали придушення: 860-960MHz 1160-1300MHz (GPS L2,L5 GLONAS G2,G3 BAIDOW B2,B3 GALILEO E5,E6) 1550-1630MHz (GPS L1 GLONAS G1 BAIDOW B1 GALILEO E1) 2400-2500MHz 5150-5850MHz

Піранья – 15 БСП

Стационарно - мобільна анти БПЛА та антидронна система постановки радіоперешкод на великій відстані

Потужність $\geq 1,5$ кВт

14 каналів подавлення
Постановки радіоперешкоди на частотах сигналів від 200 МГц до 6000мГц



КОМПЛЕКСИ РЕБ ЗС РФ

МАЛОГАБАРИТНІ, МОДУЛЬНІ та НОСИМІ



РП-377 «Лісочок»

Призначений для захисту броньованої та автомобільної техніки, а також особового складу від радіокерованих мін та саморобних вибухових пристроїв аналогічного принципу дії.

Дальність до 150 м

Діапазон частот 25-2500 МГц

Волнорез

Російський комплекс радіоелектронної боротьби, який призначений для захисту бронетехніки від бпла, шляхом придушення зв'язку безпілотників

Комплекс РЕБ представлений кількома всенаправленими антенами, котрі здатні створювати перешкоди потужністю до 30 Вт на частотах 0,3-6 ГГц.



Комплекс «Лесочек» - малогабаритные носимые и возимые передатчики помех локальным линиям радиосвязи и управления как в стационарных условиях, так и в движении. Может размещаться на бронетехнике, автомобиле и в рюкзаке.



Призначений для виявлення саме малорозмірних дронів типу Mavic. Але система також виявляє і більші повільні дрони, наприклад RQ-11B Raven.

КОМПЛЕКСИ РЕБ ЗС РФ



МАЛОГАБАРИТНІ, МОДУЛЬНІ та НОСИМИ

Серп-ВС5

Комплекс здатен придушувати управління дронами на відстані до 5 км. Обладнання дозволяє «глушити» одночасно кілька каналів, що забезпечує захист об'єктів від атак одночасно кількох БПЛА

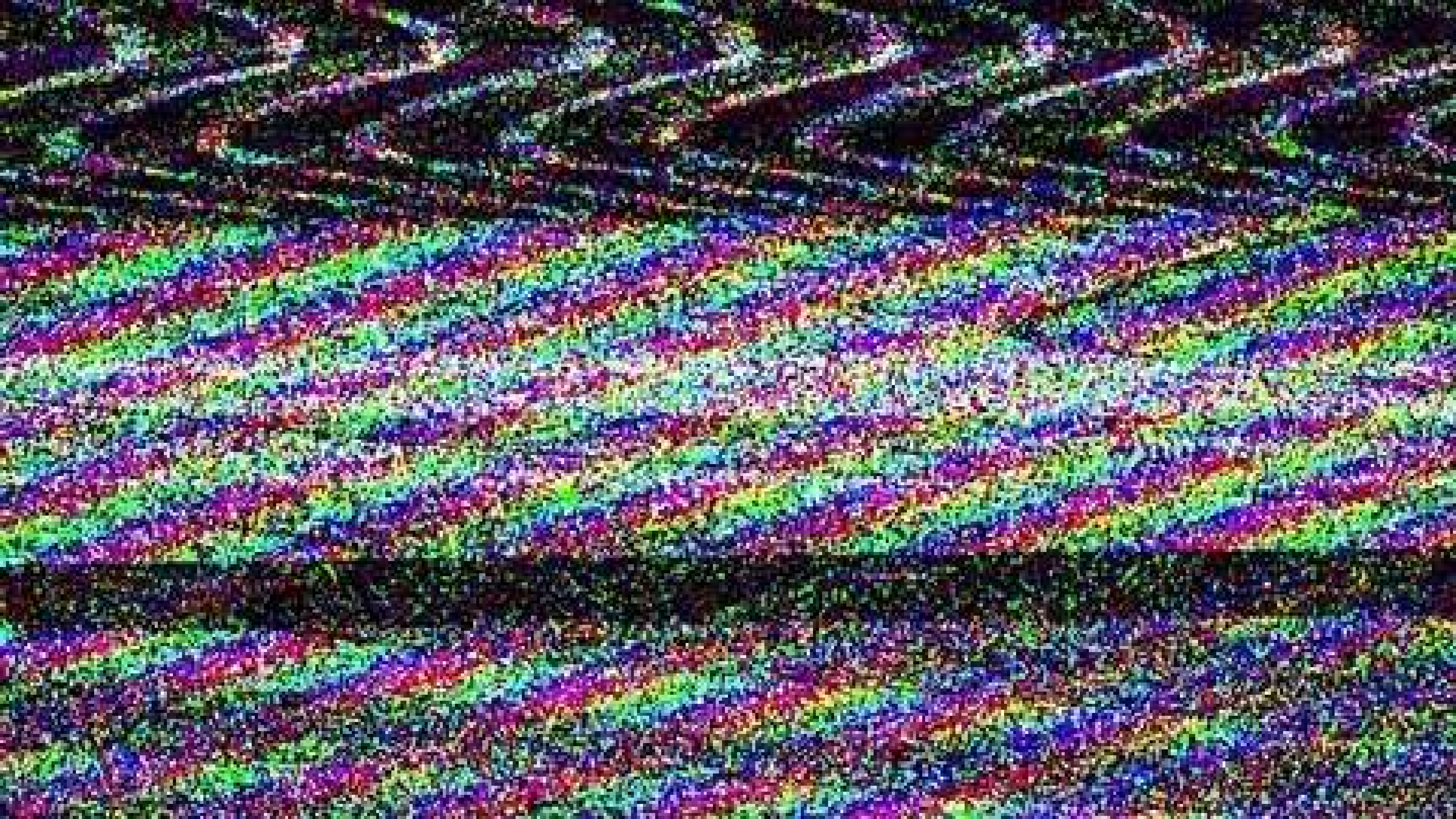
Діапазон частот від 900 МГц до 5,8 ГГц

ROSC-1

Призначений для виявлення саме малорозмірних дронів типу Mavic. Але система також виявляє і більші повільні дрони, наприклад RQ-11B Raven.

Важливою особливістю ROSC-1 є можливість приєднати кілька комплексів в одну мережу, тим самим створивши своєрідний РЕБ-купол.

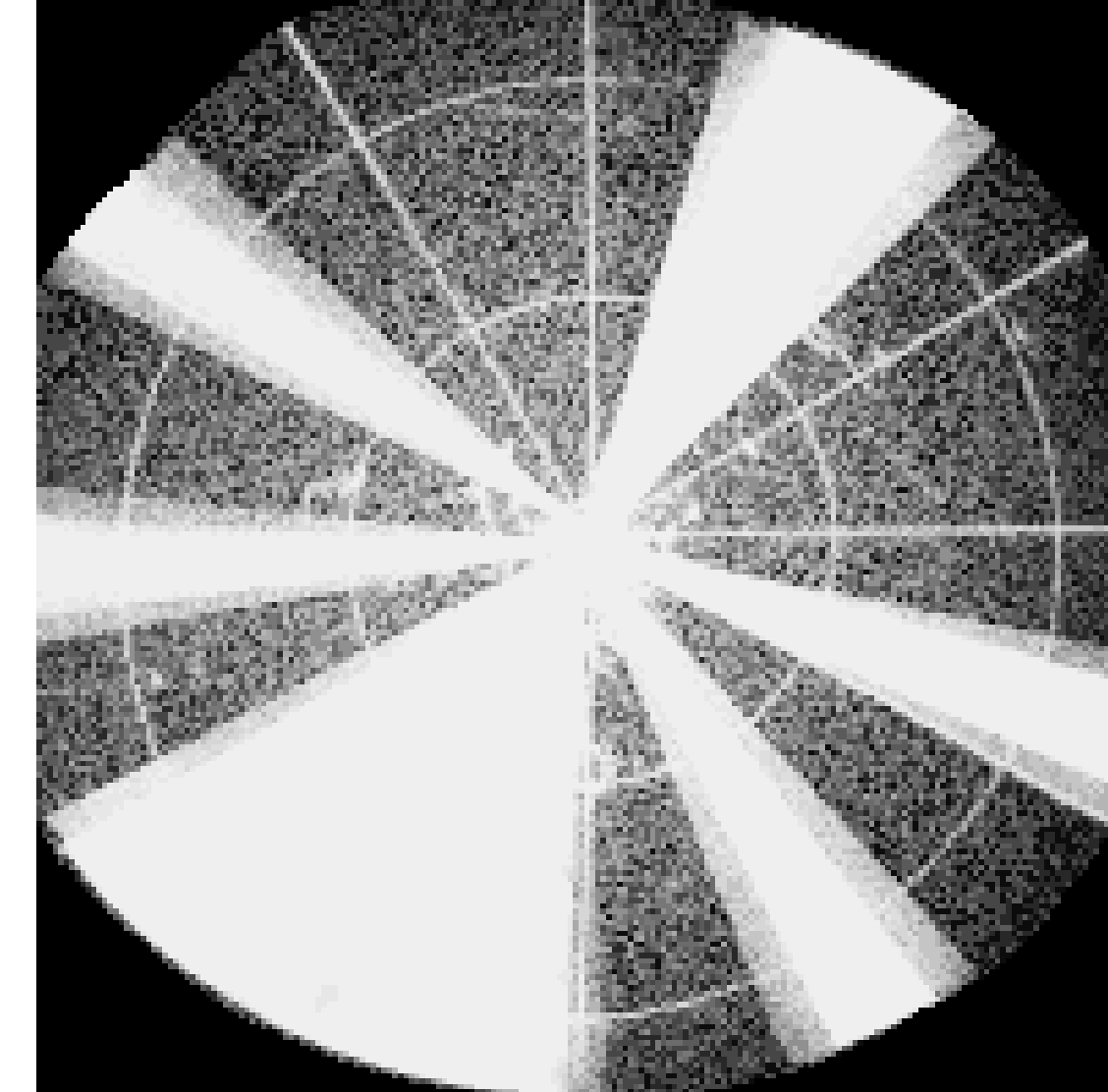
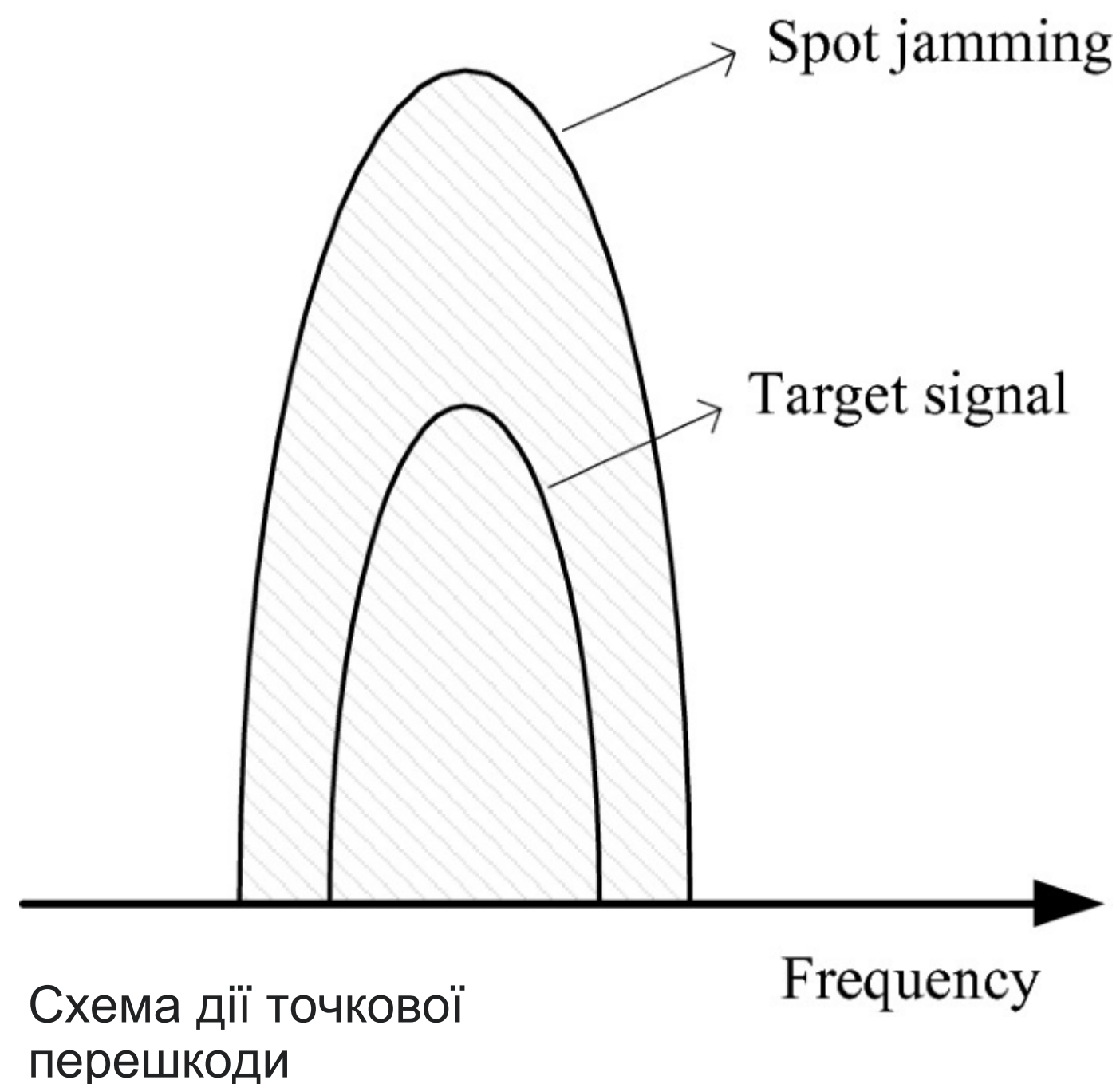




ВИДИ ПЕРЕШКОД

ТОЧКОВА ПЕРЕШКОДА

- **Точкова перешкода** – це тип зосередженої потужності, який використовується для атаки на певний канал або частоту. Зазвичай його важко відстежити, оскільки складно виявити, яка конкретна частота зачіпається під час атаки точкового глушіння. Недоліком є те, що сигнали з ППРЧ не вразливі до такого способу.
- Найпростішим зразком такого глушіння може бути аналогова чи DMR радіостанція, під'єднана через підсилювач до направленої антени та спрямована в бік ворожого ретранслятора.

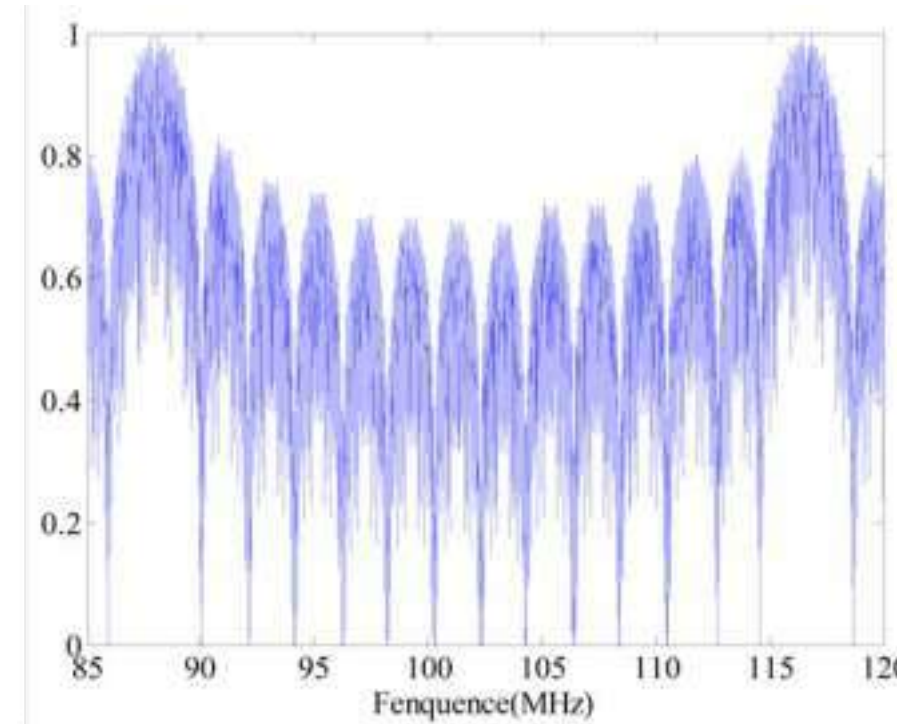


Візуалізація дії точкової перешкоди на радар

ВИДИ ПЕРЕШКОД

ПЛАВАЮЧА ПЕРЕШКОДА

- **Плаваюча перешкода** змінює частоту з часом пробігаючи коротким імпульсами по певній частині спектру. До цієї категорії відносяться усі сигнали на базі **ГКН - Генератора, керованого напругою (VCO – Voltage controlled oscilator)** може мати модуляцію у вигляді пили або синусоїди та керується напругою яка подається на нього. Більшість модулів РЕБ ГУН мають сигнал у вигляді пили. ГКН – простий і дешевий спосіб створення перешкоди але має недоліки. Перешкода йде швидкими імпульсами через проміжок часу, тому сигнал ППРЧ може пролізти через сітку імпульсів. Тобто потік імпульсів має бути щільнішим, ніж ППРЧ.



Візуалізація перешкоди на основі ГКН на спектрі

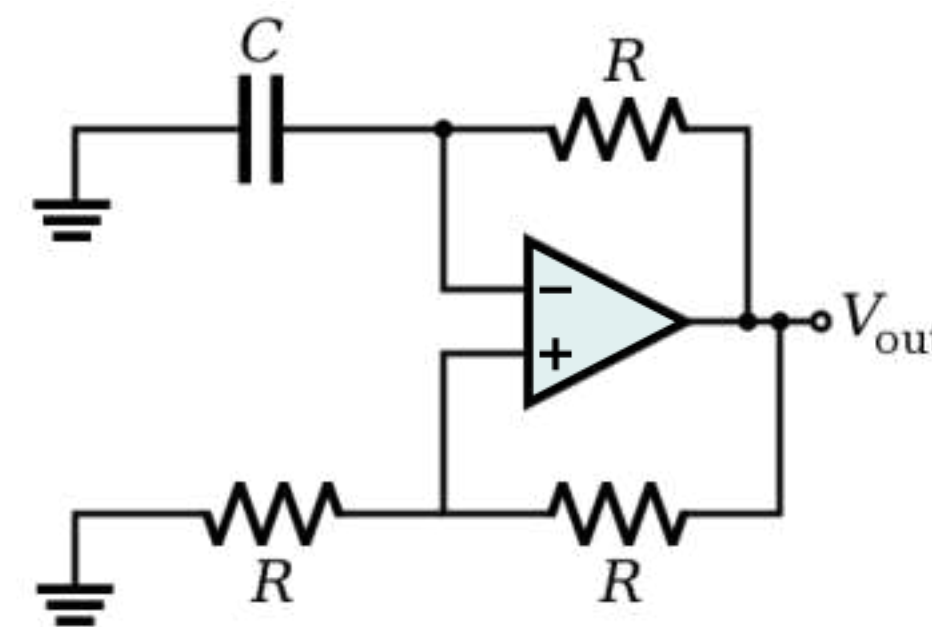
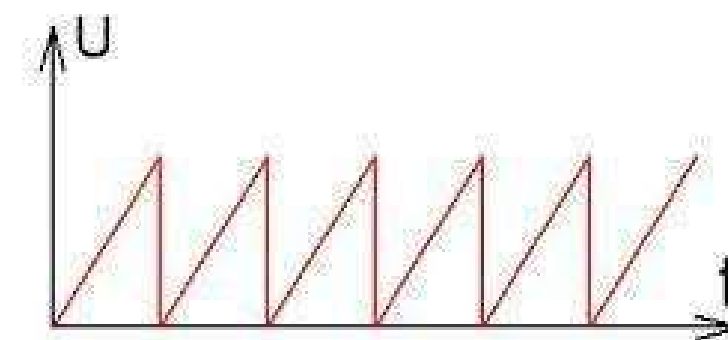


Схема ГКН



Візуалізація пило-подібного сигналу ГКН

Пристрої на основі ГКН



ВИДИ ПЕРЕШКОД

СУЦІЛЬНА ПЕРЕШКОДА

- **Суцільна перешкода** передбачає блокування багатьох частот одночасно. Така перешкода більш ефективна ніж плаваюча чи точкова, однак використовує багато ресурсів і потужності тому ефект може бути обмеженим. Один з методів створення такої перешкоди є **DDS – Direct Digital Sinthesis** або **прямий цифровий синтез**. Він набагато ефективніший за метод ГУН, тому, що дає щільнішу перешкоду через яку майже неможливо прорватись корисному сигналу.



Пристрої глушіння на основі DDS

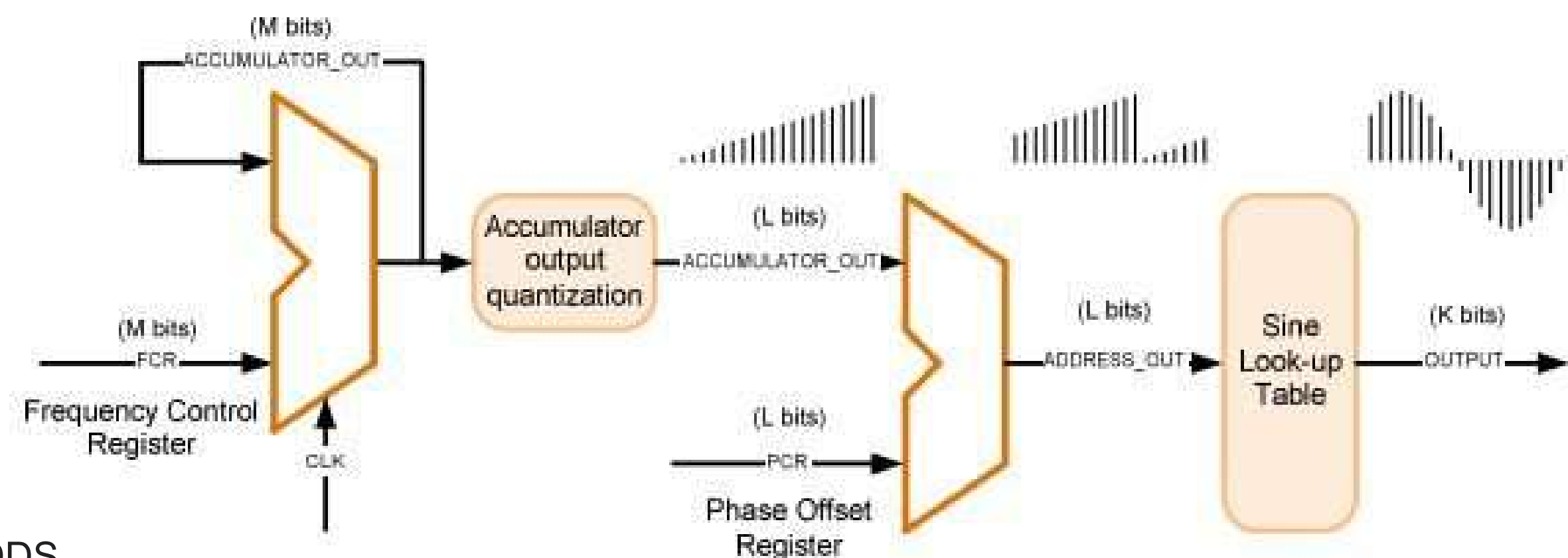


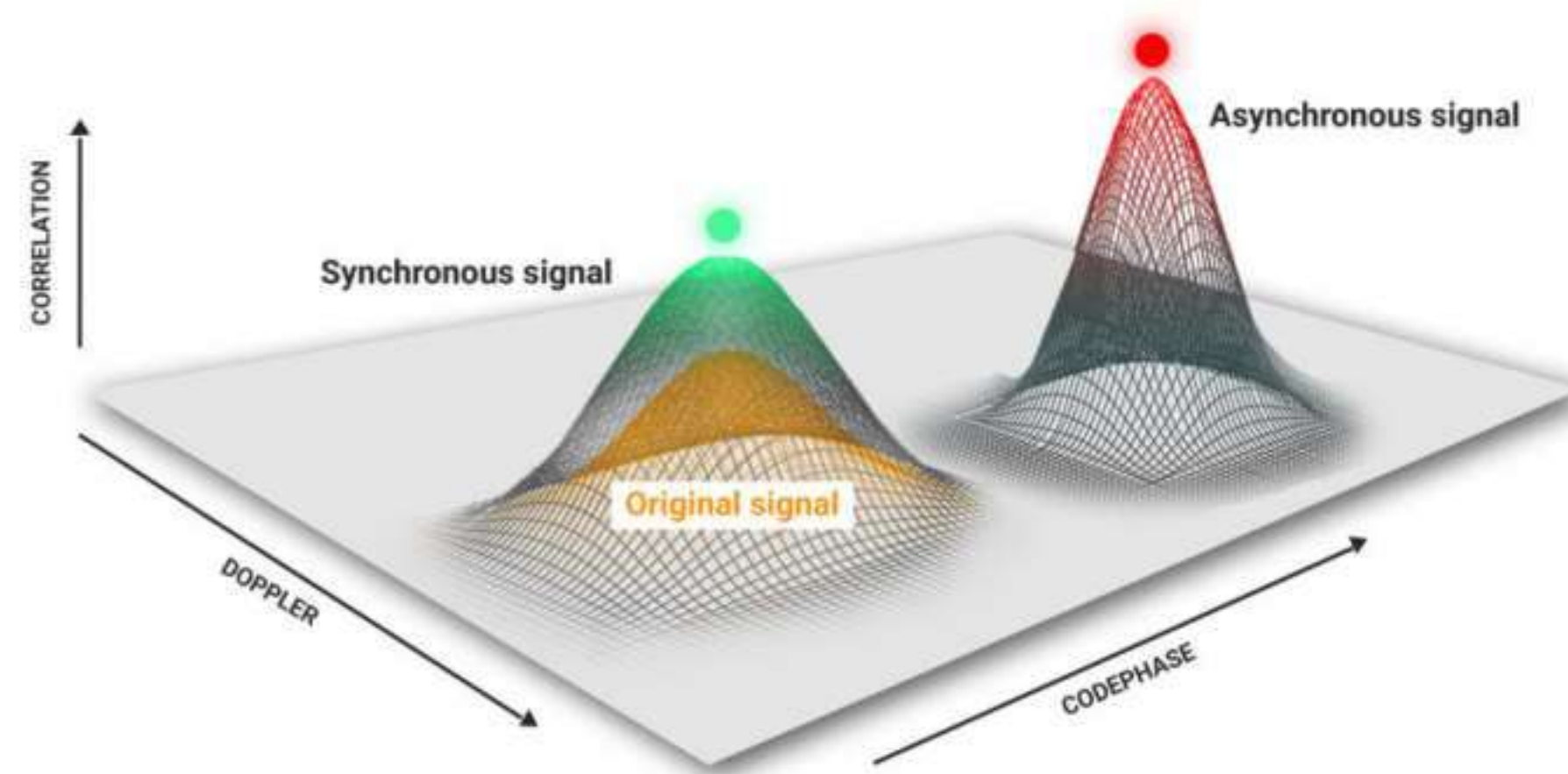
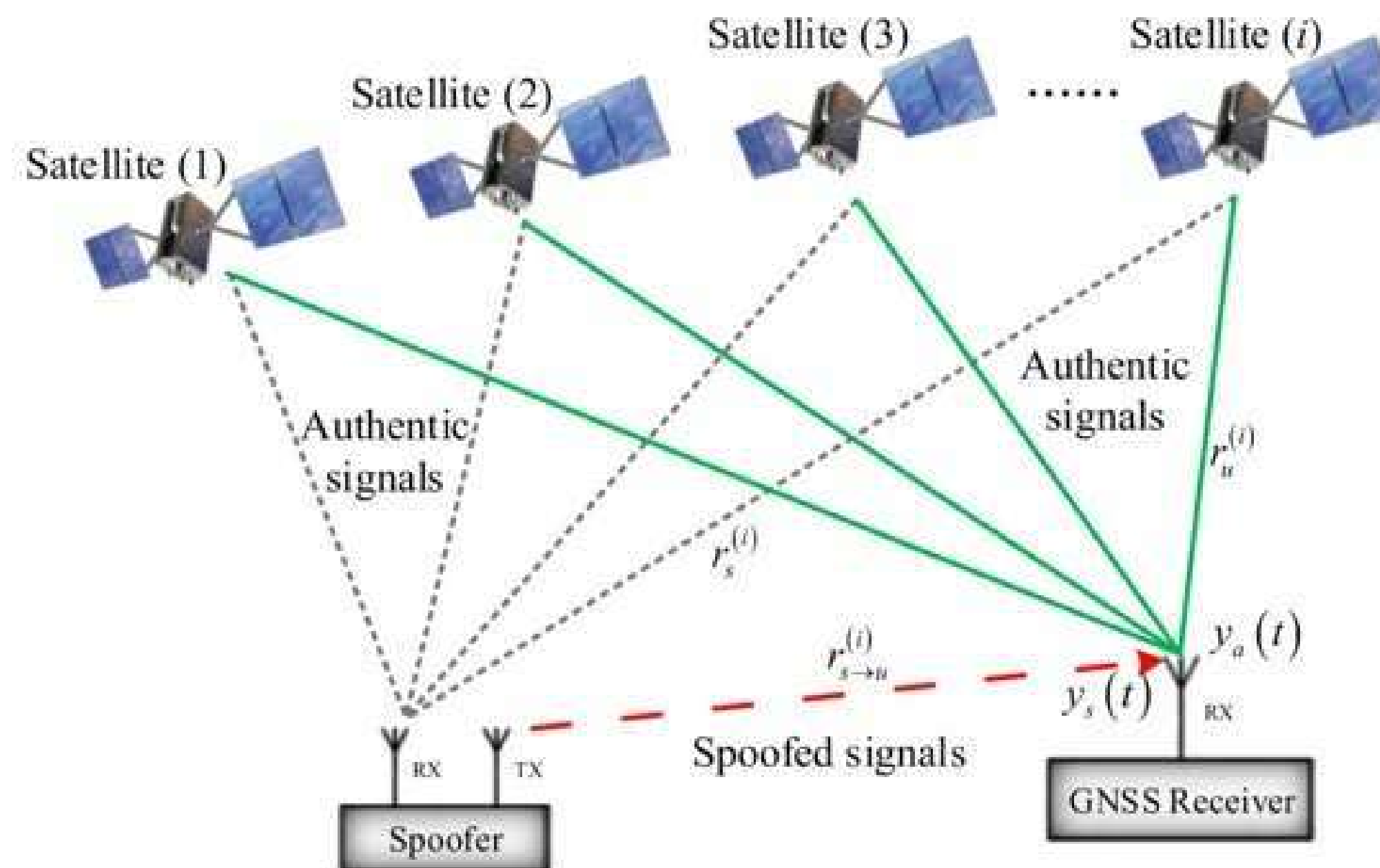
Схема DDS



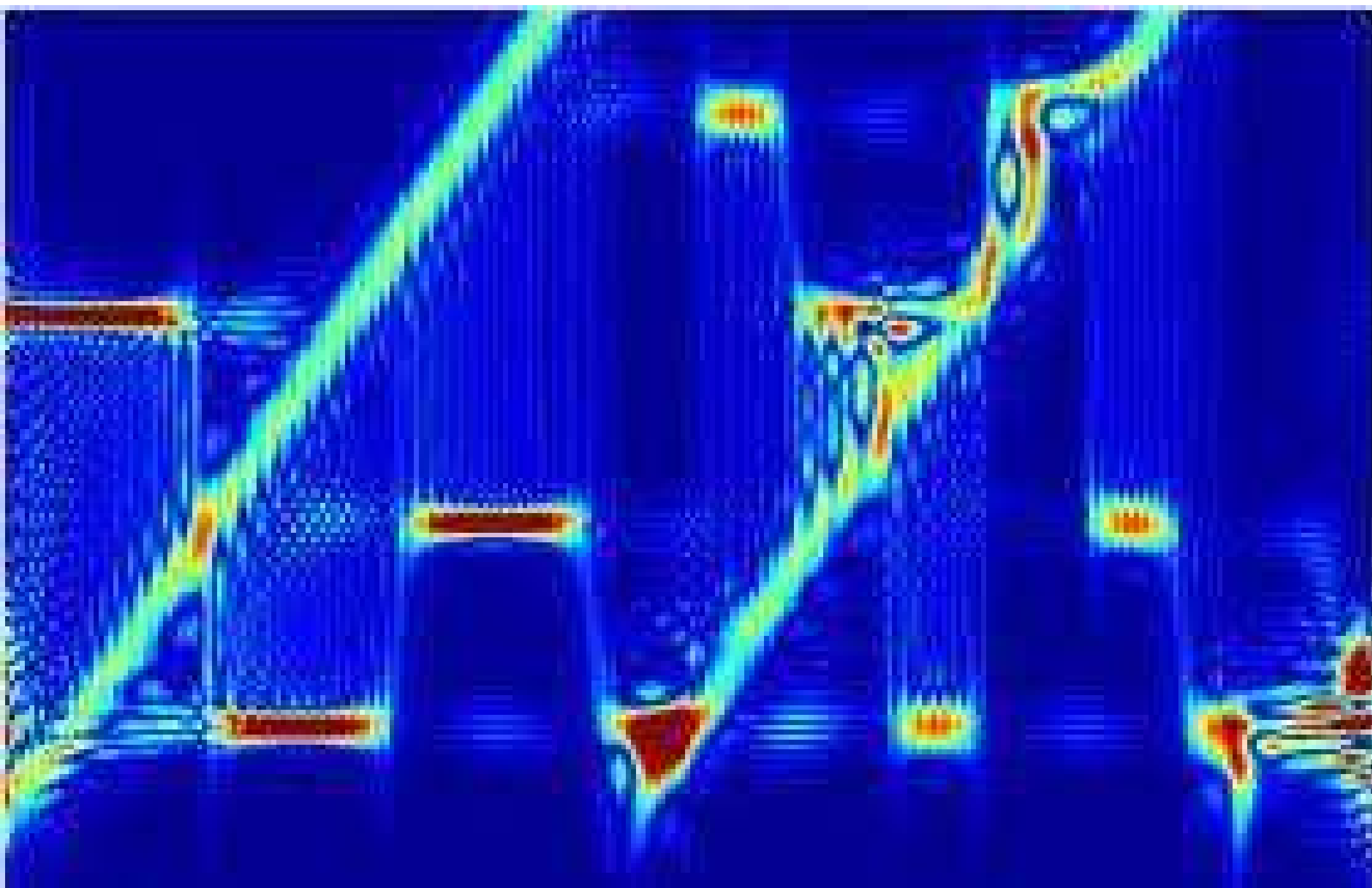
ВИДИ ПЕРЕШКОД

РОЗУМНА ПЕРЕШКОДА

- Одним з типів перешкоди є **розумна перешкода**. Найбільш високоякісне обладнання використовує саме цей метод. Він полягає в тому, щоб аналізувати джерело сигналу та підміняти його більш потужним хибним сигналом. До прикладів таких перешкод відносяться усі так звані «спуфери». Вплив такої перешкоди можна іноді побачити на підміні сигналу GPS в результаті якого системи навігації отримують хибне позиціонування.
- За допомогою такого методу можна маскувати силуети об'єктів на радарі, збивати бортові навігаційні системи та виводити з ладу системи комунікацій.
- Такі перешкоди найбільш складно виявити а результати їх роботи на початковому етапі можна навіть не помітити.

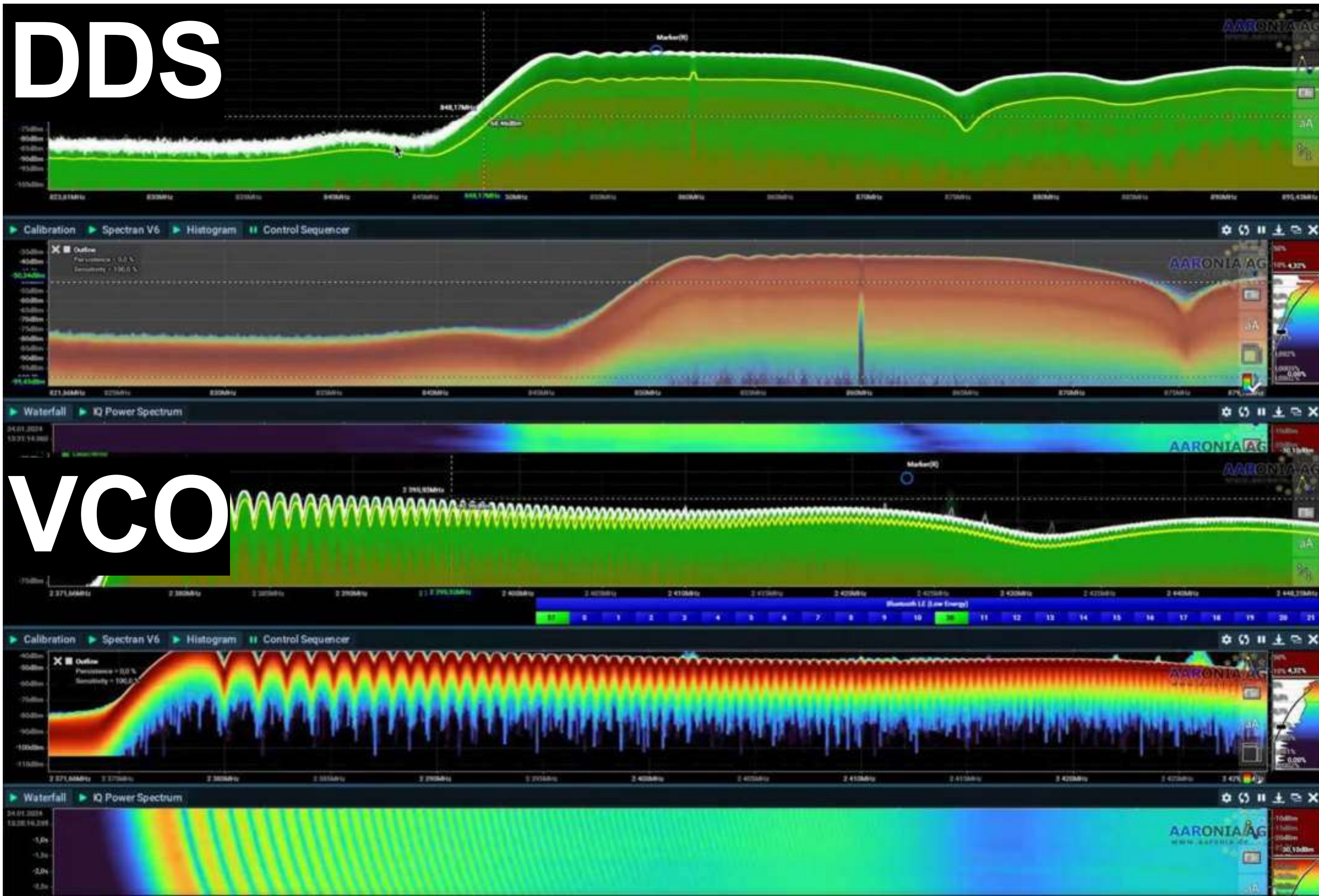


ПОРІВНЯННЯ МЕТОДІВ ФОРМУВАННЯ СИГНАЛУ ПЕРЕШКОДИ



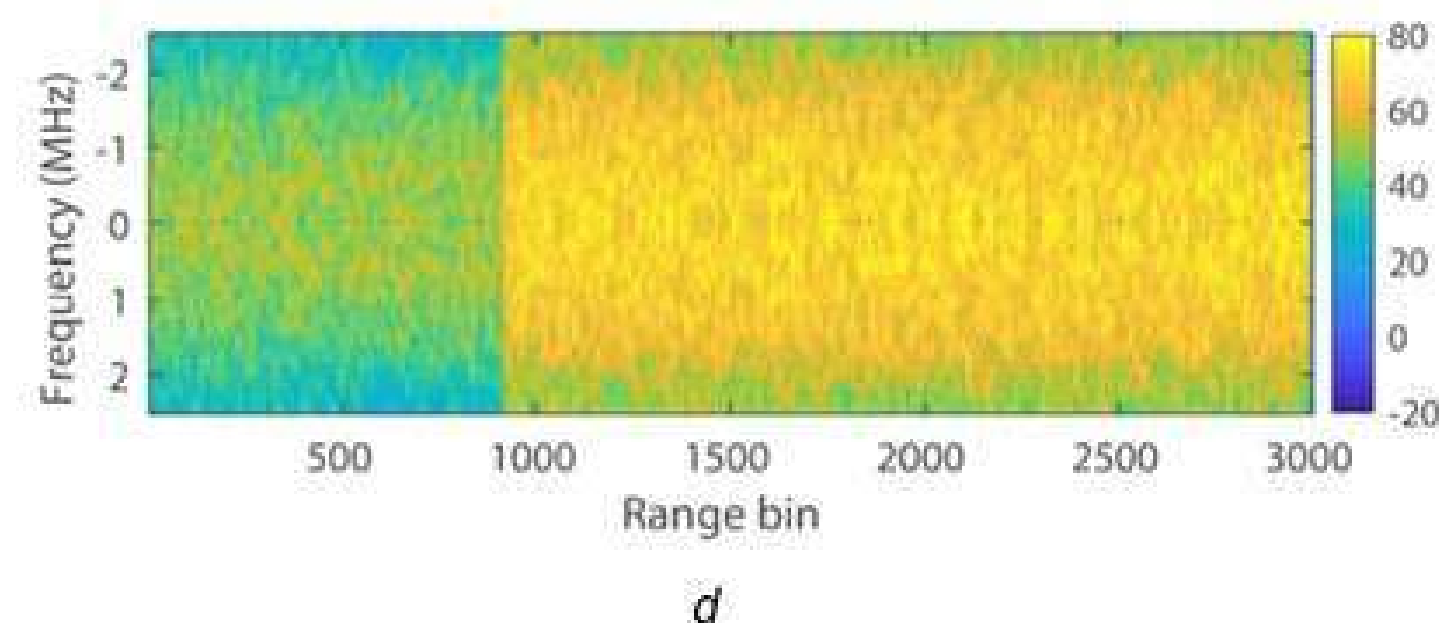
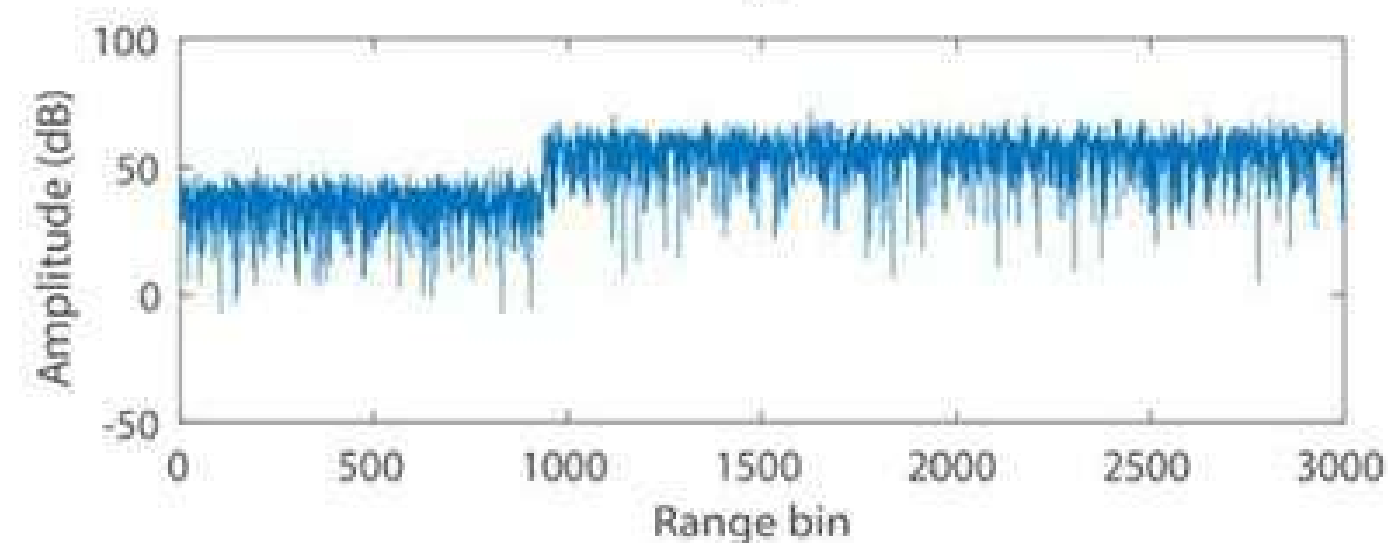
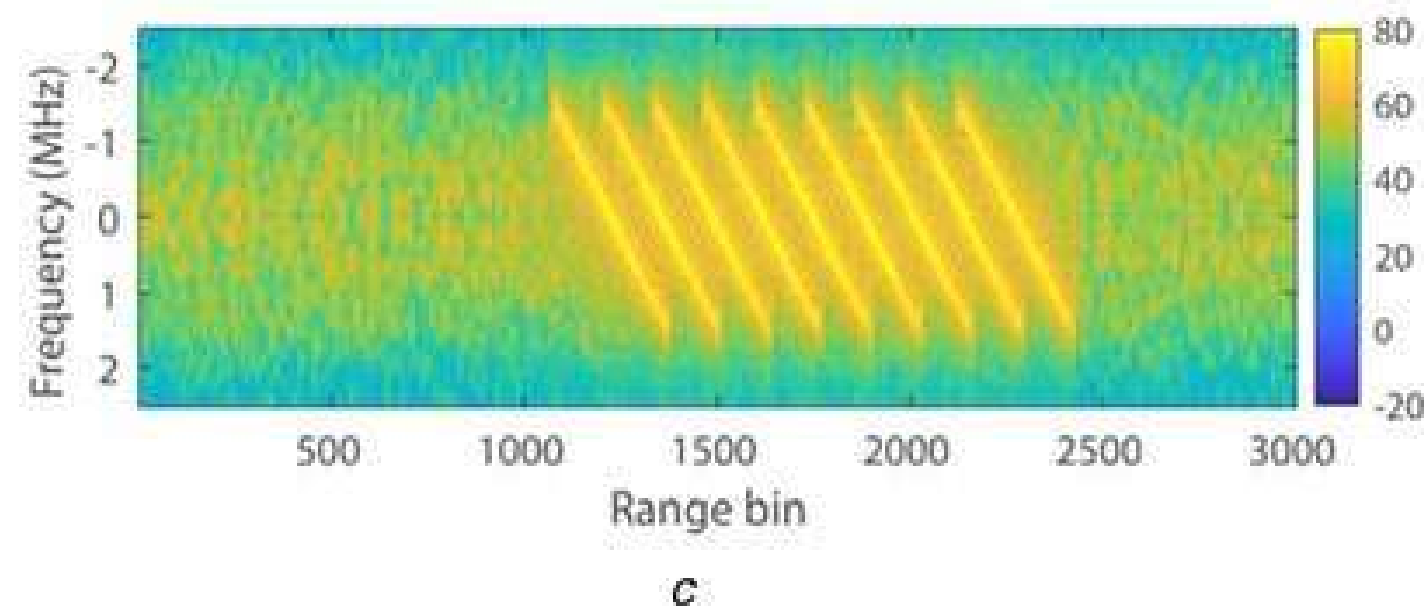
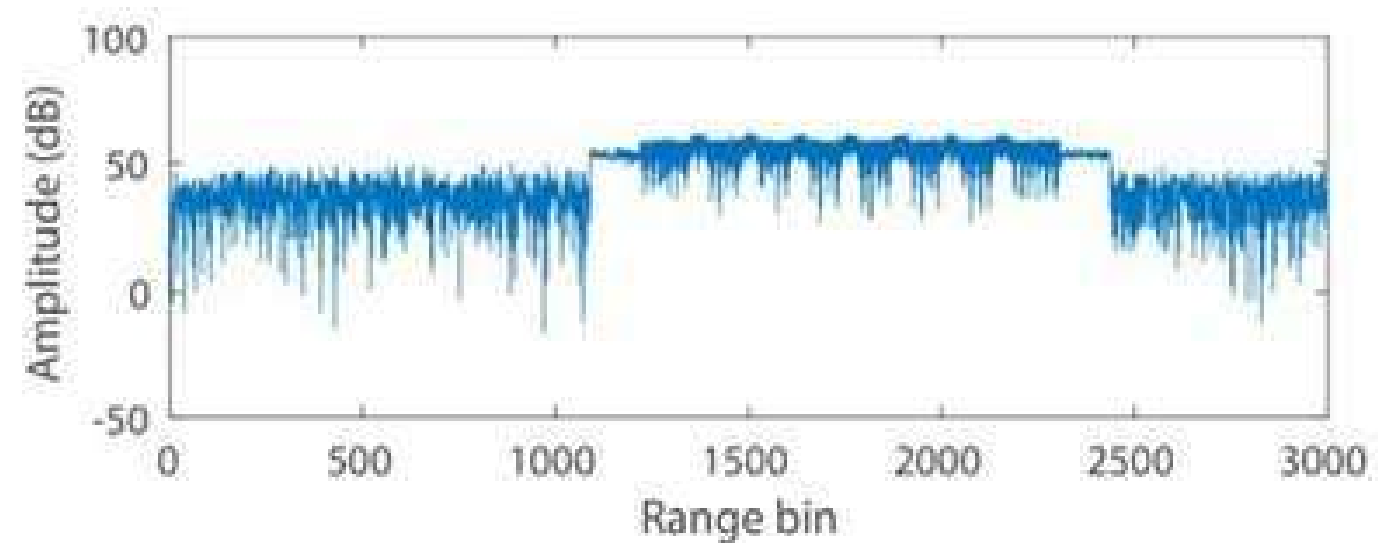
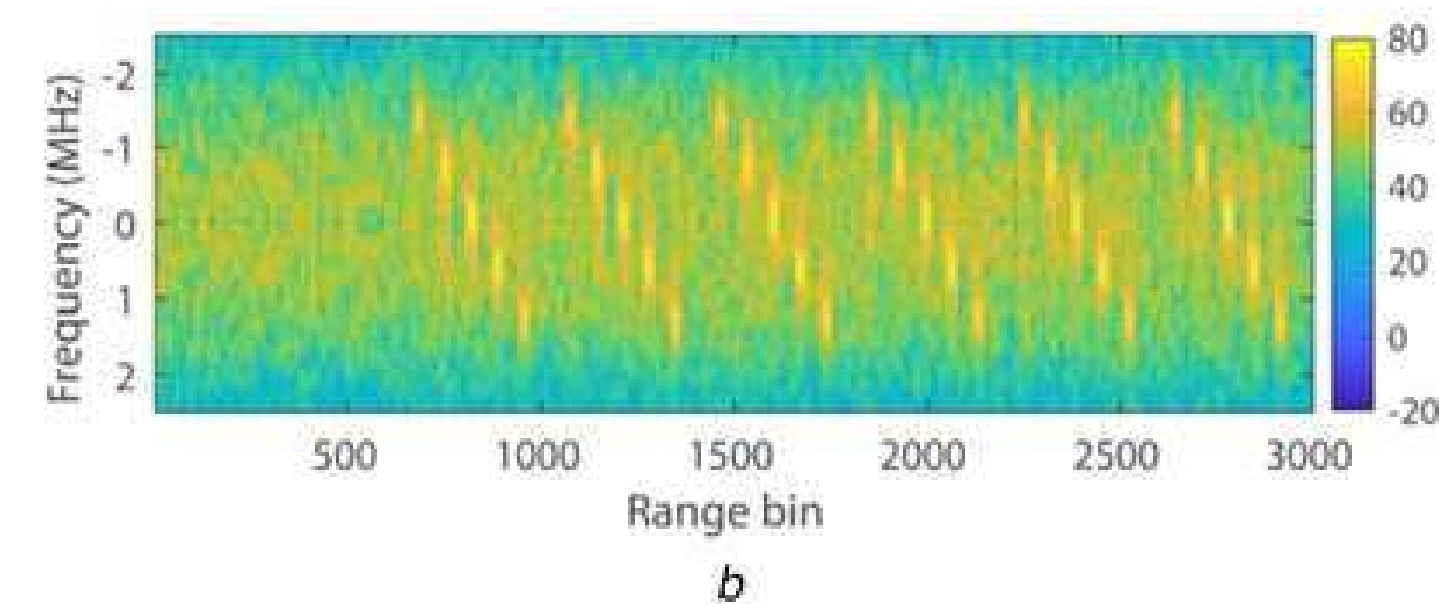
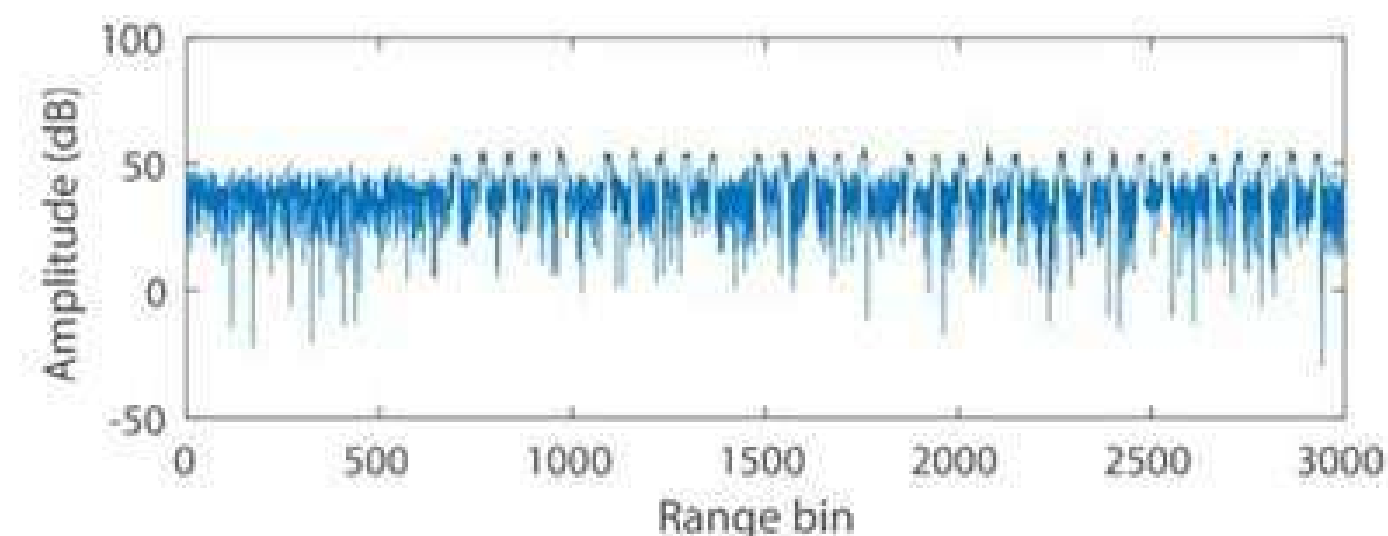
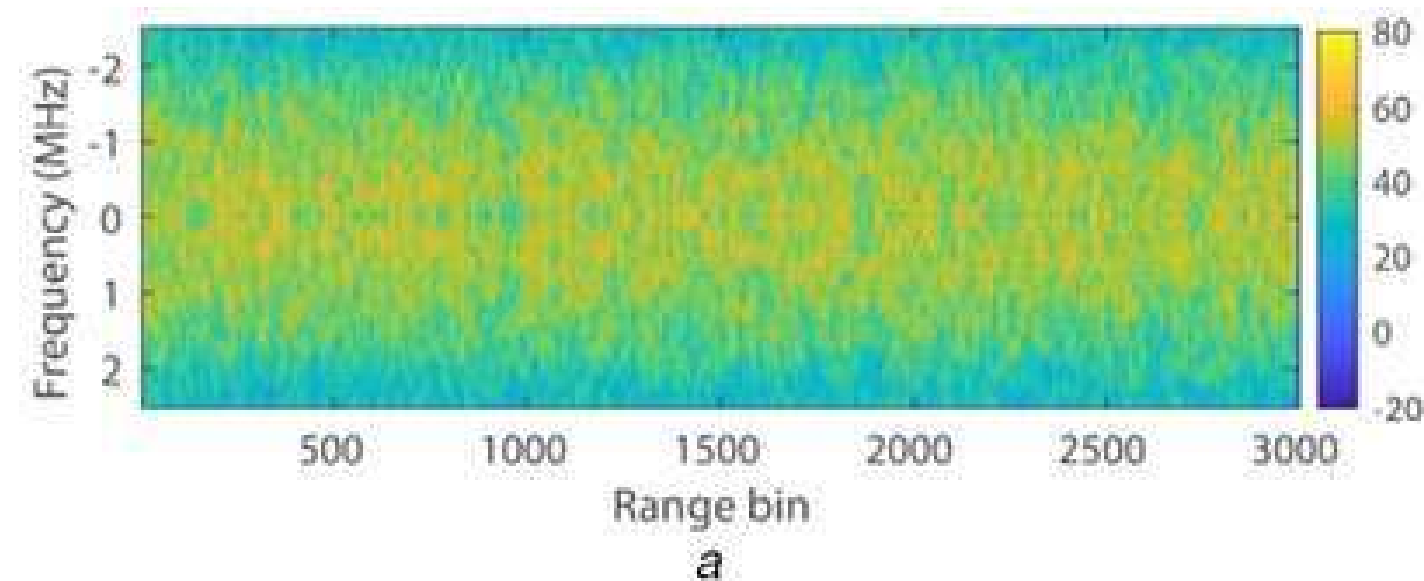
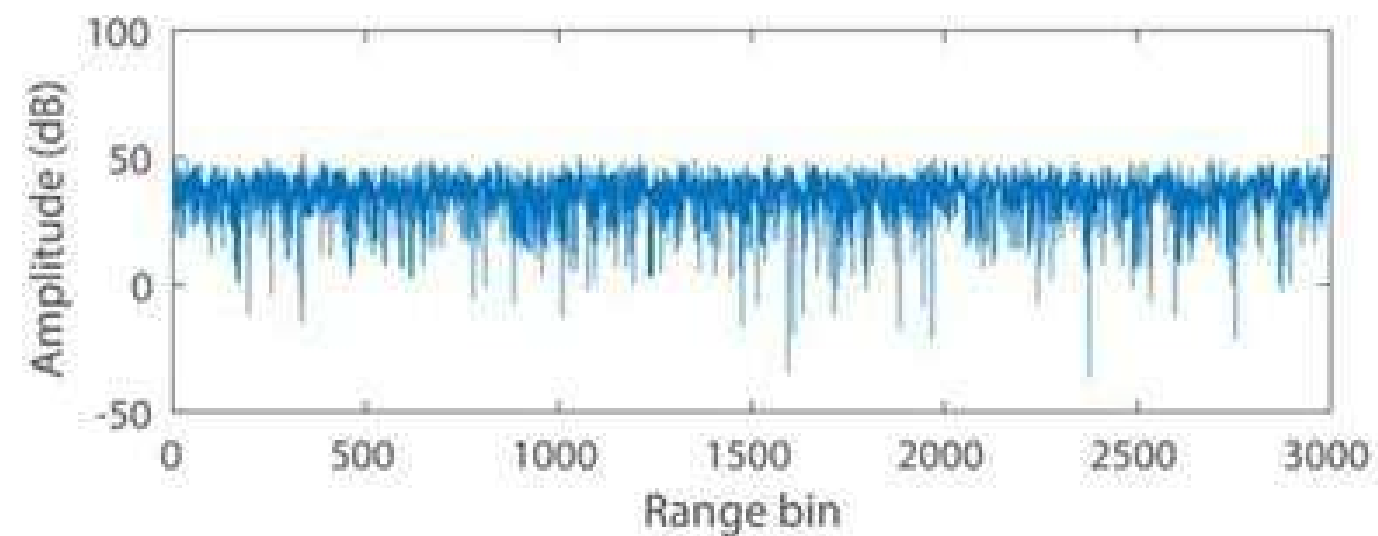
Візуалізація проходження сигналів ппрч крізь плаваючу перешкоду ^^

Порівняння перешкод згенерованих DDS та VCO на спектрі >>>



ПРИКЛАДИ ЗАВАД РАДАРУ НА ВОДОСПАДІ

Зразки чотирьох видів сигналів (вгору: у часовій області, вниз: у частотно-часовій області) (a) завада відстня, (b) вузькоімпульсна завада, (c) завада підміною цілі, (d) суцільна завада





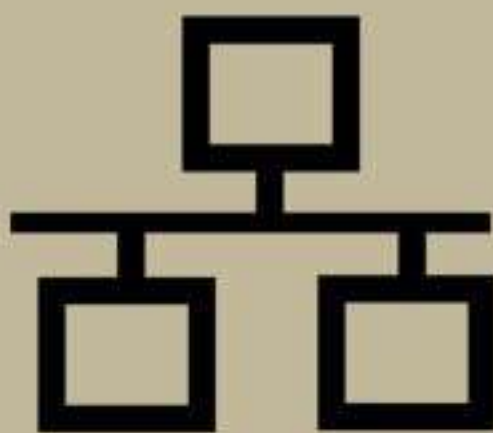
ЗАХОДИ ПРОТИДІЇ РЕБ

ДРОТОВИЙ ЗВ'ЯЗОК

- **НЕ ВИКОРИСТОВУЙТЕ РАДІОХВИЛИ ДЛЯ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ, ЯКУ МОЖНА ПЕРЕДАТИ ЗА ДОПОМОГОЮ ДРОТІВ**
- Не встановлюйте радіостанції, ретранслятори та антени у вразливих до РЕБ місцях, натомість використайте радіо-виноси до дротових телефонів та підключення радіостанцій по IP мережі або через польовий кабель за допомогою powerline.
- Не покладайтесь на WIFI точки доступу, натомість використовуйте ETHERNET та USB адаптери для пристроїв без ETHERNET виходів.



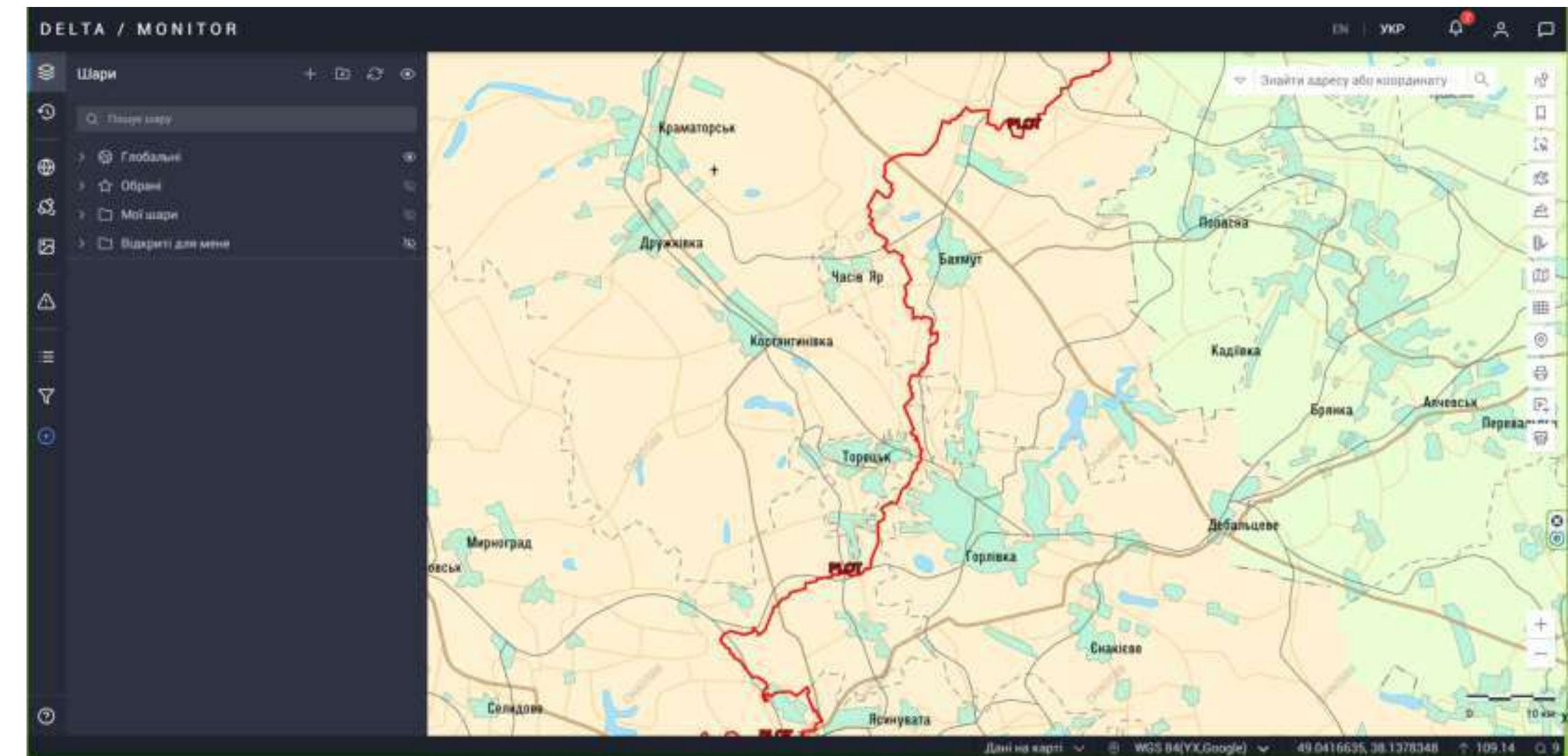
Vs.



ЗАХОДИ ПРОТИДІЇ РЕБ

КООРДИНАЦІЯ ДІЙ

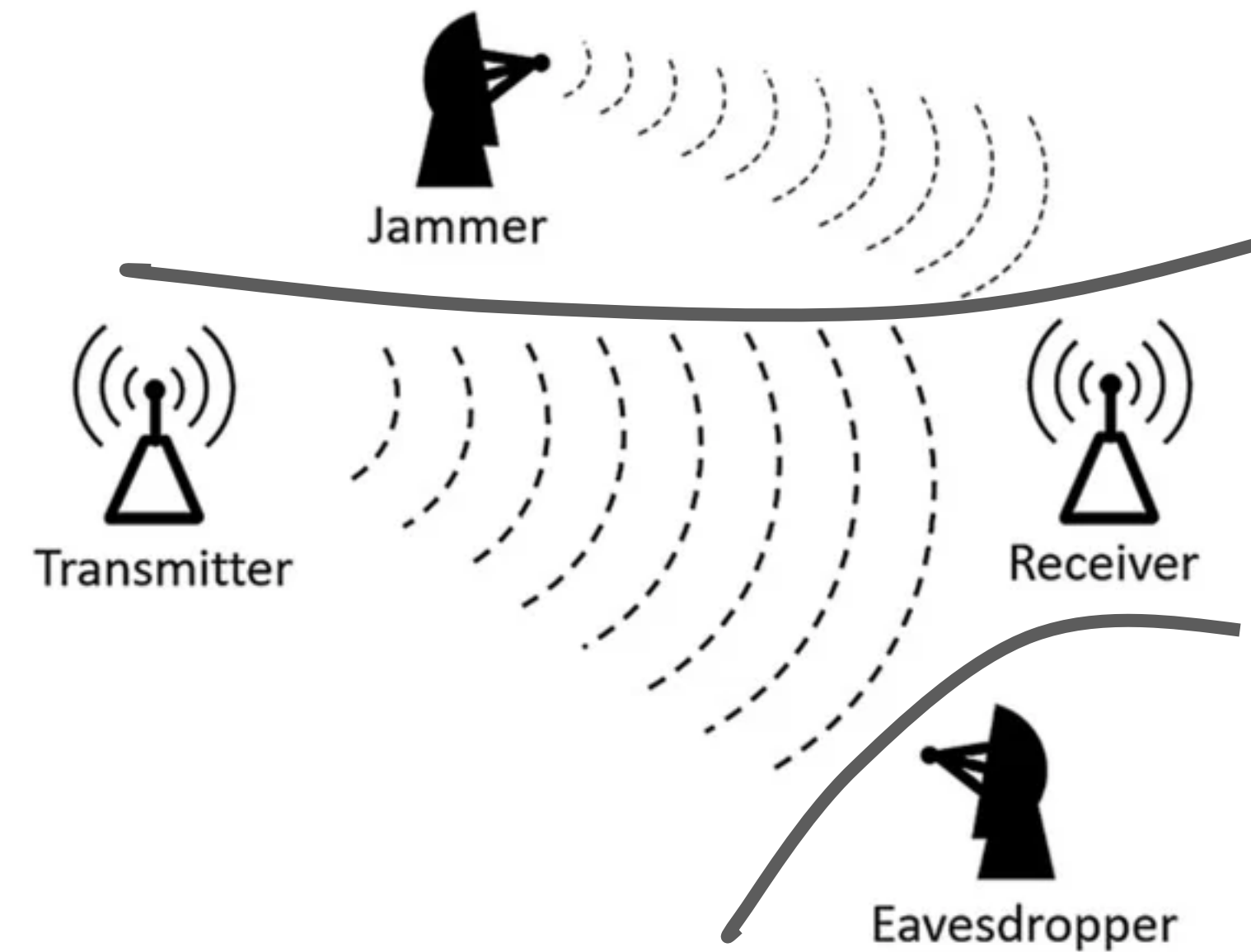
- Використання засобів РЕБ в зоні бойових дій має бути чітко скоординоване та **враховувати як дії ворога так і дії суміжних підрозділів**. Для цього використовуються такі засоби, як **C4ISR, Delta, Кропива, Вежа та Графіт**
- Підрозділами РЕБ ЗСУ виконується **постійний моніторинг та обробка інформації щодо електромагнітної обстановки на лінії зіткнення**. Після обробки ця інформація включно із потенційними районами застосування засобів РЕБ противника з'являється у відповідних шарах на DELTA до яких можна отримати доступ за запитом відповідно до ОТУВ.
- На основі такої інформації можна прийняти рішення про застосування того чи іншого обладнання та засобів зв'язку а також про міри, які можна застосувати для нейтралізації впливу РЕБ противника.



ЗАХОДИ ПРОТИДІЇ РЕБ

ВИКОРИСТАННЯ МІСЦЕВОСТІ

- Ще один спосіб захисту від РЕБ - використання **природної та штучної геометрії місцевості** для обмеження видимості приймально-передавальних пристроїв з боку потенційної дії засобів РЕБ противника.
- Розташуйте УКХ антени в середині будівель або за перепадами рельєфу таким чином, щоб зі сторони, з якої потенційно може діяти РЕБ або працювати радіорозвідка противника вони були прикриті.
- Спрямуйте антену таким чином, щоб найбільші проміні на діаграмі спрямованості перекривали саме необхідний вам сектор фронту.



ЗАХОДИ ПРОТИДІЇ РЕБ

ПЕРЕВАГА В ПОВІТРІ

- Оскільки у ЗС РФ майже відсутні повітряні засоби РЕБ, то його їм надзвичайно важко придушити вузько направлені сигнали спрямовані вгору.
- Супутниковий зв'язок по типу STARLINK дуже стійкий до впливу наземного РЕБ, тому, що антенна решітка абонентських терміналів створює дуже вузький промінь спрямований на один із тисяч ретрансляційних супутників. Саме тому цей вид зв'язку знайшов застосування як основний засіб комунікацій з БПЛА, наземними та надводними дронами, які використовують в зоні активного глушіння інших видів навігації супротивником.
- Підняті на достатню висоту ретранслятори за допомогою аеростатів або БПЛА можуть забезпечити стабільний зв'язок із абонентами ближче до землі, але слід пам'ятати, що такі об'єкти стають дуже вразливі до виявлення та придушення наземним РЕБ спрямованій дії.



ЗАХОДИ ПРОТИДІ РЕБ

ЗМІНА ЧАСТОТ ТА РЕЗЕРВНІ КАНАЛИ ЗВ'ЯЗКУ

- При виявленні впливу реб на ваші системи зв'язку та проаналізувавши спектр роботи завади та характер завади, можна прийняти рішення про **ЗМІНУ РОБОЧИХ ЧАСТОТ**.
- Для цього завчасно програмуються **РЕЗЕРВНІ КАНАЛИ ЗВ'ЯЗКУ** на радіостанціях та проводяться навчання з оперативного переходу на резервні частоти.
- Процедуру зміни частот необхідно максимально спростити для кінцевого користувача та в ідеалі автоматизувати.
- При використанні **ретранслятора** в комплексі із дуплексером, бажано забезпечити наявність **другого та навіть третього дуплексера**, налаштованого на інші частоти.
- В ідеалі при плануванні зв'язку в підрозділі потрібно забезпечити резервні канали, такі наприклад як радіостанції на інших діапазонах частот та додаткові ретранслятори, розгорнуті в пихованих локаціях, які активізуються у випадку придушення або знищення основного.
- Також зв'язок різних ланок управління потрібно диверсифікувати віддаючи перевагу більш стійкому та надійному зв'язку але і забезпечивши більш універсальними та стандартними засобами.

ЗАХОДИ ПРОТИДІЇ РЕБ

ЗМІНА ЧАСТОТ ТА РЕЗЕРВНІ КАНАЛИ ЗВ'ЯЗКУ

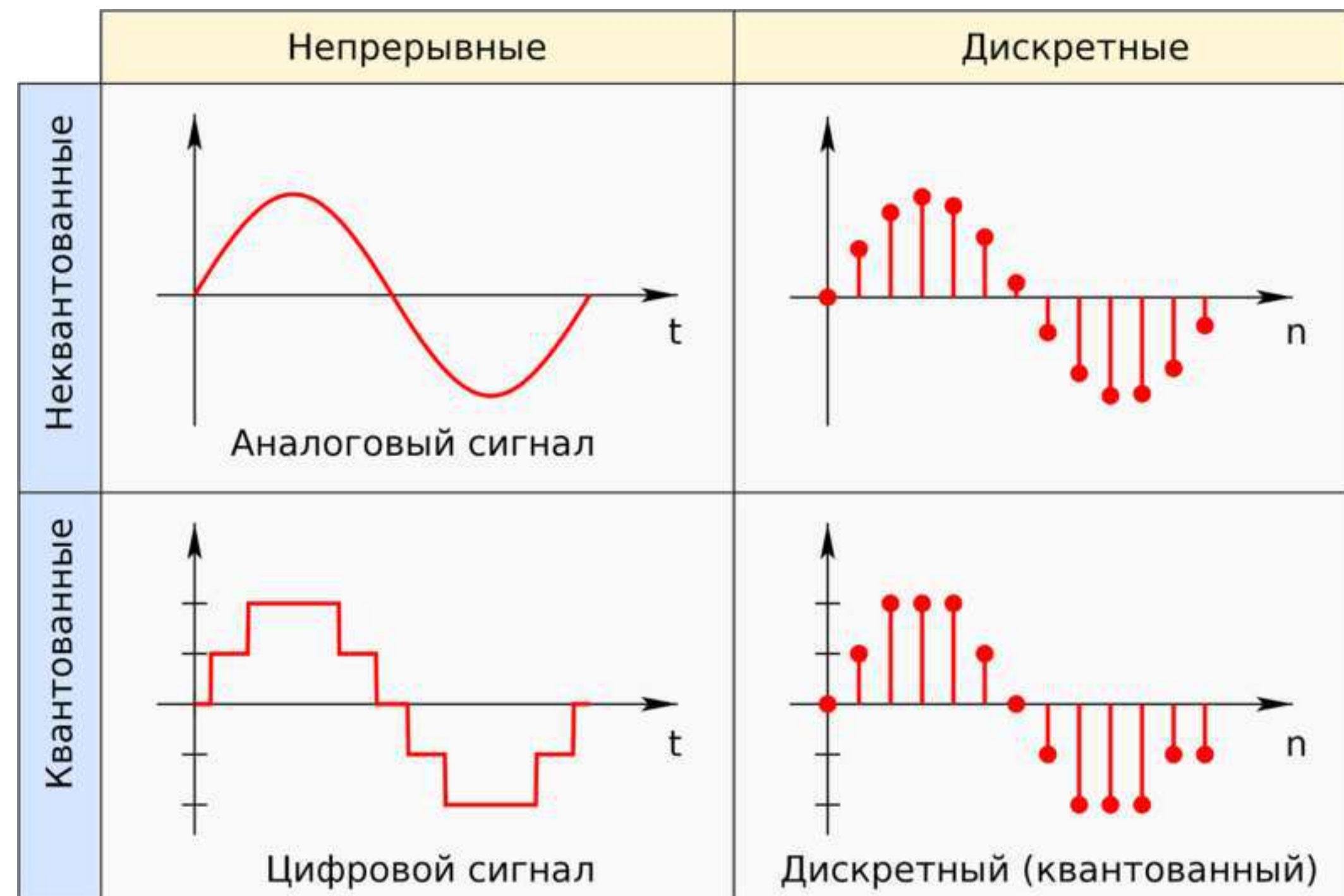
- Новий БПЛА **Leleka LR** використовує нестандартні частоти. Ворожі РЕБ ще не навчилися з ними працювати
- Резервування основних систем передбачає не один канал зв'язку, а декілька, які рознесені дуже далеко один від одного по частотах, і мають усі надважливі алгоритми шифрування.
- Допомагають працювати під дією РЕБ також навігаційні системи антиджемінгу на основі CRP-антенами і не тільки.



ЗАХОДИ ПРОТИДІЇ РЕБ

ЗАСТОСУВАННЯ АНАЛОГОВОГО ТА ЦИФРОВОГО ЗВ'ЯЗКУ

- **АНАЛОГОВИЙ ЗВ'ЯЗОК** передає постійну модульовану радіохвилю під дією РЕБ після демодуляції погіршується ефектом шуму але при якісній фільтрації шуму може бути частково відновлена.
- **ЦИФРОВИЙ ЗВ'ЯЗОК** кодує інформацію та передає інформацію пакетами. При втраті достатньої кількості таких пакетів за рахунок поганого сигналу, декодер на приймачі вже не зможе її відновити.
- Мінуси аналогового зв'язку у легкості його перехоплення, але дані, які не потребують шифрування та не зашкодять при перехопленні можна передавати аналоговим способом. При відсутності РЕБ або важливості безпеки передачі перевагу завжди треба віддавати цифровому зв'язку.



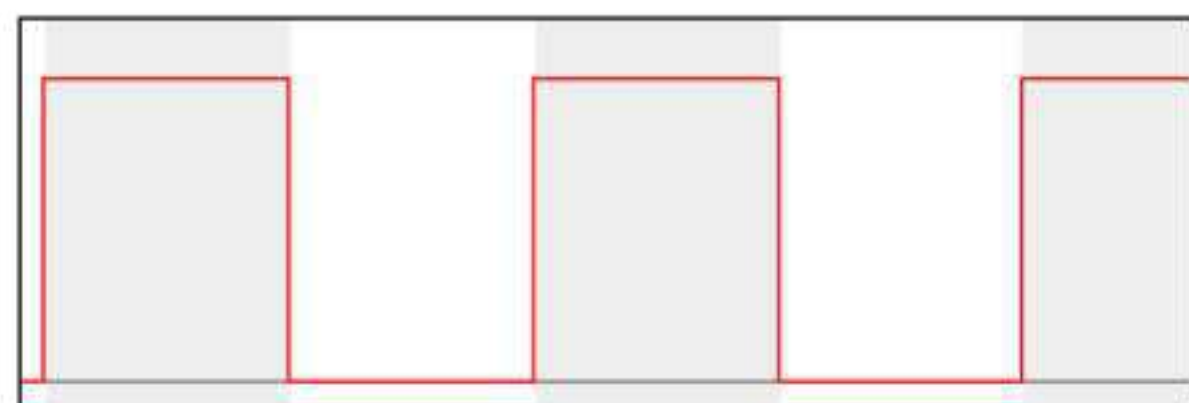
...
 $U_1 = 01$
 $U_2 = 10$
 $U_3 = 10$
 ...

...
 $U_1 = 1,44 \text{ В}$
 $U_2 = 1,76 \text{ В}$
 $U_3 = 1,98 \text{ В}$
 ...

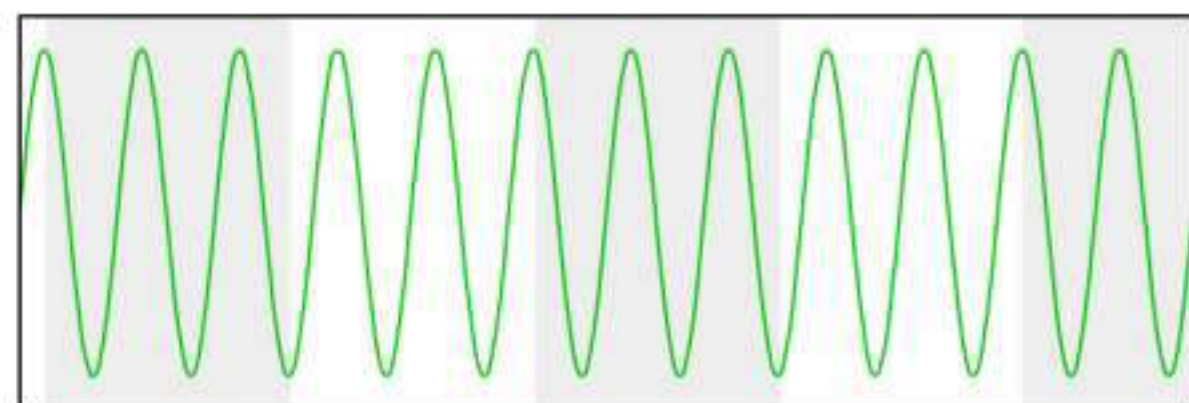
...
 $U_1 = 1,5 \text{ В}$
 $U_2 = 2 \text{ В}$
 $U_3 = 2 \text{ В}$
 ...

ЗАХОДИ ПРОТИДІ РЕБ

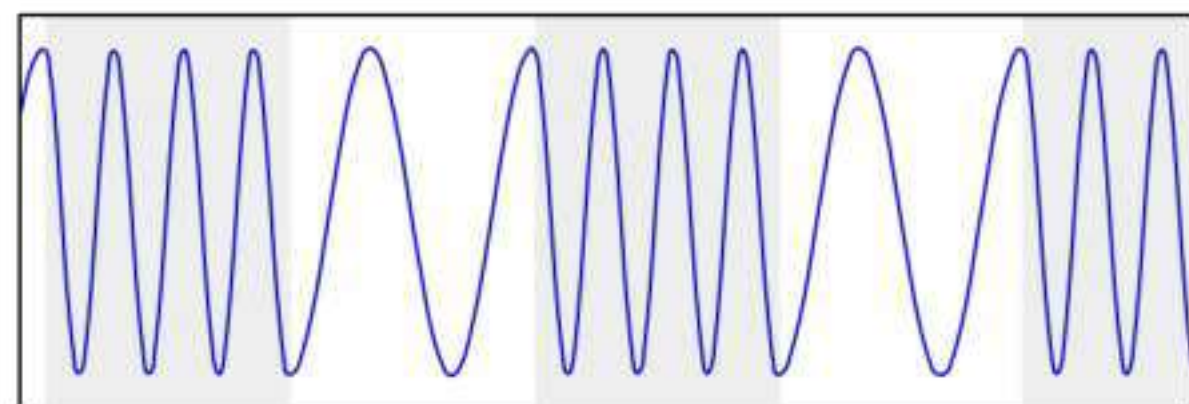
ЦИФРОВА МОДУЛЯЦІЯ / ПАКЕТИ ДАНИХ



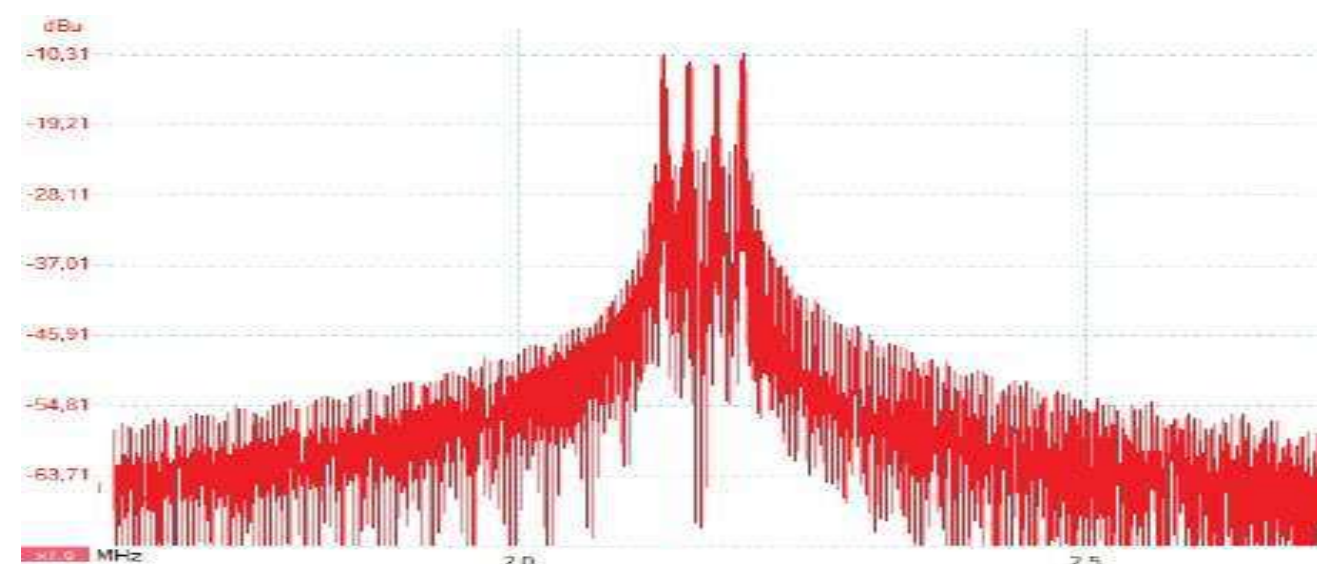
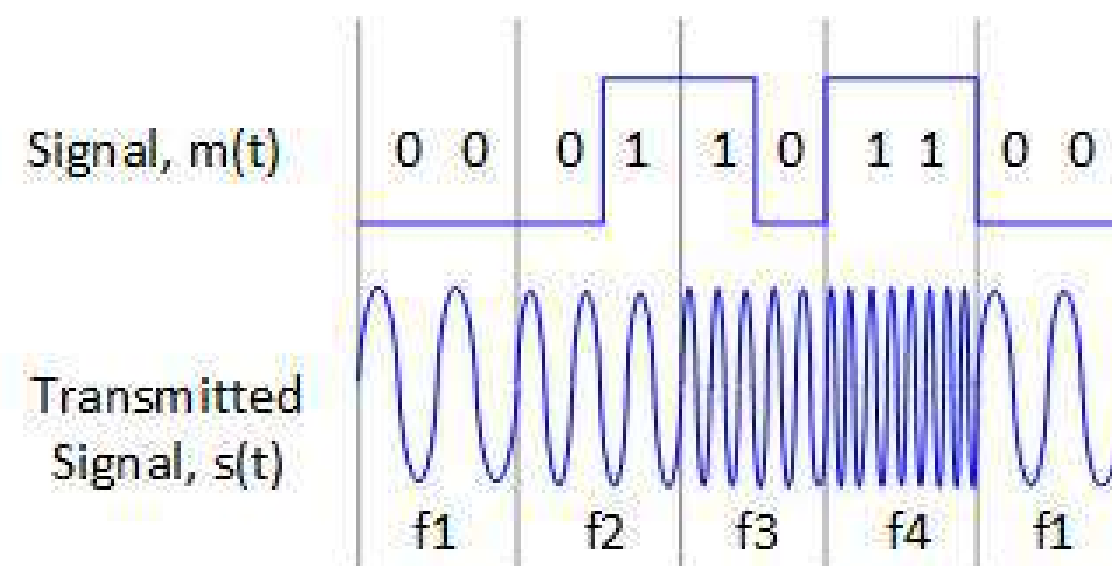
Data



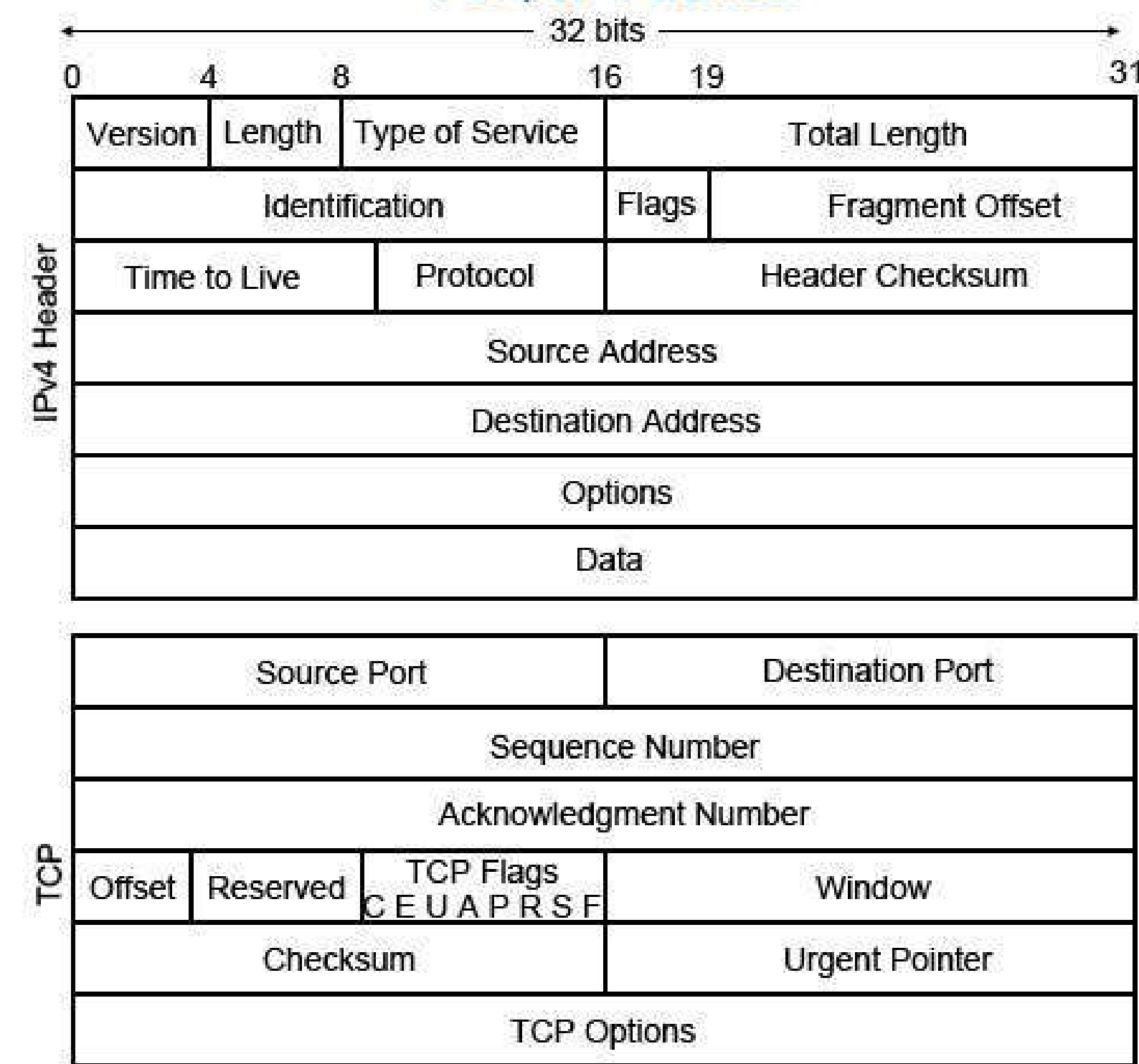
Carrier



Modulated Signal



TCP/IP Packet



ЗАХОДИ ПРОТИДІ РЕБ

ПРИКЛАДИ ЗАСТОСУВАННЯ АНАЛОГОВОГО ТА ЦИФРОВОГО ЗВ'ЯЗКУ

- **Відеоканал зв'язку з FPV дроном** завдяки відсутності необхідності кодування-декодування передається набагато швидше ніж цифровий та більш стійкий до впливу РЕБ. Для знешумлення сигналу використовуються шумові фільтри а також розумні приймачі типу Clearview.
- **На радіостанціях** обов'язково залишайте запрограмованими кілька аналогових каналів, які можуть бути корисними при взаємодії із нестандартною апаратурою суміжних підрозділів а також при повній втраті захищеного цифрового зв'язку, але попереджайте підрозділи про правила безпеки користування такими каналами. На ретрансляторах для одночасної можливості передачі аналогових і цифрових даних існують так звані аналогово-цифрові канали.



ЗАХОДИ ПРОТИДІЇ РЕБ

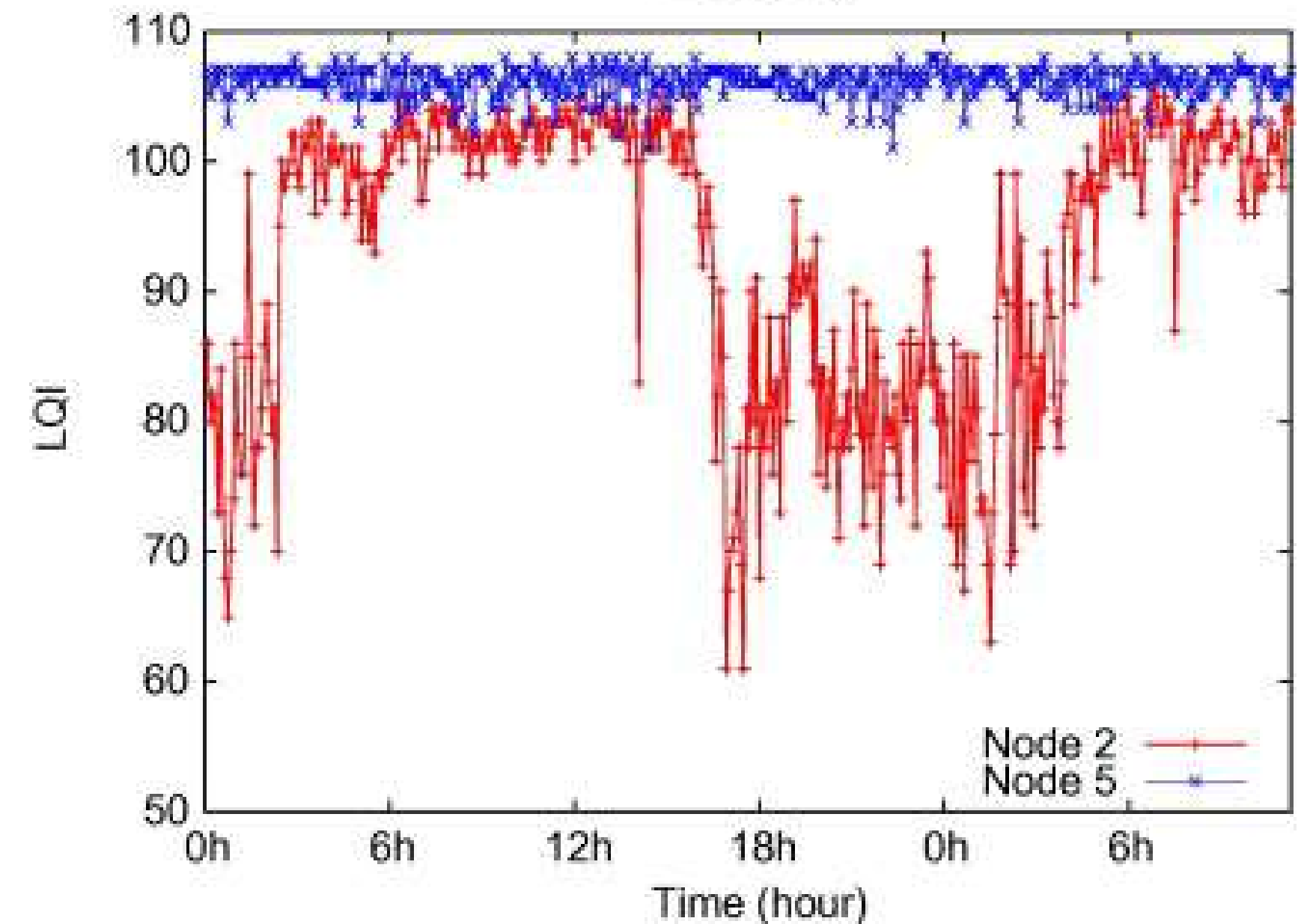
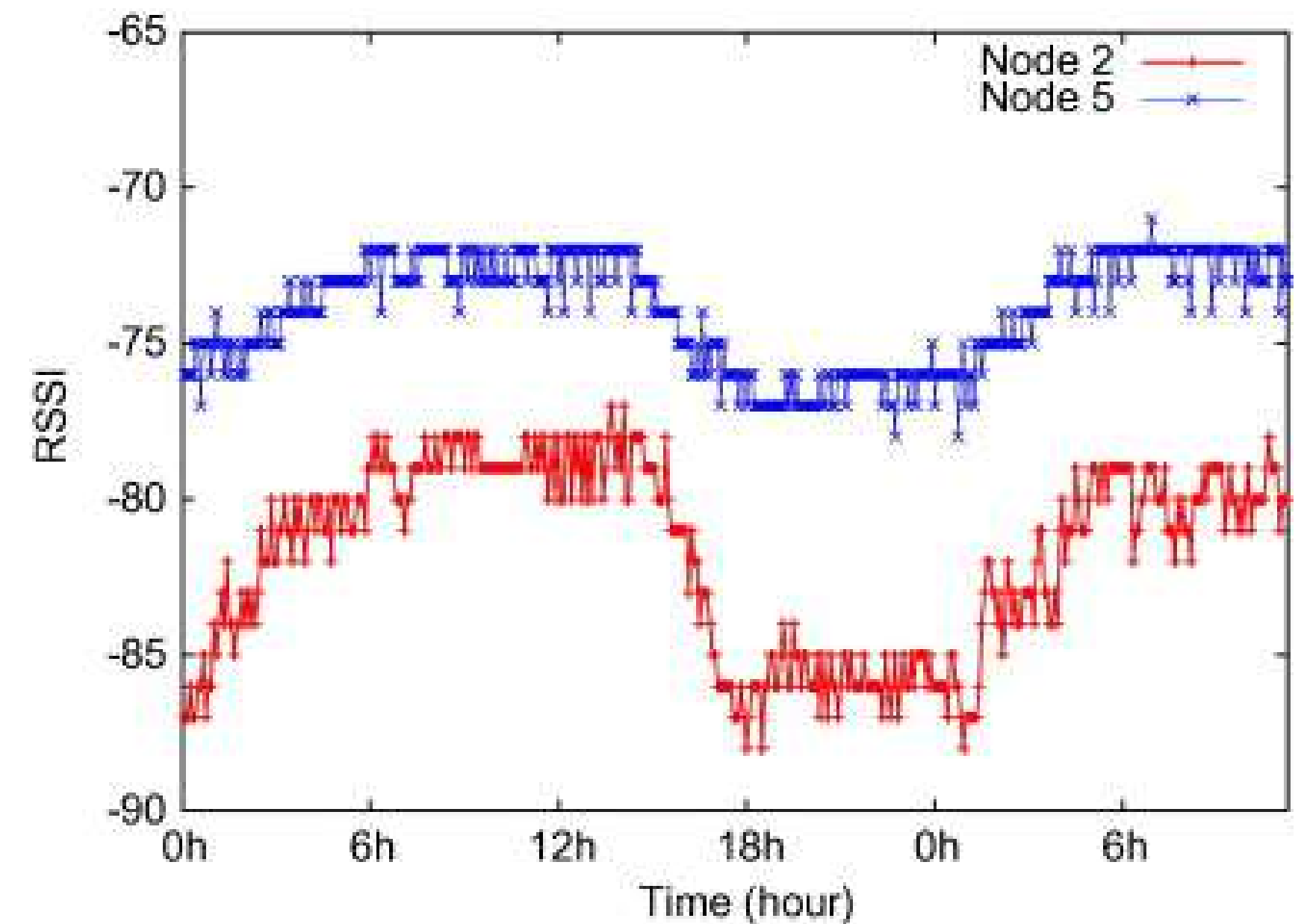
RSSI та LQI

Існує два основних типи інформації про сигнали: **RSSI та LQI**

RSSI або Received Signal Strength Indicator - індикатор потужності отриманого сигналу, це значення вказує на те, наскільки гучним є 📶 прийом. RSSI має бути вище рівня чутливості, щоб зрозуміти. Одиницями є дБм, вони починаються з 0 і знижуються, коли гучність стає нижчою (жорстка межа -130 дБм).

LQI або Link Quality Indicator – індикатор якості зв'язку, це значення вказує на те, скільки розмови зрозуміло, і в кінцевому підсумку все, що має значення. Одиницями є відсотки, де 100% означає, що кожен пакет отримано, а 0% означає, що пакети не отримані.

Абстрактну оцінку саме цієї величини у величини, у вас питають другою половиною врази – «Як чуєте та розбираєте»



ЗАХОДИ ПРОТИДІЇ РЕБ

RSSI та LQI

Уявіть, що ви розмовляєте в тихій кімнаті. Ваш партнер говорить достатньо голосно, щоб ви могли почути, тому RSSI його голосу перевищує чутливість ваших вух. Ви зрозумієте розмову, тому що ви чуєте кожне слово. Це 100% LQI – ви отримуєте 100% слів. А тепер уявіть, що хтось сурмить у сирену прямо посеред речення. RSSI все ще той самий рівень, ви все ще чуєте те, що можете розібрати при тій самій гучності, ви пропустили слово, тому LQI нижчий. Що ближча гучність розмови до рівня фонового шуму в кімнаті, то більша ймовірність того, що ви пропустите слово через те, що воно змішується з фоновим шумом і знижує ваш LQI. Пам'ятайте, LQI – це все, що має значення. Ваш партнер може кричати скільки завгодно голосно, але якщо ви все одно чуєте кожне слово, гучність не має значення, ви завжди чуєте кожне слово.

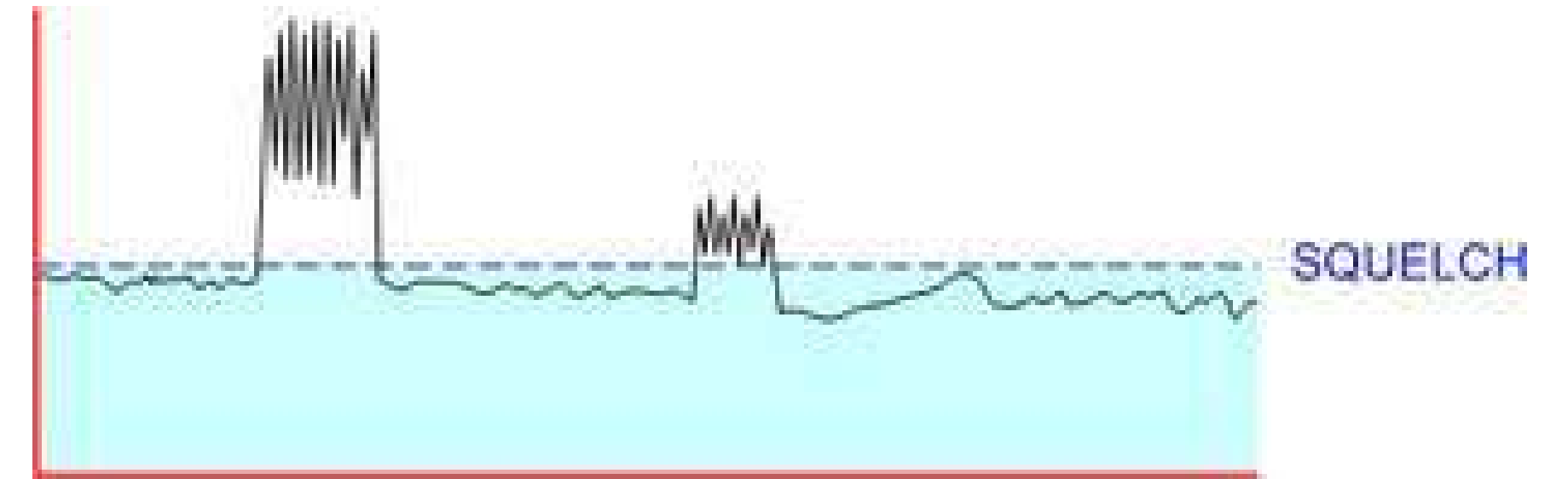
Межа чутливості RSSI або RSSI Sensitivity Limit

Це найнижче теоретичне значення RSSI, яке може розрізнити радіоприймач. Оскільки різні швидкості пакетів і діапазони частот мають різні межі чутливості. Нижчі частоти є більш чутливими, -123 дБм для 25 Гц 915 МГц до -105 дБм для 500 Гц 2400 МГц. Це дає вам межу, нижче якої ви не можете літати.

Для польотів на ELRS Розумне значення попередження про рівень сигналу на 5-10 дБм вище межі чутливості, зазначеної в індексах радіочастотного режиму (наприклад, 250 Гц=-108 дБм, отже, від -103 дБм до -98 дБм для тривоги).

ЗАХОДИ ПРОТИДІЇ РЕБ

SNR та Squelch

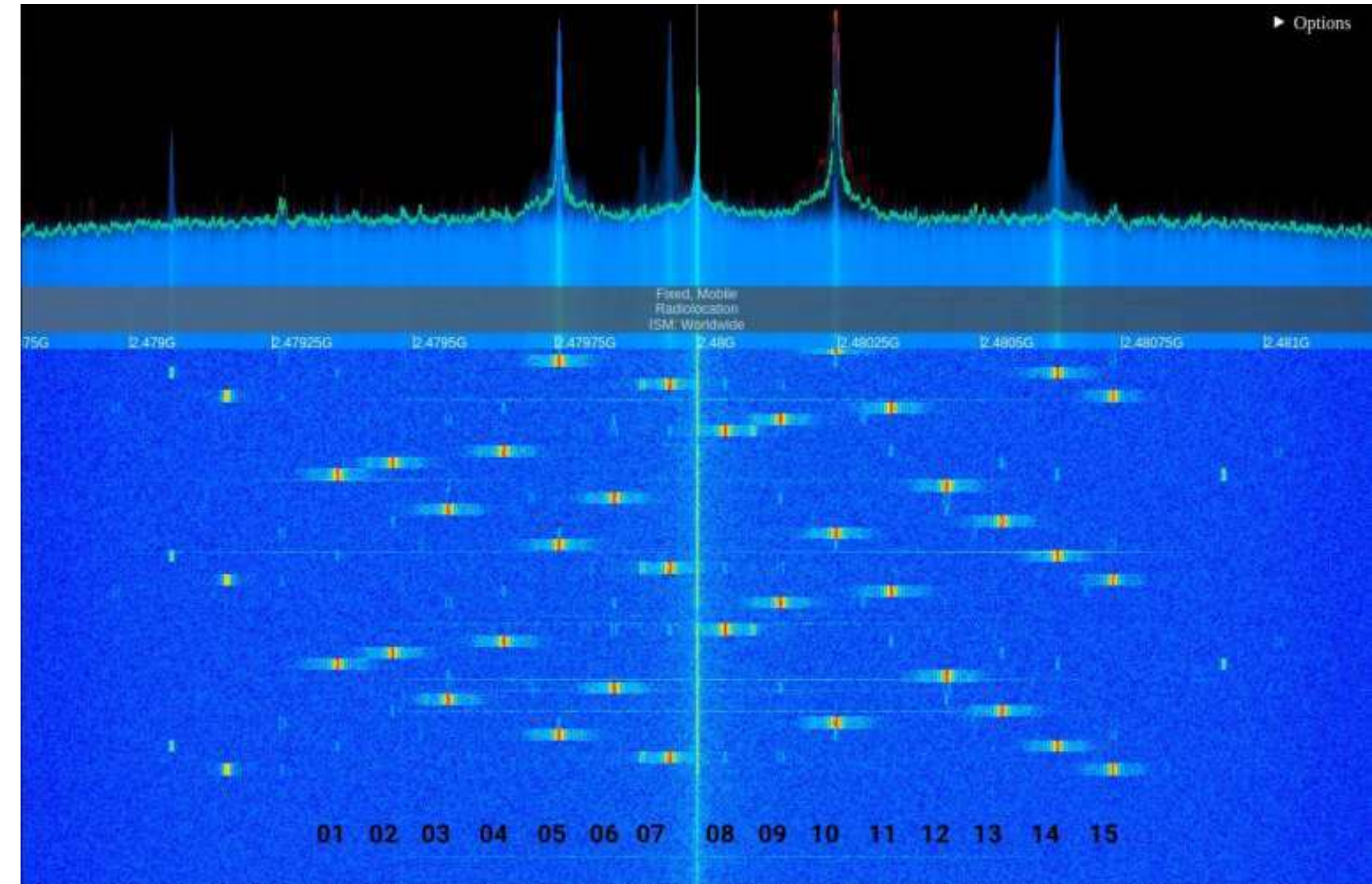


- **SNR або Signal-to-noise ratio** - означає співвідношення сигнал/шум і порівнює **RSSI дБм** з рівнем радіочастотного фонового шуму та виражається в одиницях дБ (не дБм), чим вище, тим краще. Зверніть увагу, що воно порівнює рівень фонового шуму, а не межу чутливості..
- У телекомунікаціях **шумоподавлення**, англ, **Squelch** – це функція, яка пригнічує аудіо (або відео) на виході приймача за відсутності сильного вхідного сигналу. По суті, **Squelch** — це спеціальний тип шумоподавлення, призначений для придушення слабких сигналів. Squelch використовується в радіостанціях двостороннього зв'язку та радіосканерах VHF/UHF для усунення звуку шуму, коли радіо не отримує потрібної передачі.
- За допомогою встановлення порогових значень цих величин на приймачі, можна ігнорувати шум створений засобами РЕБ та виділяти на фоні нього корисні сигнали або навпаки знизити якість отриманого сигналу та все ж таки не втратити його повністю

ЗАХОДИ ПРОТИДІ РЕБ

ППРЧ

- **ППРЧ** - Псевдовипадкове перелаштування робочої частоти, англ. Frequency Hopping Spectrum Spreading, FHSS це технологія передачі сигналу зі швидким псевдовипадковим перелаштуванням робочої частоти. Метод полягає в періодичній стрибкоподібній зміні частоти носія за певним алгоритмом, відомим для приймача і передавача
- Стандарт **IEEE 802.11** передбачає 79 можливих алгоритмів, до того ж тривалість послання становить 20 мс.
- Більшість **military grade** станцій таких як **Harris** та **Aselsan** використовує цю технологію.
- В Україні є власна розробка для зв'язку ротного рівня - радіостанція **HIMERA**, яка теж застосовує ППРЧ. Ще одна перевага цих станцій у використанні нестандартного діапазона частот 900 МГц що зменшує ризику придушення стандартними засобами. Також ці станції можуть працювати у якості ретранслятора, що дозволяє швидко розширити покриття радіомережі без використання дорогих засобів транкінгового зв'язку.



ЗАХОДИ ПРОТИДІЇ РЕБ

ОПТИМІЗАЦІЯ СТАНДАРТУ DMR



- Більшість засобів зв'язку, які використовуються на лінії зіткнення, є портативні та автомобільні радіостанції стандарту **DMR**. Ці станції зазвичай не мають вбудованих функцій долання радіоперешкод, але їх роботу все одно можна оптимізувати.
- Заголовки пакетів під дією РЕБ часто можуть не дійти до кінцевого абонента що може призвести до повної втрати повідомлення або нерозбірливого голосу за рахунок втрати частини шифрованих даних. Для протидії цьому можна змінити параметр **TX Preamble Duration** що додає ланцюг даних перед повідомленням, та збільшує таким чином шанс отримання цього повідомлення.
- Ще одним корисним параметром є **SIT або Subscriber Inactivity Timer**. Цей параметр змінює час, який ретранслятор очікує нового повідомлення після завершення попереднього, таким чином не даючи йому перейти в режим сну.
- При використанні роумінгу, можна збільшити довжину та зменшити інтервал так званого **Beacon**, що збільшить шанс його отримання радіостанцією. Треба пам'ятати, що ця функція демаскує ретранслятор так як легко пеленгується.
- Дуже сильно на прийом цифрового сигналу впливає **сканування**. Чим більше каналів в скануванні, тим менше шансів прийняти кожен з них. Швидкість сканування в середньому складає 0.5 – 1 сек / канал. Намагайтесь залишати не більше 3 каналів в скануванні для роботи в зоні бойових дій, та інструкуйте підрозділи витримувати паузу в 1.5-2 секунди після натискання тангенти.
- **Симетричне шифрування 128 та 256 біт** більш складне та потребує більше пакетів даних ніж короткі 40 бітні. В деяких випадках варто залишити кілька каналів на ключах 40 біт або взагалі відкритими на випадок РЕБ.

ЗАХОДИ ПРОТИДІ РЕБ

ОПТИМІЗАЦІЯ СТАНДАРТУ DMR

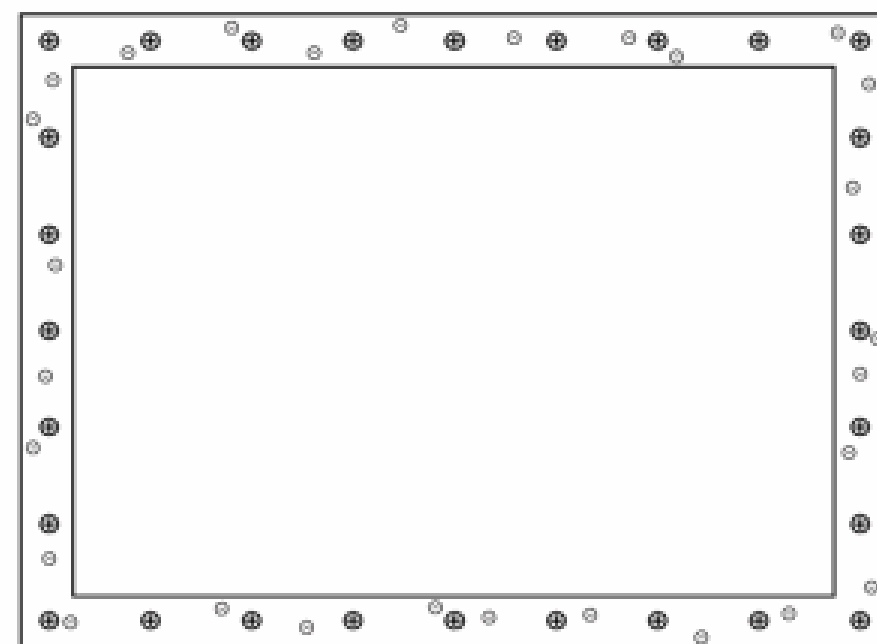
		Number of Analogue Scan List Members																	
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Number of Digital Scan List Members	0	-	-	480	480	480	720	720	720	960	960	960	960	1200	1200	1200	1440	1440	
	1	-	-	720	720	720	960	960	960	960	1200	1200	1200	1440	1440	1440	1440	1440	-
	2	480	720	720	960	960	960	960	1200	1200	1200	1440	1440	1440	1440	1680	1680	-	-
	3	720	960	960	960	1200	1200	1200	1200	1440	1440	1440	1680	1680	1680	1680	-	-	-
	4	960	960	1200	1200	1200	1200	1440	1440	1440	1680	1680	1680	1680	1680	-	-	-	-
	5	960	1200	1200	1200	1440	1440	1440	1680	1680	1680	1680	1920	-	-	-	-	-	-
	6	1200	1200	1440	1440	1440	1680	1680	1680	1680	1920	1920	-	-	-	-	-	-	-
	7	1200	1440	1440	1680	1680	1680	1680	1920	1920	1920	-	-	-	-	-	-	-	-
	8	1440	1680	1680	1680	1920	1920	1920	1920	2160	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	9	1680	1680	1920	1920	1920	1920	2160	2160	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	10	1680	1920	1920	1920	2160	2160	2160	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	11	1920	1920	2160	2160	2160	2400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	12	1920	2160	2160	2400	2400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	13	2160	2400	2400	2400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	14	2400	2400	2640	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	15	2400	2640	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	16	2640	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Таблиця рекомендованих значень довжини преамбули відносно кількості каналів у скануванні

ЗАХОДИ ПРОТИДІ РЕБ

ЕКРАНУВАННЯ ТА КЛІТКА ФАРАДЕЯ

- **Екранування** - захист апаратів, приладів, машин від зовнішніх впливів (найчастіше електричного, магнітного та електромагнітного полів за допомогою клітки Фарадея).
- **Клітка Фарадея** (також відома як **екран Фарадея**) — замкнена у просторі огорожа, сформована з електропровідного матеріалу (у вигляді суцільних елементів або сітки). Така огорожа нейтралізує зовнішні статичні та динамічні електричні поля всередині себе.
- Завдання **екранування антени** полягає у радіо-ізоляції антени у певному напрямку.



ЗАХОДИ ПРОТИДІ РЕБ

ЕКРАНУВАННЯ ТА КЛІТКА ФАРАДЕЯ

Ефективність екрануючої дії (в децибелах, дБ) сіткових та металевих матеріалів[3]:149						
Вид екрану	Матеріал екрану	Частота електромагнітної хвилі, кГц				
		10	100	1000	10000	100000
Металеві листи товщина 0,5 мм	Сталь	64	87	120	120	120
	Мідь	67	70	88	120	120
	Алюміній	65	66	80	120	120
Металеві сітки	Мідний дрiт 0,1 мм, чарунки 1×1 мм	65	55	50	42	32
	Сталевий дрiт 0,1 мм, чарунки 1×1 мм	48	47	42	36	29,5



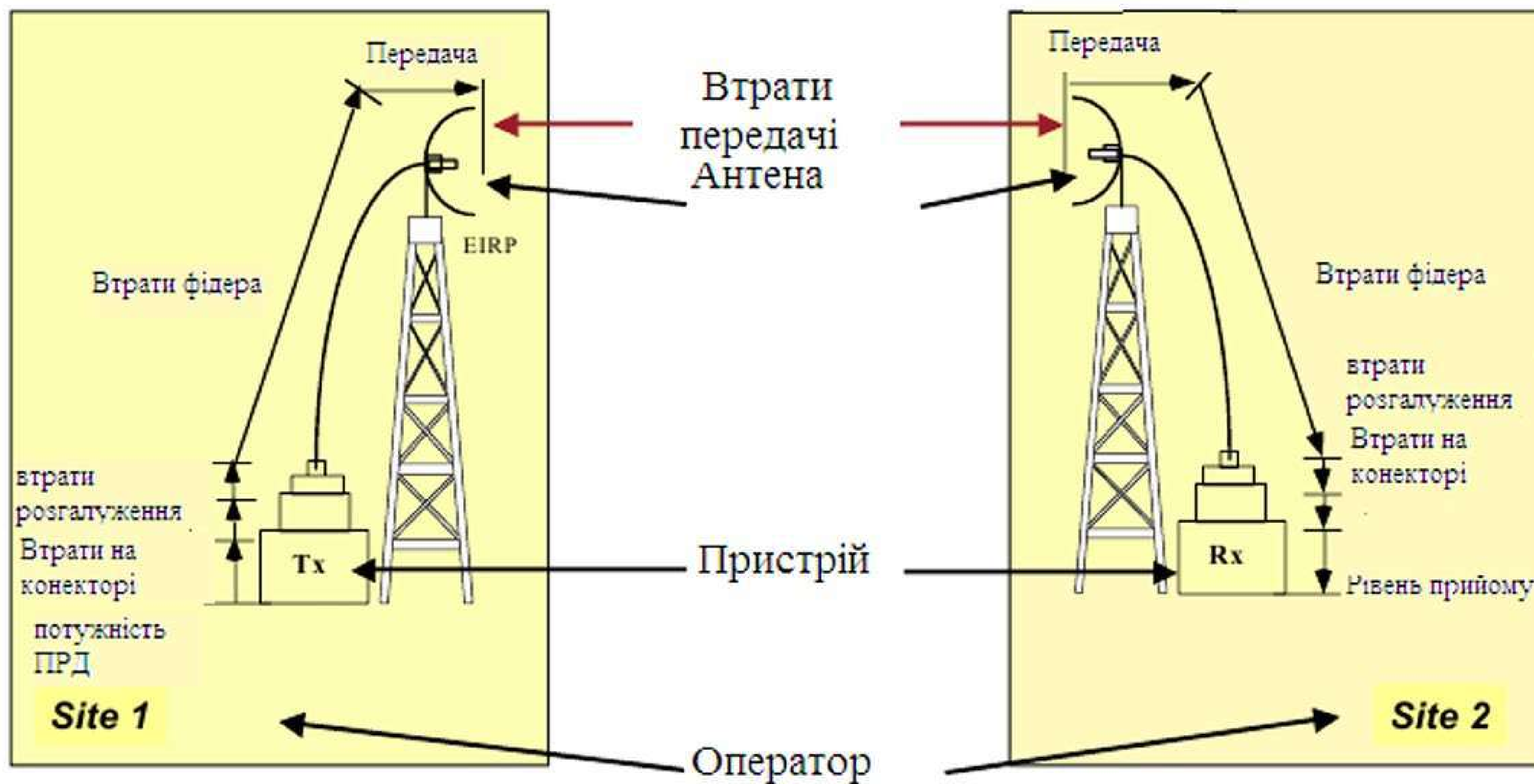
ЗАХОДИ ПРОТИДІЇ РЕБ

РОЗРАХУНОК ПОТУЖНОСТІ

- Важливою складовою для досягнення стабільного зв'язку навіть в умовах РЕБ, є **розрахунок потужності сигналу** на передавачі відносно відстані на яку його треба передати. При цьому мають враховуватися втрати антенно-фідерному тракту передавача і приймача, підсилення антени, частота, середовище тощо.
- Щоб спрогнозувати охоплення, нам спочатку потрібно знати **ERP - ефективну випромінювану потужність** усієї передавальної системи.
- **Формула ERP** така: $ERP = \text{потужність передавача у ватах} \times 10^{((\text{коефіцієнт підсилення антенної системи в кабелі з розхитуванням дБ})/10)}$
- приклад: потужність FM -передавача = 1000 Вт, тип антени = 4-значна вертикальна поляризація диполя, коефіцієнт посилення 8 дБ, тип кабелю = низький хід ½, довжина кабелю = 30 метрів, затухання кабелю = 0,69 дБ
- $ERP = 1000 \text{ Вт} \times 10^{(8 \text{ дБ} - 0,69 \text{ дБ})/10} = 3715 \text{ Вт}$
- Таким чином, система, описана у формулі, буде ефективно забезпечувати приблизно в 3 рази потужність передавача для ERP 3715 Вт із зоною покриття 152 кілометри. Слід зазначити, що це лише теоретичний розрахунок. Щоб увійти в будинок і пройти крізь перешкоди, потрібно більше сили, щоб подолати цю відстань. Для повного розрахунку використовується комплексний аналіз на основі моделей втрат з урахуванням усіх факторів середовища

ЗАХОДИ ПРОТИДІЇ РЕБ

РОЗРАХУНОК ПОТУЖНОСТІ



ЗАХОДИ ПРОТИДІ РЕБ

РОЗРАХУНОК ПОТУЖНОСТІ

Watts in ERP	Kilometers Rural area
10	8
30	13
50	17
100	24
300	42
500	54
1000	76
2000	108
4000	152
6000	187
10000	241

Приблизний кілометровий пробіг сільських територій з різними значеннями ERP для частоти хвилі 100 МГц

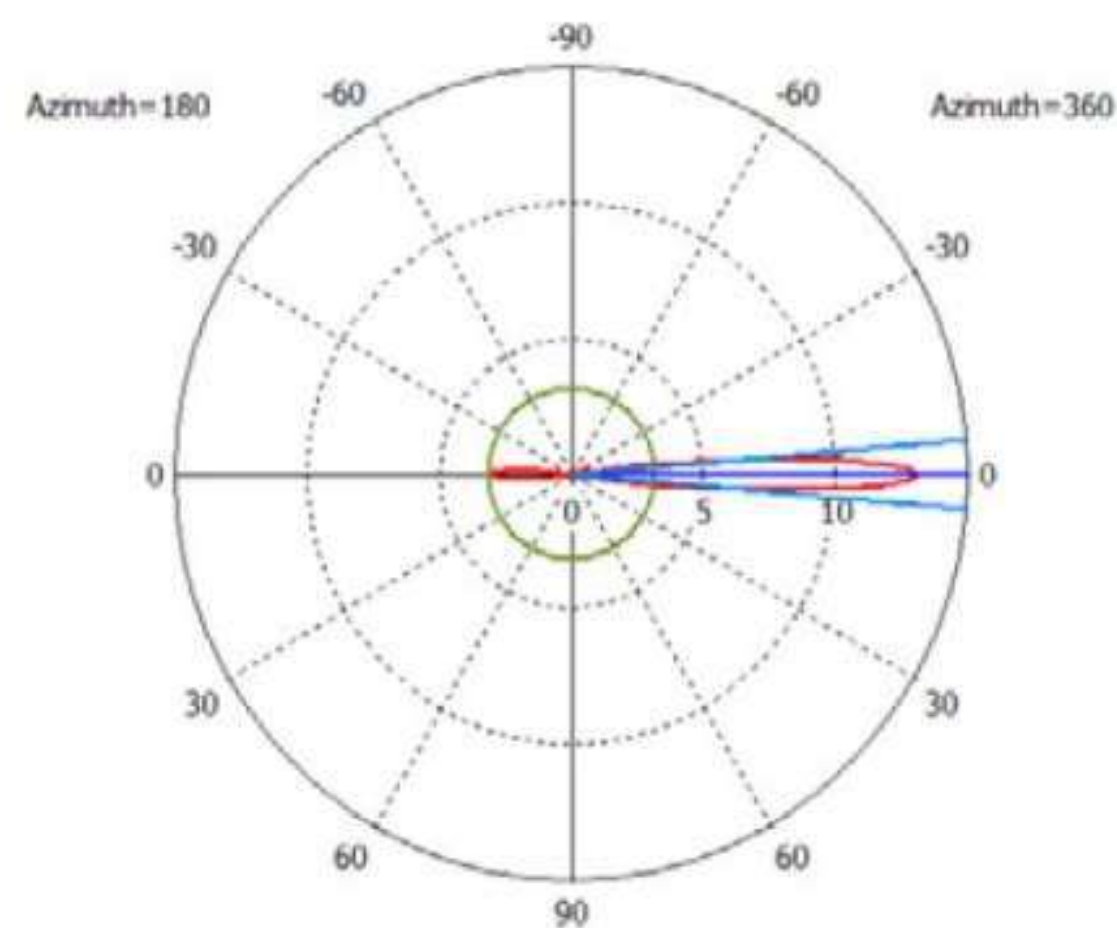
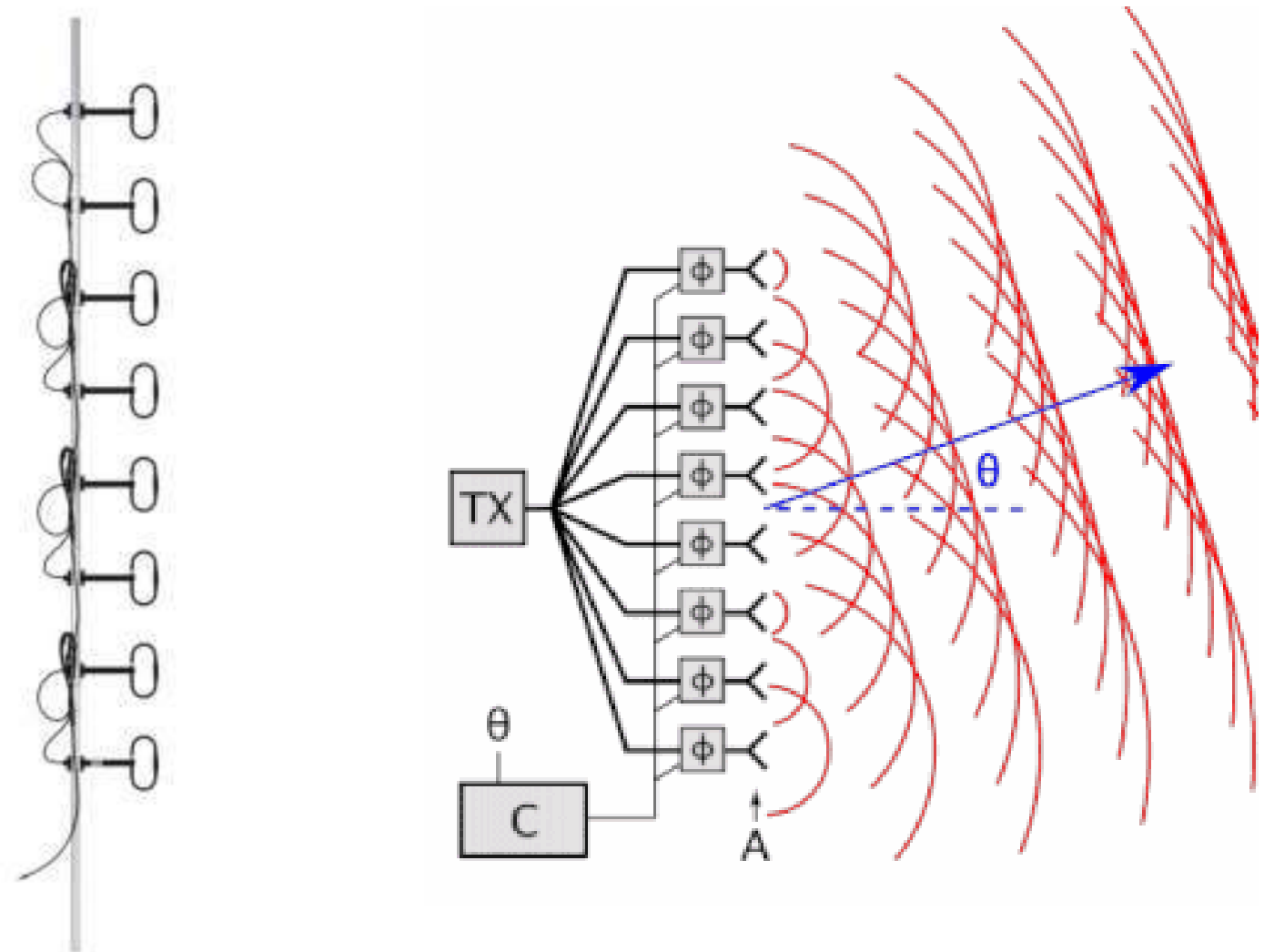
Height (meters)	Distance (km)
3	6
10	11
20	16
30	20
60	28
100	36
300	62
500	80
1000	113
2000	160
3000	196

Відстань, враховуючи криву землі, яку долає антенна система на різних висотах для частоти хвилі 100 МГц

ЗАХОДИ ПРОТИДІ РЕБ

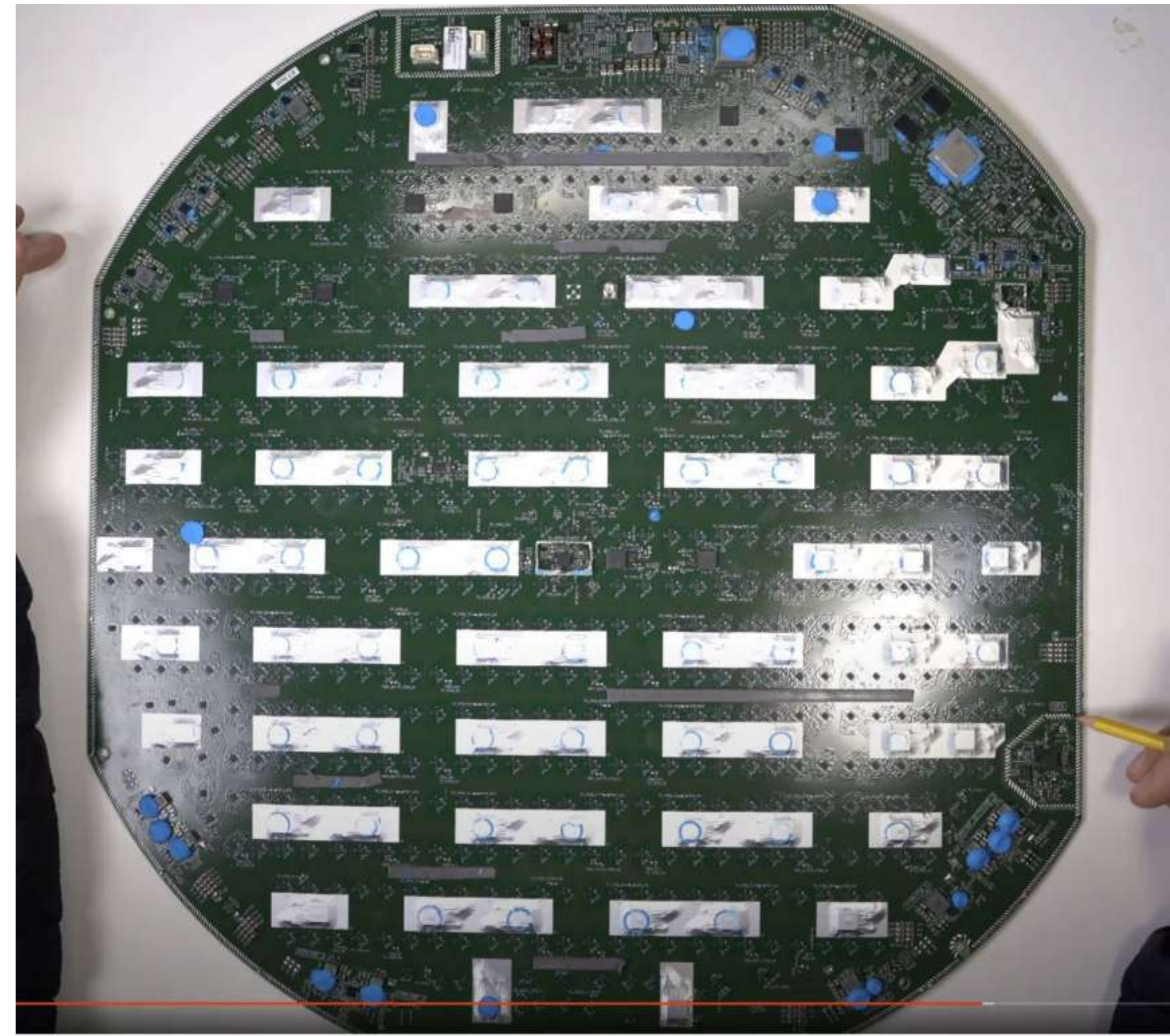
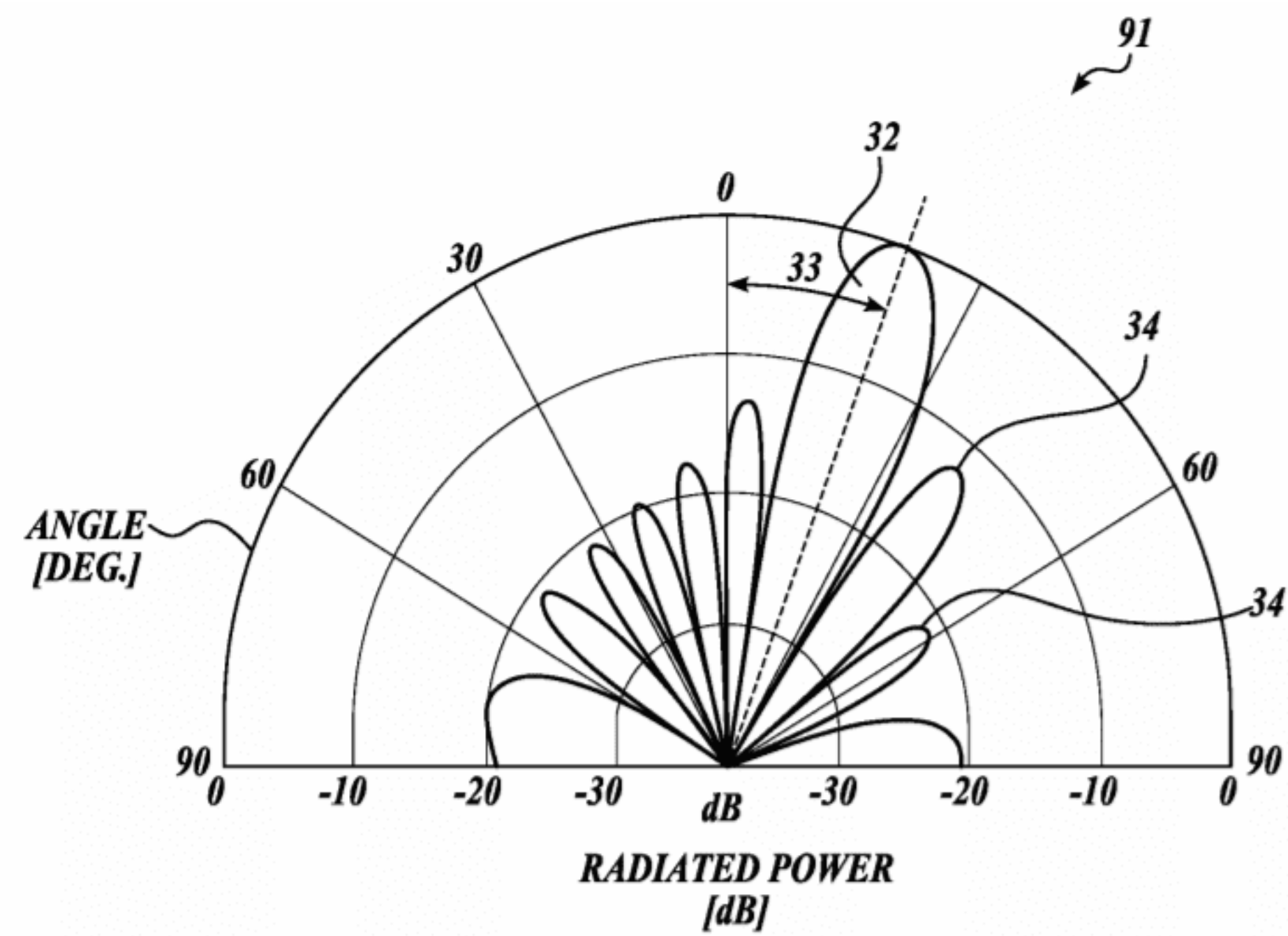
ВИКОРИСТАННЯ АКТИВНИХ ТА ПАСИВНИХ АНТЕННИХ РЕШІТОК

- **Антенна решітка (АР)** — складена антена, що містить сукупність випромінювальних елементів (окремих антен або груп антен), розташованих у просторі в певному порядку, орієнтованих і збуджуваних так, щоб отримати задану діаграму спрямованості.
- Антенна решітка дозволяє отримати необхідні радіотехнічні показники (напрямок, форму і ширину променя, коефіцієнт спрямованої дії, рівень бічних пелюсток тощо) шляхом формування певного розподілу амплітуд і фаз струмів або полів, які збуджують випромінювальні елементи (амплітудно-фазового розподілу, АФР), на відміну від одиночних антен (наприклад, рупорних, дзеркальних), у яких це завдання вирішується вибором форми, розмірів, матеріалів, конструкції. В антенній решітці **АФР фіксований**, можливість керування АФР у робочому режимі відсутня.
- Складніша антена — **фазована антенна решітка (ФАР)** дозволяє довільно змінювати АФР або здійснювати послідовно в часі чи одночасно кілька фіксованих варіантів АФР. Відмінною ознакою антенної решітки є об'єднання входів випромінювальних елементів у один єдиний вхід



ЗАХОДИ ПРОТИДІ РЕБ

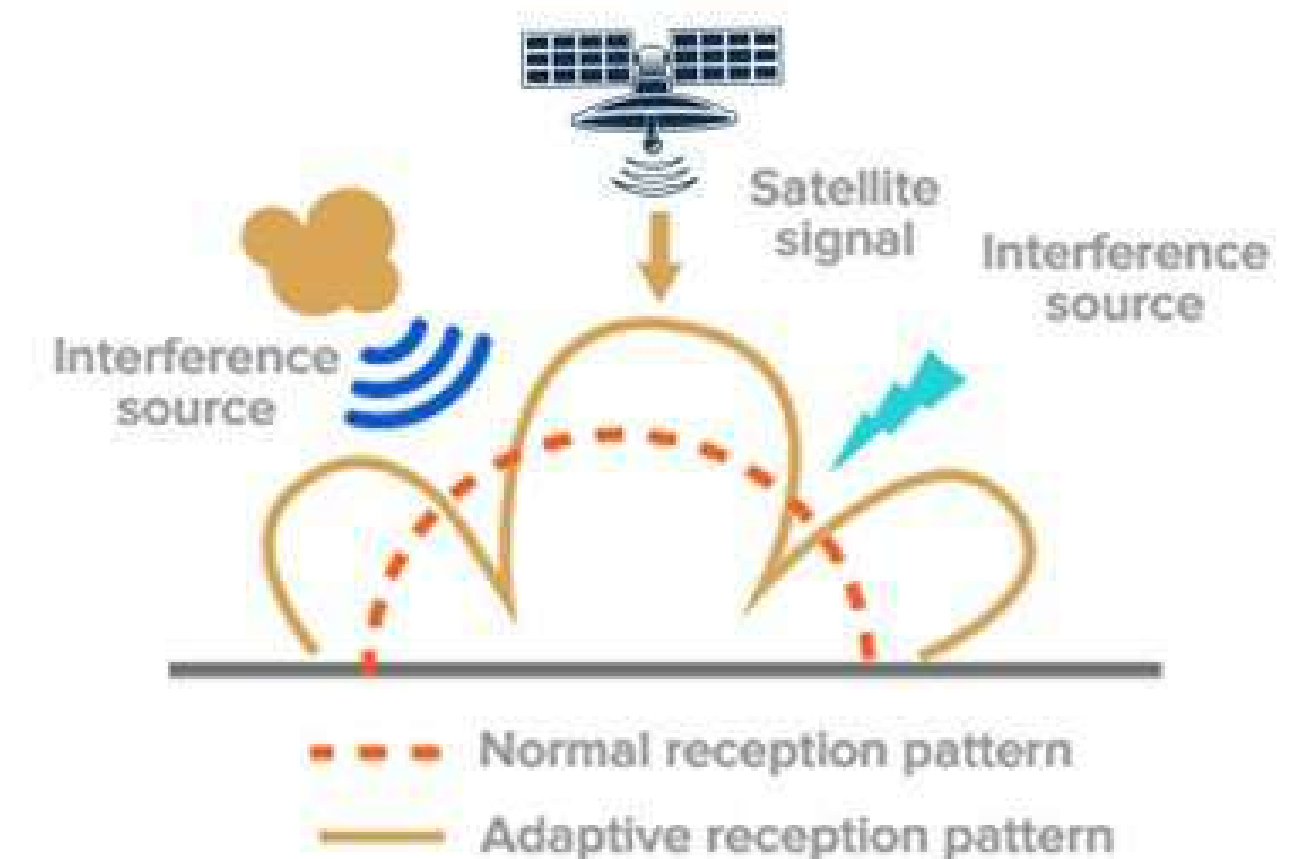
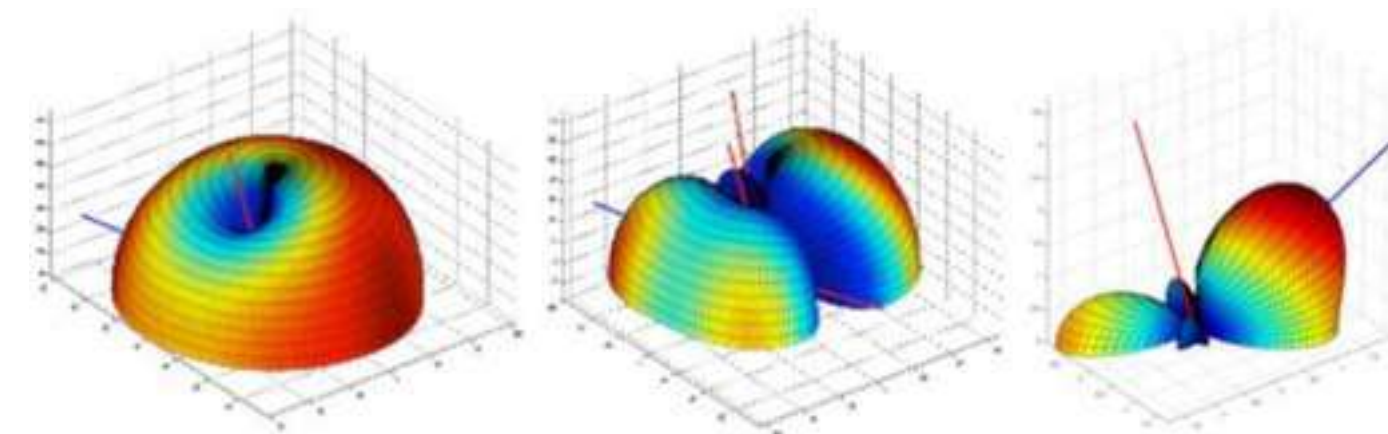
ФАЗОВАНА АНТЕННА РЕШІТКА STARLINK



ЗАХОДИ ПРОТИДІ РЕБ

GPS, GNSS та CRPA

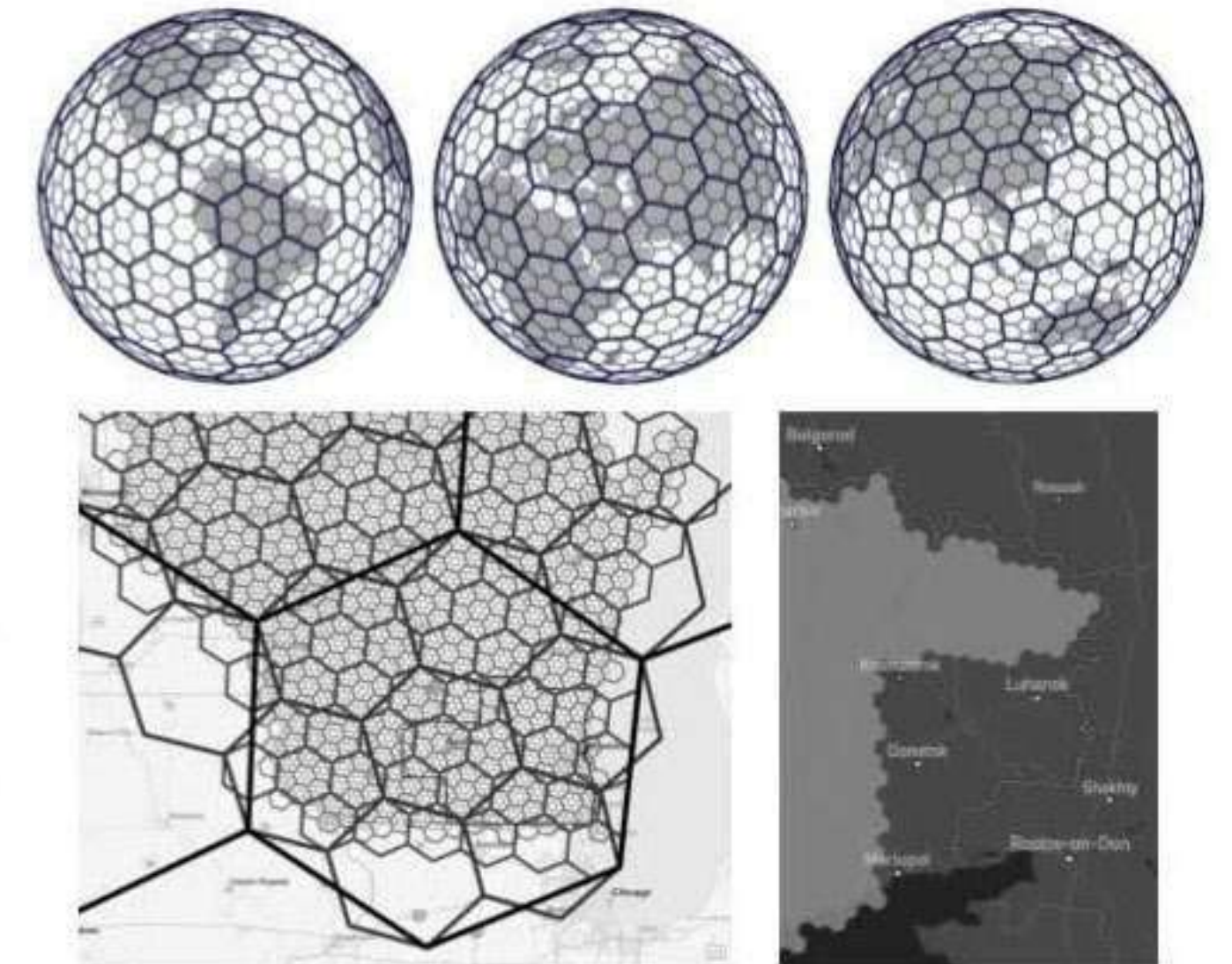
- Одним з прикладів використання Антенних решіток є антени **CRPA**, які використовуються для боротьби із глушінням та підміною GPS сигналів.
- **Технологія запобігання перешкодам GPS** бере свій початок у холодній війні, а саме в радіолокаційних технологіях, де інженери розробили розумні способи забезпечити роботу своїх радарів за наявності перешкод. Усунення бічних пелюсток (SLC) це процес, коли прийнятий сигнал перешкод можна було «скасувати», об'єднавши вихідні сигнали кількох антен у правильний спосіб. Так народилися **CRPA** антени.
- **Антени з контрольованою діаграмою спрямованості або CRPA** — це антени з адаптивним керуванням променем, діаграму спрямованості яких можна регулювати для створення нульових повідомлень у напрямку сигналів завад.



ЗАХОДИ ПРОТИДІ РЕБ

НЗ ТА ЗАХИСТ ТЕРМІНАЛІВ STARLINK ВІД ЗАВАД GNSS

- **НЗ (h3geo.org)** - це система гео-просторової індексації, яка поділяє поверхню планети на шестикутні стільники (або комірки), де кожна комірка може бути розділена на певну кількість менших комірок. Компанія SpaceX використовує НЗ для процесів обробки даних в системі Starlink.
- До певного часу термінали Starlink використовували виключно позиціювання по супутниках GPS, Galileo та т.п., але з квітня 2023 р користувачам навіть без акаунту доступна функція позиціювання за **Локацією Starlink**. Таким чином сигнал від системи GNSS ігнорується та натомість використовується власна система позиціювання відносно супутників на основі НЗ.
- Для того, щоб зробити свій Starlink невразливим, потрібно лише увімкнути режим **«Use Starlink Positioning Exclusively»** в розділі **Settings -> Advanced -> Debug data**, тим самим активувавши режим ігнорування системою терміналу сигналів власного GPS-приймача.



ЗАХОДИ ПРОТИДІЇ РЕБ

НЗ ТА ЗАХИСТ ТЕРМІНАЛІВ STARLINK ВІД ЗАВАД GNSS

- Для того, щоб ефективно розподіляти ресурси супутників, кожна локація в кожний момент часу має зарезервованій для всіх терміналів в локації основний супутник. Тобто кожен термінал в цій локації мусить працювати лише з ним.
- Тому користувачам Sterlink на лінії зіткнення часто доводиться стикатися з **перевантаженістю мережі** за рахунок того, що в одній чарунці НЗ зареєстровано дуже багато терміналів і всі вони намагаються підключитись до одного супутника.
- Цю проблему частково вирішує **тарифний пакет MOBILE REGIONAL** вартістю 95 дол / міс, який дозволяє терміналу користуватись додатковими супутниками при переміщенні. Цей пакет працює в межах всього Європейського континенту за виключенням зон де робота терміналів заборонена.

МОБІЛЬНИЙ – РЕГІОНАЛЬНИЙ

Найкраще підходить для будинків на колесах, кемперів і мандрівників у межах континенту

95 USD

/МІСЯЦЬ

Безлімітний обсяг мобільних даних на суші

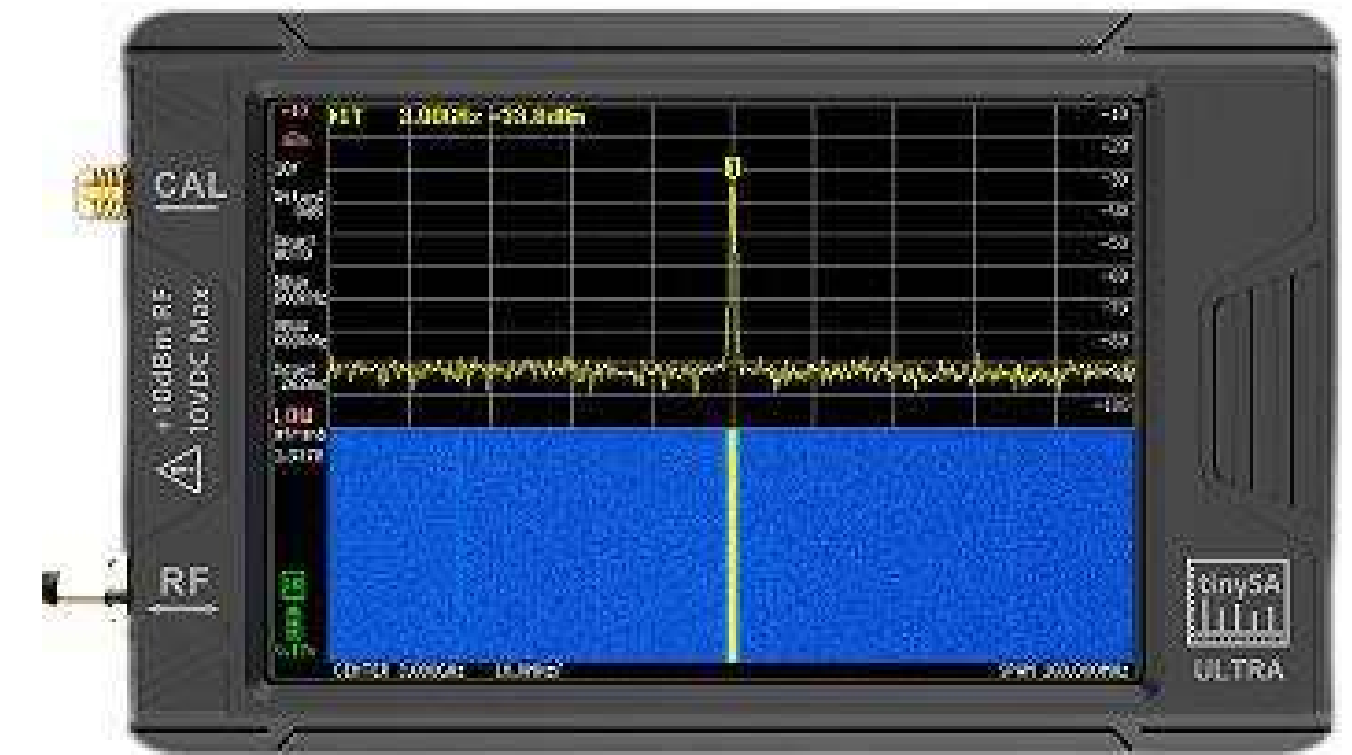
ПЕРЕГЛЯНУТИ ПЛАНИ

ЗАМОВИТИ ЗАРАЗ

ЗАХОДИ ПРОТИДІ РЕБ

ВИКОРИСТАННЯ ПОРТАТИВНИХ ЗАСОБІВ РЕР

- **ПОРТАТИВНІ АНАЛІЗАТОРИ СПЕКТРУ** та інші засоби РЕР дозволяють виявити як навмисні так і ненавмисні перешкоди. Організації зв'язку на місцевості повинна передувати розвідка та виявлення цих перешкод та вживання відповідних заходів для їх уникнення.
- Одними зі зручних та доступних портативних аналізаторів спектру є **TinySA** та **TinySA Ultra** та **SA6**. У комбінації з якісним набором спрямованих антен можна отримати досить чітке розуміння електромагнітного фону в певному секторі фронту. Спеціальну прошивку для військових на цей пристрій можна отримати за посиланням вказаним у корисних посиланнях цієї презентації.
- Ще одним портативним засобом РЕР є **SDR приймач** по типу **Airspy** та програма для аналізу спектру по типу **SDR Sharp** та аналогів.



ЗАХОДИ ПРОТИДІ РЕБ

ВИКОРИСТАННЯ ПОРТАТИВНИХ ЗАСОБІВ РЕБ

TZJ



КОРИСНІ ПОСИЛАННЯ

Загальні обговорення

Інтерв'ю Сергія Флеша про РЕБ - <https://youtu.be/w4-08dACFPI?si=QSPMWnyBz3Gbz5il>

Рекомендації по РЕБ - <https://youtu.be/JeYwQtV3Kco?si=-oTZNuKkSqKeiDGN>

Зразки РЕБ НАТО

Ведення EW - <https://www.youtube.com/watch?v=GLDMskBhdW4> та <https://www.youtube.com/watch?v=S3He29voq6E>

Літак Гроулер - <https://mil.in.ua/uk/articles/litak-reb-ea-18g-grouler/> та MFEW AL - <https://www.youtube.com/watch?v=kkCKaXbNZbE>

Мікрохвильова зброя - https://youtu.be/QjHGxKb6W1c?si=3iCn-ndCN_xtabS7 та <https://youtu.be/hlmf032NmHU?si=HJg19xjdEC6aSDDW> та <https://www.youtube.com/watch?v=zfmZkM7GXxA>

AUDS - <https://mil.in.ua/uk/news/ukrayini-peredaly-antydronovi-systemy-auds/> та <https://www.youtube.com/watch?v=P8aZ0zWX3SA>

M-LIDS - <https://mil.in.ua/uk/news/ssha-zamovyly-systemy-m-lids-proty-droniv/> та https://www.youtube.com/watch?v=pSa_4UONRs0

TEWS - <https://www.youtube.com/watch?v=dTqDF9IHDfc>

TLS-BCT - <https://mil.in.ua/uk/news/lockheed-martin-stvoryt-dlya-armiyi-ssha-prototypy-reb-za-programoyu-tls-bct/> та https://www.youtube.com/watch?v=9A8LA__tPmo

MILKAR SANCAK - <https://www.youtube.com/watch?v=gnOXXJH3Dhw> та ILGAR - <https://www.youtube.com/watch?v=bl-aPKN-fgg>

ASELSAN KORAL - <https://www.youtube.com/watch?v=SuAfRWkZg6E>

КОРИСНІ ПОСИЛАННЯ

Український РЕБ

До повномасштабної - https://defence-ua.com/weapon_and_tech/oslipiti_voroga-5857.html

Старі - <https://youtu.be/yuvsK9yRM4A?si=JsHVsDC1jkYIrlBI>

Актуальні розробки - <https://youtu.be/Ux6W1OQxnxw?si=KYJem53gtJw5Kn9I>

Буковель - <https://www.youtube.com/watch?v=se8PxfqZQMg>

Нота- <https://www.youtube.com/watch?v=MOsQRxMDEqM>

Kvertus - <https://youtu.be/L9mr0CBTcio?si=GBJQ5qbaGRFaXvsb>

Unwave - https://unwave.com.ua/?fbclid=IwAR3gVmxm89yN9u_6xqvLaphY0YWtvikQydi3sNflujYy613HUSzHdXlSkWM

Піранья тех - <https://ukraine.piranha-tech.net/>

Antidrone Ukraine - <https://telegra.ph/Antidrone-Ukraine--Protid%D1%96ya-BPLA-11-29>

Роман Рубан - <https://www.facebook.com/MD.Ruban.Roman>

Поради для вибору окопного РЕБ - https://youtu.be/E_xSPwjmhM?si=p839Spwhl3amzAmh

Ізраїль

ELI-4030 Passive Anti Drone System COMJAM (ESM) - <https://www.youtube.com/watch?v=bRRdkt3c1BA>

ELTA-ELL-8251SB - Escort Jammer System - <https://www.youtube.com/watch?v=srV70Y5adSM>

КОРИСНІ ПОСИЛАННЯ

Російський РЕБ

Аналіз арсеналу РЕБ РФ - https://defence-ua.com/weapon_and_tech/radioelektronna_borotba_jak_i_chim_rosija_vojuje_proti_ukrajini-708.html

Трофейний РЕБ РФ - <https://war.novyny.live/trofeina-zbroia-chim-zsu-posilili-svoiu-mits-zasobi-rozvidki-ta-pereshkod-94885.html>

Недоліки РЕБ Росії - <https://www.youtube.com/watch?v=CI7aAAz0Cuc>

Леер 2 - <https://mil.in.ua/uk/news/zsu-znyshhyly-rosijskyj-reb-leer-2/> та <https://www.youtube.com/watch?v=QnwPWih3kms>

Леер 3 - <https://www.youtube.com/watch?v=riECQezGzuM> та <https://www.youtube.com/watch?v=Zq11HBOygiE>

Лорандит - <https://armyinform.com.ua/2023/06/13/zahysnyky-ukrayiny-znyshhyly-rosijskyj-kompleks-reb-lorandyt/>

Житель - <https://www.youtube.com/watch?v=0YWPEXns0e8> та <https://www.youtube.com/watch?v=-FSjkfsf15Q>

Красуха С4 - <https://youtu.be/NPr4SEvrr3c?si=SvddFT0dMb2yzsfE>

Красуха (2, 2О,С4)- <https://youtu.be/QGLiTH-1bGA?si=6YmUfZH7up5rx29G>

Спектр озброєння - https://youtu.be/sLpu-QAAOf8?si=Kp_mjZeNDdKKEBBG

Робота комплексу Поле-21 - <https://youtu.be/hx1aEko3j7Q?si=K68c5W7aUnMSuzzh>

Робота комплексу Волноріз - <https://youtu.be/xx3miCTLcj4?si=mDLAz10baXsgkS95>

Література - <https://sprotyvg7.com.ua/lesson/zasobi-radioelektronnoi-borotbi-voroga>

КОРИСНІ ПОСИЛАННЯ

Боротьба з РЕБ

Нова Лелека - https://youtu.be/Oh7uXPUmfXc?si=hTmTmhX3tFBS0_V

Радіостанція Хімера - https://www.youtube.com/watch?v=3fixvCrH_fl

Аеростати - <https://www.youtube.com/watch?si=h-T66ezJBBBxSXA7&v=23JtbyoJv8M&feature=youtu.be>

Корпус та тримач для TinySA та TinySA Ultra - <https://www.facebook.com/profile.php?id=100008203117816>

ПЗ для TinySA та TinySA Ultra - <https://www.facebook.com/bkmit>

Системи зв'язку з ППРЧ - <https://sprotyvg7.com.ua/lesson/sistemi-radiozvyazku-z-pprch>

Як літати під РЕБ - https://youtu.be/BwmAi_F-RZc?si=0xEDG037R4w6nA3h

Надводні дрони - https://mil.in.ua/uk/articles/udarni-morski-drony/#google_vignette

CRPA антени - <https://www.gpsworld.com/anti-jam-technology-demystifying-the-crpa/>

Центр оперативної підтримки місій SIGINT - <https://www.emsopedia.org/entries/operational-support-centre-for-sigint-missions/>

Якість сигналу при польотах на ELRS - <https://www.expresslrs.org/info/signal-health/>

Дякуємо!



ЗБРОЙНІ
СИЛИ
УКРАЇНИ



ВІЙСЬКОВА
ЧАСТИНА
А4076