

КЛЮЧОВІ АСПЕКТИ РЕГУЛЮВАННЯ БПЛА

Корсун В.І

Український державний центр радіочастот (УДЦР),

Україна

E-mail: korsun@ucrf.gov.ua

Abstract

The following highlights the issues of unmanned aerial system (UAS) that are in the “open” category and operate under visual flight rules in controlled airspace. UAS communication based on traditional networks and MFCN/LTE mobile communication technologies can be a driving force for professional UAS applications operating, in particular, with satellite communication systems in the Beyond Line of Sight (BLOS) zone. The use will be based on individual authorization, harmonized frequencies with sufficient spectrum capacity and coverage of existing infrastructure. The UAS will be registered and its location can be tracked via the mobile network. No-fly zones or geographical restrictions can generally be implemented through the UAS flight control system in U-space. MFCN/LTE capabilities will support all options for new innovative professional UAS applications.

Технологія безпілотних авіаційних систем (БПЛА) зазнала значного розвитку за останні роки, і ринок цивільних БПЛА демонструє експоненціальне зростання, подібно до всіх інших значних нових технологій. Згідно зі звітом Комітету Європейського парламенту з питань транспорту та туризму, ЄС має лідируючі позиції в цивільному секторі БПЛА. Протягом наступних десяти років галузь БПЛА може сягати 10% авіаційного ринку, або 15 мільярдів євро на рік. З метою забезпечення безпеки, захисту та конфіденційності в європейському повітряному просторі з опором на гармонізовані стандарти в усіх державах-членах ЄС розроблені Регламенти (ЄС) 2019/947 та 2019/945 [1, 2], які набули чинності 31 грудня 2020 року. Вони застосовують підхід, що ґрунтується на оцінці ризиків, класифікуючи експлуатацію дронів на три категорії: відкриті, спеціалізовані та сертифіковані. Ці регламенти, прийняті Агентством з безпеки авіації Європейського Союзу (EASA), спрямовані на забезпечення гармонізованого підходу до експлуатації дронів, сприяючи як безпеці, так і інноваціям. Регламент (ЄС) 2019/945 стосується технічних аспектів БПЛА, таких як проектування, виробництво та технічне обслуговування. Він також охоплює вимоги до БПЛА, призначених для експлуатації відповідно до правил Регламенту (ЄС) 2019/947, який гарантує, що дрони повинні відповідати певним стандартам безпеки, перш ніж їх можна буде експлуатувати в повітряному просторі ЄС.

Існує низка труднощів у повній реалізації потенціалу зростання, який несуть із собою БПЛА. Одним із цих труднощів є виконання вимог до спектру для БПЛА. Частоти використовуються для каналів передачі сигналів команд, управління та ідентифікації, а також для передачі корисного навантаження (наприклад, бортові камери, що надсилають відео інформацію на землю).

Відповідно до Регламенту ЄС вибрані смуги частот та відповідне регулювання повинні задовольнити потреби в спектрі для командування/управління БПЛА, а також включати деякі положення, що дозволяють підключення корисного навантаження.

Сучасні вимоги до робочих можливостей БПЛА і забезпечення безпеки їх експлуатації висунули ряд наступних нових тенденцій у частотному забезпеченні роботи БПЛА:

1. Регулювання повинно дозволити спільне використання смуги частот або смуг між цими двома використаннями (управління і корисне навантаження) для країн, які бажають цього, водночас, з одного боку, гарантуючи, що ресурс корисного навантаження, на відміну від управління та контролю, не підлягає обмеженням авіаційної безпеки, а з іншого боку, що корисне навантаження не використовує ресурс управління і тим самим не ставить під загрозу безпеку БПЛА [1, 3]. Передбачається різне частотне забезпечення для непрофесійного і професійного використання БПЛА. Непрофесійне використання БПЛА вважається використанням частотних

можливостей за загальними дозволами (переважно в діапазонах 2,4 ГГц та 5,8 ГГц), де існує можливість спільного використання єдиного діапазону для різних систем БПЛА. Регламент [1] розглядає нові частотні діапазони, відмінні від традиційних і нові технології як забезпечити потреби систем БПЛА.

2. Використання у перспективі масованих застосувань і враховуючи численні можливості для нових інноваційних застосувань БПЛА (розширені місії), практично неможливо отримати загальний показник попиту на спектр у вигляді кількості МГц.

3. Впровадження автоматизованих систем управління рухом БПЛА вимагає спільного використання спектру БПЛА в єдиному повітряному просторі [2]. При цьому системи повинні бути надійними, можливо з ліцензованим спільним доступом. Однією з можливостей для професійного застосування БПЛА є використання існуючих мобільних мереж мобільного/фіксованого зв'язку (MFCN) для забезпечення зв'язку з БПЛА звичайними мобільними мережами з технологією LTE за умови, що лінії управління та контролю, де це доречно, відповідають відповідним вимогам безпеки авіації, що діють у країні. Це може бути реалізовано або за допомогою зовнішнього пристрою LTE, підключеного до БПЛА, або в майбутньому шляхом впровадження SIM-карт, встановлених у БПЛА. Таке з'єднання може бути використане як для обслуговування корисного навантаження, такого як відео, чи інші зібрані дані через датчики, так і для функції командування та контролю БПЛА.

4. Впровадження дистанційної ідентифікації [2] вимагає визначення окремого спектру з метою забезпечення безпеки руху БПЛА в середовищі інших БПЛА, людей, літаків, транспорту тощо. Для забезпечення передачі дроном даних ідентифікатора при прямій ідентифікації відповідно до авіаційного міжнародного стандарту дистанційної ідентифікації ASTM F-3411-22A [6] визначено використання частотного діапазону 2 ГГц (2402 – 2480 МГц).

5. Впровадження додаткових заходів з підвищення помітності БПЛА в середовищі літаків. Система автоматичного залежного оглядового прожектора/радіомаяка ADS-L (Automatic Dependent Surveillance – Light) [9] розроблена EASA, яка забезпечує електронну помітність для авіації загального призначення шляхом передачі основних даних про літаки і БПЛА, таких як місцезнаходження та швидкість, за допомогою недорогих пристроїв з низьким енергоспоживанням, покращуючи ситуаційну обізнаність пілотів та дозволяючи виявляти їх іншими літаками та наземними системами, включаючи БПЛА. Для забезпечення роботи ADS-L планується використовувати малопотужні засоби короткої дії (SRD) у діапазоні 860 МГц.

З метою виконання цих вимог в рамках СЕРТ прийнято Рішення ECC DEC(22)07 [4] щодо гармонізованих умов використання БПЛА, організації каналів зв'язку в мережевому застосуванні віддаленої ідентифікації (Network Remote ID) БПЛА у смугах 703-733 МГц, 832-862 МГц, 880-915 МГц, 1710-1785 МГц, 1920-1980 МГц, 2500-2570 МГц, 2570-2620 МГц, вже гармонізованих для MFCN/LTE. У країнах СЕРТ є швидко зростаючий попит на таке авіаційне обладнання кінцевих користувачів, особливо поза зоною прямої видимості. В Рішенні ECC DEC(22)07 визначені обмеження та технічні параметри для таких систем.

Також Рекомендацією ECC REC (24)02 [5] розроблено керівництво по використанню БПЛА урядовими службами та цивільними комунальними службами на національному рівні, що працюють у смузі частот 1880-1900 та 1910-1920 МГц. Зокрема, очікується, що ці БПЛА будуть використовувати радіотехнологію DECT-2020 NR чи сумісні з нею та відповідні смуги радіочастот, та визначають обмеження e.i.r.p. до 24 dBm.

Заплановане частотне забезпечення БПЛА, технології і максимальна потужність випромінювання представлені в таблиці 1.

Таблиця 1. Частотне забезпечення БПЛА

Призначення каналів зв'язку	Номінали/діапазони частот	
	Професійне/урядове/комунальне використання, технологія макс. потужність	Непрофесійне використання, технологія, макс. потужність
Команди і управління	1880-1900; 1900-1920 МГц DECT-2020NR, 250 мВт	2,4 ГГц, WiFi, 100 мВт (ЄС), 10 мВт (УКР) 5,8 ГГц, WiFi, 100 мВт (ЄС), 25 мВт (УКР)
Корисне навантаження	2,4 ГГц, WiFi, 100 мВт (ЄС), 10 мВт (УКР)	5,8 ГГц, WiFi, 100 мВт (ЄС), 25 мВт (УКР)
Пряма дистанційна ідентифікація (Direct Remote ID)	2402-2480 МГц (стандарт ASTM F-3411-22A), Bluetooth, 20 мВт	
Мережева дистанційна ідентифікація (Network Remote ID)	703-733, 832-862, 880-915, 1710-1785, 1920-1980, 2500-2570, 2570-2620 МГц, LTE, 200 мВт	
Робота в U-просторі (ідентифікація, управління, дані БПЛА, відео тощо)	703-733, 832-862, 880-915, 1710-1785, 1920-1980, 2500-2570, 2570-2620 МГц, LTE, 200 мВт	
Покращення помітності БПЛА, Автоматичний оглядовий прожектор/радіомаяк ADS-L	860 МГц, LPT (Low Power Transmission), 25 мВт	

Регламент (ЄС) 2019/947 зосереджується на експлуатаційних аспектах польотів дронів, включаючи реєстрацію операторів, сертифікацію пілотів та експлуатаційні процедури. Ключові аспекти регуляторних правил ЄС щодо БПЛА включають:

- Підхід, заснований на ризику, розглядає три категорії операцій:

Відкриті: Операції з низьким рівнем ризику, які не потребують попереднього дозволу.

Спеціалізовані: Операції, що потребують дозволу відповідного національного авіаційного органу, часто включають заходи щодо пом'якшення наслідків, викладені в оцінці операційного ризику.

Сертифіковані: Операції з високим рівнем ризику, що потребують сертифікації дрона, ліцензованого дистанційного пілота та затвердженого оператора.

- Реєстрація та ідентифікація. Усі оператори дронів та сертифіковані дрони повинні бути зареєстровані, а дрони потребують етикеток ідентифікації класу.

- Гармонізовані географічні зони. Держави-члени зобов'язані надавати інформацію про географічні зони для геообізнання в гармонізованому цифровому форматі.

- EASA відіграє центральну роль у розробці та нагляді за впровадженням цих правил.

- Конвертація національних дозволів. Національні дозволи, сертифікати та декларації повинні бути конвертовані в нову систему ЄС.

- U-простір. Для складніших операцій може бути визначений повітряний U-простір, що вимагатиме додаткових послуг та специфічних експлуатаційних умов.

Одним із критично важливих аспектів цих правил є правило *дистанційної ідентифікації дронів*, яке вимагає від операторів дронів дотримуватися певних стандартів ідентифікації. Щоб дотримуватися цього правила дистанційної ідентифікації дронів, передбачається три доступні варіанти:

1. Використання *широкомовної* або прямої дистанційної ідентифікації – ця система передає дистанційну ідентифікацію дрона пристроям поблизу за допомогою Wi-Fi або Bluetooth. Назва цієї системи може відрізнитися залежно від вашого місцезнаходження від дрона. За умови малої

відстані у Європі вона відома як «Пряма дистанційна ідентифікація» (DRI-Direct Remote Identification), або спрощено «дистанційна ідентифікація» (Remote ID) [6]). Для забезпечення передачі дроном даних ідентифікатора відповідно до авіаційного міжнародного стандарту дистанційної ідентифікації ASTM F-3411-22 визначено [6] використання частотного діапазону 2 ГГц (2402 – 2480 МГц). Сигнали несуть в режимі реального часу інформацію, зокрема, про: унікальний реєстраційний номер оператора дрона, унікальний ідентифікаційний номер дрона, поточне місцезнаходження та висоту дрона, маршрут та швидкість дрона відносно землі, позначку часу, місцезнаходження пілота або точки зльоту, стан дрона (якщо аварійний). В разі експлуатації дрона у місті, незалежно від того, чи належить він до відкритої або спеціалізованої категорії, потрібно оформити свою реєстрацію як оператора БПЛА. Відразу після завершення реєстрації оператор отримує реєстраційний номер операції. Це унікальний номер, необхідний для керування дроном. Відповідно стандарту [6] при реєстрації оператора БПЛА і польоту вимагається визначення 1-байтового унікального ідентифікатора (1-224) 0 та 225-255 (зарезервовані). Обраний метод забезпечення унікальності ідентифікатора полягає у використанні служби реєстру для реєстрації будь-яких нових створених типів. За допомогою простого додатку на своєму телефоні люди, які знаходяться поблизу, можуть отримати доступ до даних дрона без необхідності перебувати поруч із ним. Додаток можна буде придбати в будь-якому магазині, і він покаже всі зареєстровані дані.

2. Використання мережевої дистанційної ідентифікації (NRID-Network Remote ID) – цей метод ще не застосовується, але він покладатиметься на стільникові мережі MFCN/LTE для надсилання даних від дрона на великі відстані для визначення і узгодження умов переміщення у повітряному просторі. Для забезпечення роботи БПЛА в режимі мережевої ідентифікації NRID Рішенням ЕСС DEC(22)07 передбачається використання смуг частот висхідних каналів зв'язку, вже гармонізованих для мобільних мереж стільникового зв'язку MFCN/LTE.

3. Використання, у перспективі, інтегрованої дистанційної ідентифікації (в режимах RID і NRID) з U-простором, як спеціалізованою системою управління повітряним простором. Для цього також необхідні стільникові мережі для передачі даних від дрона.

На час набрання чинності регламентів Reg /945,947 (Грудень 2020) «система «U-простір» перебувала на стадії розробки, проте регламенти вже містили вимоги щодо впровадження трьох основ системи U-простору, а саме: реєстрації, геоінформації та дистанційної ідентифікації, які потребуватимуть подальшого доопрацювання. Також Регламент 947 вводить визначення «пряма дистанційна ідентифікація», що «означає систему, яка забезпечує локальну трансляцію інформації про БПЛА, що працює, включаючи маркування БПЛА, щоб цю інформацію можна було отримати без фізичного доступу до БПЛА». Регламент 945 вже містить вимоги щодо обладнання (модуля) дистанційної ідентифікації БПЛА. У грудні 2022 р. Концепцію U-простору EASA було запроваджено через Регламент ЄС (ЄС) 2021/664–666 [7], який набув чинності у січні 2023 року. Концепція розроблена для інтеграції великої кількості БПЛА в існуючу систему управління повітряним рухом, що дозволяє їм безпечно співіснувати з традиційними пілотованими літальними апаратами.

Регламент ЄС (ЄС) 2021/664–666 встановлює U-простір як спеціальний повітряний простір для БПЛА, а також:

- встановлює правила безпечного використання БПЛА в U-просторі;
- забезпечує основу для безпечної інтеграції БПЛА в ширшу авіаційну систему;
- визначає вимоги до постачальників послуг U-простору та постачальників спільних інформаційних послуг, зокрема:
 - постачальниками послуг U-простору (USSP – U-Space Service Provider) є *сертифіковані* організації, які надають послуги U-простору операторам дронів;
 - постачальниками загальних інформаційних послуг (CISP – Common Information Service Provider) є *сертифіковані* організації, які надають USSP важливу інформацію для управління повітряним U-простором;
 - визначає повітряний U-простір: держави-члени ЄС можуть визначати конкретні повітряні U-простори, де операції з дронами повинні здійснюватися відповідно до правил U-простору та за підтримки служб U-простору.

Таким чином, EASA визначає U-простір як географічний простір, в якому європейська цифрова система автоматизованих послуг, забезпечує безпечне, ефективне та скоординоване управління операціями дронів у спільному повітряному просторі разом з пілотованими літальними

апаратами. Система надає інструменти для ситуаційної обізнаності, ідентифікації та інформації про повітряний простір, спрощуючи все: від простих польотів дронів до складних автоматизованих операцій, і була розроблена для гармонізації управління рухом дронів по всьому ЄС.

Сучасні дослідження [10, 11] в рамках U-простору визначають загальну архітектуру U-простору, модульну структуру послуг і розглядають шість основних послуг від оператора послуг USSP для операторів дронів:

1. Послуга мережевої ідентифікації забезпечує електронну ідентифікацію дронів під час польоту, надаючи інформацію в режимі реального часу, таку як ідентифікатор оператора, місцезнаходження, швидкість та маршрут.

2. Послуга геоінформації надає динамічну та статичну інформацію про обмеження повітряного простору, такі як заборонені зони, критичні сповіщення пілотам NOTAM (Notice to Air Missions) або обмеження висоти.

3. Послуга авторизації польотів необхідна для запиту та отримання дозволу на політ у повітряному U-просторі на основі усунення конфліктів у режимі реального часу.

4. Послуга повітряного руху, отримана від ATSP (Air Traffic Service Provider) повідомляє про позиції інших користувачів повітряного простору, що співпрацюють, у режимі реального часу.

5. Послуга метеорологічної інформації надає локальні та актуальні метеорологічні дані, включаючи дані про вітер, температуру та погодні небезпеки.

6. Послуга моніторингу відповідності контролює, чи дотримується дрон свого затвердженого плану польоту, та попереджає оператора або орган влади про відхилення.

Перелічені послуги надаються єдиним постачальником послуг USSP через локальні і регіональні USSP операторам БПЛА. Єдиний постачальник USSP отримує інформацію для управління рухом БПЛА від єдиного постачальника загальної інформаційної послуги CISP (рис.1). Єдиний постачальник CISP, в свою чергу, отримує первинну інформацію від відповідних за напрямком організацій і служб: адміністрації авіаслужби, авіадиспетчерської служби, служби контролю повітряного руху, метеорології, геоінформації, USPP тощо, аналізує, узагальнює і транслює інформацію до єдиного постачальника послуг USSP. Узагальнена архітектура національного U-простору представлена на рис.1

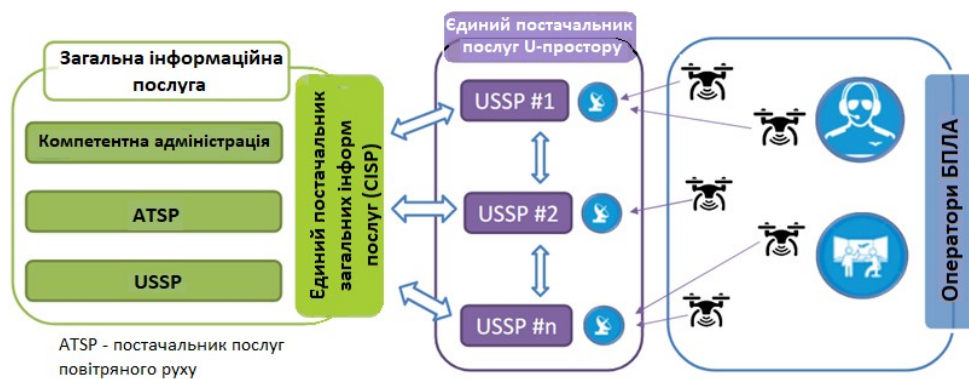


Рис.1 Архітектура U-простору [9]

Розгортання U-простору по всій Європі триває, різні держави-члени ЄС готуються визначити повітряні U-простори, що в близькій перспективі очікує і Україну. Ці постачальники проходять суворі процеси сертифікації, щоб забезпечити відповідність стандартам програмної, кібер [10] і авіаційної безпеки та експлуатації, встановленим EASA. U-простір надає основні послуги операторам дронів, авіаційним органам та зацікавленим сторонам галузі. Система впроваджується поетапно, вводячи все більш просунуті послуги для покращення операцій дронів (стратегія SESAR JU). На рис.2 представлено графічне уявлення U-простору, де червоним кольором позначені заборонені зони польоту через зайнятість літаками, висотними і критичними спорудами - USSP не надає дозвіл; жовтим кольором позначені місця особливої обережності - USSP надає дозвіл з попередженням. Однак, для забезпечення успішного впровадження U-простору необхідно вирішити кілька основних питань [13]:

tions & flight authoris

y to
is
inter

Yellow

Red

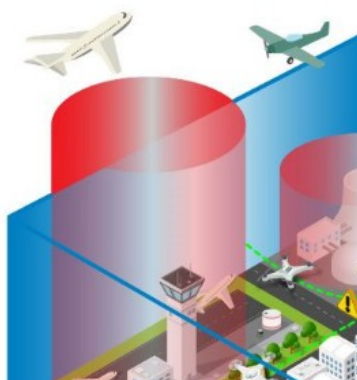


Рис.2 Графічне уявлення U-простору [9]

• Забезпечення стандартів безпеки для цифрової системи управління повітряним рухом. Оскільки служби U-простору обробляють конфіденційні дані про польоти та відповідають за управління повітряним простором, необхідні надійні заходи кібербезпеки. Програмне забезпечення безпеки на базі штучного інтелекту є основою виявлення та реагування на загрози в режимі реального часу, забезпечуючи цілісність та безпеку польотів дронів.

• Проведення комплексних оцінок повітряного простору.

• Гармонізація правил у державах-членах ЄС.

• Вирішення проблеми затримок у видачі дозволів на експлуатацію (безпілотний повітряний простір).

Україна зацікавлена у вирішенні цих питань і має долучитись до численних

досліджень, які проводяться в рамках ЄС [8-12] з питань узгодження архітектури системи U-простору, розробки програмного забезпечення, обладнання дистанційного ідентифікатора тощо.

Висновки

Впровадження нових технічних і регуляторних заходів, таких, як ризик-орієнтовний підхід, пряма і мережева дистанційні ідентифікації мають привести до безпечного і ефективного використання БПЛА. Розвиток U-простору продовжується, він розкриває новий потенціал для європейської технології дронів. Створюючи стандартизовану, ефективну систему управління повітряним рухом, U-простір стимулюватиме інновації в багатьох галузях. Впровадження U-простору залежить від постійної співпраці між регуляторами, зацікавленими сторонами галузі та постачальниками технологій. Оскільки система продовжує розвиватися, вона матиме докорінний вплив на формування майбутнього авіації та міської мобільності в Європі і, в тому числі, в Україні.

Література

1. Regulations commission delegated regulation (EU) 2019/945 of unmanned aircraft systems and on third-country operators of unmanned aircraft systems [Електронний ресурс] // Official Journal of the European Union. 2019. Режим доступу: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0945>.
2. Commission implementing regulation (EU) 2019/947 on the rules and procedures for the operation of unmanned aircraft [Електронний ресурс] // Official Journal of the European Union. 2019. Режим доступу: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0947>.
3. ECC Report 268: Technical and Regulatory Aspects and the Needs for Spectrum Regulation for Unmanned Aircraft Systems (UAS). February 2018.
4. ECC Decision (22)07 Harmonised technical conditions for the usage of aerial UE for communications based on LTE and 5G NR in the bands 703-733 MHz, 832-862 MHz, 880-915 MHz, 1710 - 1785 MHz, 1920-1980 MHz, 2500-2570 MHz and 2570-2620 MHz harmonisedfor MFCN [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://www.cept.org>.
5. ECC Recommendation (24)02 On guidance for the use of governmental UAS operating within the frequency bands 1880-1900 MHz and 1910-1920 MHz [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://www.cept.org>.
6. ASTM F3411-22 Standard Specification for Remote ID and Tracking [Електронний ресурс] // ICAO. 2022. Режим доступу: <https://webstore.ansi.org/standards/astm/astmf341122a>.

7. Commission Implementing Regulation (EU) 2021/664 on a regulatory framework for the U-space [Електронний ресурс] // April 2021. Режим доступу: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_impl/2021/664/oj/eng.
8. Remote ID and Detect-and-Avoid in Unmanned-Aerial-Systems, Linkoping University [Електронний ресурс] // 2024. Режим доступу: <https://liu.diva-portal.org/smash/get/diva2:1878572/FULLTEXT01.pdf>.
9. EASA U-space workshop. From the concept to the implementation [Електронний ресурс] // Cologne, June 2025. Режим доступу: https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/20230622-_U-space_workshop_-_7bis.pdf.
10. Commission Implementing Regulation (EU) 2023/203, amending the U-space Regulation as regards requirements for the management of information security risks with a potential impact on aviation safety [Електронний ресурс] // 2026.
11. Rise of U-space: Revolutionizing Drone Management in Europe [Електронний ресурс] // March 2025. Режим доступу: <https://visionspace.com/rise-of-u-space-revolutionizing-drone-management-in-europe/>.
12. Unmanned Aerial Traffic Management System Architecture for U-space In-Flight Services [Електронний ресурс] // 2021. Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/351174535_Unmanned_Aerial_Traffic_Management_System_Architecture_for_U-space_In-Flight_Services.