

Ивайло Начев¹, Станьо Колев¹, Ардак Карипжанова²

¹Технически Университет-София

²Alikhan Bokeikhan University

¹Болгария, София

Казахстан, Семей

e-mail: ivaylonachev@yahoo.com

ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ В ОБЛАСТИ РАДИОСВЯЗИ С ПОМОЩЬЮ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ (ДРОНОВ)

Аннотация: С появлением беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для различных приложений в последние годы в научных изданиях появилось много новых идей, симуляций и результатов исследований, связанных с автоматизацией процессов эксплуатации БПЛА. В настоящей статье будут рассмотрены конкретные приложения, в которых БПЛА-дроны могут быть использованы при измерении различных параметров и характеристик при эксплуатации мобильных систем и различных СВЧ-излучающих элементов. С помощью БПЛА измерение различных параметров может выполняться автономно, привязано к различным алгоритмам обработки измеряемых результатов, что сводит к минимуму ошибки измерения.

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты, дроны, измерения, антенные измерения, диаграмма направленного действия

Ivaylo Nachev¹, Kolev Stanyo¹, Karipzhanova A.Zh².

¹Technical University of Sofia

²Alikhan Bokeikhan University

¹Bulgaria, Sofia

²Kazakhstan, Semey

e-mail: ivaylonachev@yahoo.com

Applications for measurements in the field of radio communication using unmanned aerial vehicles (drones)

Annotation: With the advent of unmanned aerial vehicles (UAVs) for various applications in recent years, many new ideas, simulations and research results related to the automation of UAV operation processes have appeared in scientific publications. This article will consider specific applications in which UAV drones can be used to measure various parameters and characteristics during the operation of mobile systems and various microwave emitting elements. With the help of a UAV, the measurement of various parameters can be performed autonomously, tied to various algorithms for processing the measured results, which minimizes measurement errors.

Keywords: unmanned aerial vehicles, drones, measurements, antenna measurements, directional diagram

Ивайло Начев¹, Станьо Колев¹, Ардак Карипжанова²

¹София техникалық университеті

²Alikhan Bokeikhan University

¹Болгария, София

Қазақстан, Семей

e-mail: ivaylonachev@yahoo.com

Ұшқышсыз ұшу аппараттарының (дрондардың) көмегімен радиобайланыс саласындағы өлшеуге арналған қосымшалар

Аннотация: Әр түрлі қосымшаларға арналған ұшқышсыз ұшу аппараттарының (ұшқышсыз ұшу аппараттарының) пайда болуымен соңғы жылдары ғылыми басылымдарда ұшқышсыз ұшу аппараттарын пайдалану процестерін автоматтандыруға байланысты көптеген жаңа идеялар, модельдеу және зерттеу нәтижелері пайда болды. Бұл мақалада мобильді жүйелер мен әртүрлі микротолқынды сәулелендіру элементтерін пайдалану кезінде әртүрлі параметрлер мен сипаттамаларды өлшеу кезінде ұшқышсыз ұшақтарды қолдануға болатын нақты қосымшалар қарастырылады. Ұшқышсыз ұшу аппараттарының көмегімен әртүрлі параметрлерді өлшеу дербес жүргізілуі мүмкін, өлшенген нәтижелерді өңдеудің әртүрлі алгоритмдерімен байланысты, бұл өлшеу қателіктерін азайтады.

Түйінді сөздер: ұшқышсыз ұшу аппараттары, дрондар, өлшемдер, антенна өлшемдері, бағытталған әрекет диаграммасы

1. Введение

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) - системы с дистанционным управлением работают автономно. Их основная цель - выполнение строго определенных действий. На борту одного беспилотного летательного аппарата (БПЛА) устанавливается исключительно необходимое оборудование для выполнения конкретной задачи, из которого определяются размеры дрона [1]. Были опубликованы различные разработки по навигации и посадке БПЛА. Большинство из них основаны на дифференциальных системах GPS [2], использование псевдо конического сканирования [3], с лазерной оптической завесой [4] и распознаванием изображения посадочной площадки [5]. В то же время рассматриваются различные тематические исследования, разрешение и/или усовершенствование которых может быть осуществлено с помощью дронов. Актуальной проблемой в радиосвязи является измерение диаграммы направленного действия (ДНД) при уже установленной антенной системе. Для измерения диаграммы направленного действия необходимы: приемная и передающая антенны, подключенные соответственно к приемнику и передатчику, а на стороне измерения необходим индикатор (измеритель), показывающий уровень сигнала. Необходимо, чтобы ДНД антенны, с помощью которой будет производиться измерение, была заранее известна, а поляризация двух антенн была одинаковой (в случае, если используются линейные поляризации под заданным углом или круговая вращающаяся поляризация). Кроме того, минимальное расстояние между двумя антеннами должно быть больше дальней зоны излучения антенны: дальняя зона $\geq 2d^2/\lambda$, где D -эффективная площадь антенны, а λ -

длина волны рабочей частоты. Наиболее распространенным методом измерения ДНД является "метод двух антенн". При правильном подборе аппаратуры - легкой и небольшого размера, техника на измерительной стороне может быть установлена на борту БПЛА, а при соответствующем алгоритме управления дроном измерение осуществляется автономно.

2. Измерения с помощью беспилотных летательных аппаратов.

Для измерения радиационной диаграммы антенны с помощью БПЛА необходимо, чтобы дрон имел установленную измерительную аппаратуру, которая записывала бы значения измерений в соответствующем виде для обработки или различными методами, получала непосредственно обработанную информацию - в данном случае ДНД в декартовой или полярной системе координат. БПЛА должны иметь достаточно большие размеры, чтобы иметь возможность поднимать измерительную антенну и соответствующий приемник или передатчик-индикатор, который будет подключен к микроконтроллеру и записывать результаты измерений. Благодаря современным планарным структурам [8] и минимизации размеров различных радиомодулей со встроенным микроконтроллером [9], можно максимально минимизировать и облегчить размер измерительного устройства. С другой стороны, дрон должен совершить полный оборот вокруг антенны (360) [10], диаграмма которого измеряет направленный на нее на соответствующие расстояния с тем, чтобы соблюдалось расстояние, равное дрону, равно или больше дальней зоне антенны – Рисунок 1.

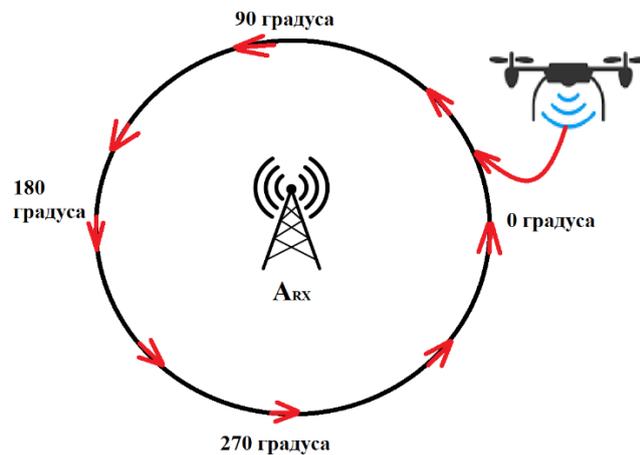


Рисунок 1. Упрощенная модель измерения ДНД с помощью БПЛА

Примерный алгоритм, предложенный автором отчета о траектории дрона, согласованный с процессом измерения, показан на рисунке 3.

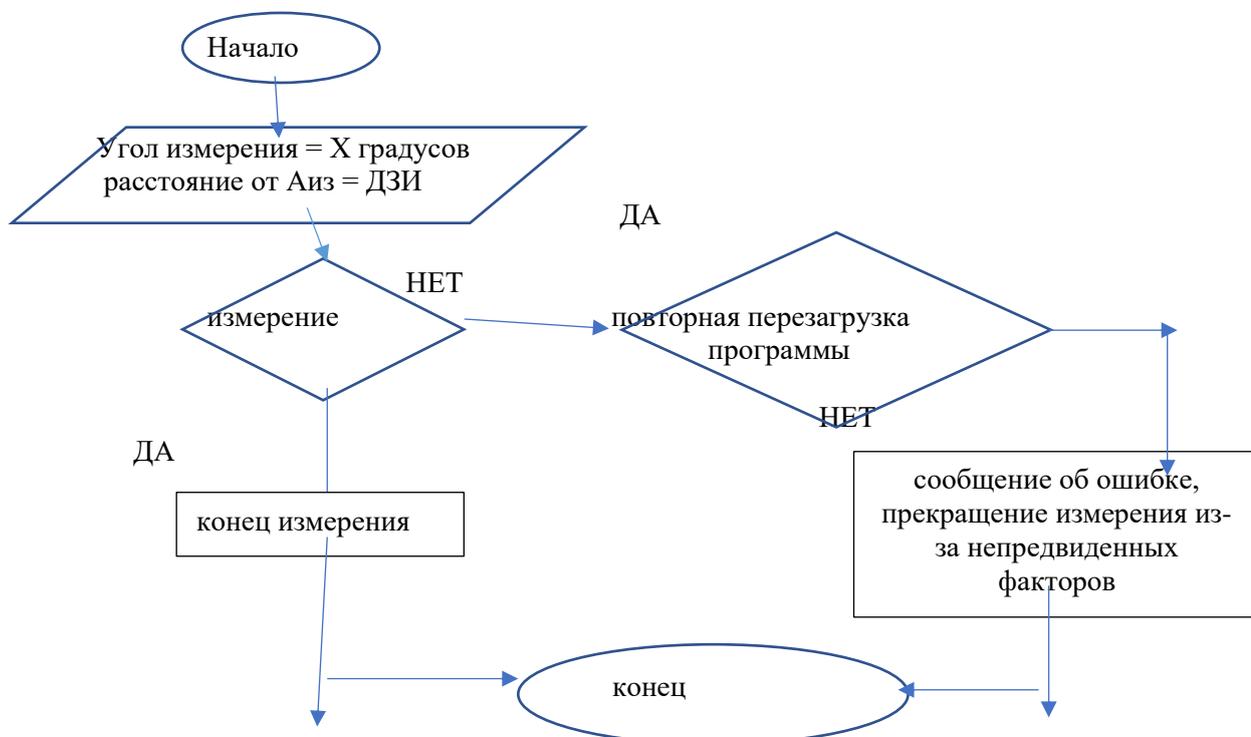


Рисунок 2. Примерный алгоритм измерения ДНД антенн через БПЛА

Предлагаемый алгоритм начинается с установки угла-шага в градусах, с помощью которого производится измерение. Как для точных измерений рекомендуется шаг $X \in [0.2 \div 10]$, а для измерений, направленных на проверку ДНД измеряемой антенны $X \in [10 \div 50]$. После определения шага измерения дрон позиционируется на расстоянии \geq дальней зоны радиационного излучения антенны. Сразу после этого начинается измерение, и в алгоритме предусмотрено, что если измерение остановится

до полного обхода оси измерения-заданной окружности, дрон остановится и передаст программу измерения. Если это происходит, дрон начинает сначала, если и это не происходит в памяти, в которой записывается измерение, пишется сообщение об ошибке, и процесс заканчивается. Важно отметить, что при измерении нет фиксированного нулевого положения, для БПЛА нулевое положение - это положение, в котором оно находится при начале измерения.

3. Заключение

Предложенный метод измерения ДНД направленного действия подходит для измерения диаграмм уже установленных антенн и антенных систем в эксплуатации, где трудно или нецелесообразно демонтировать антенну и транспортировать ее в место измерения. Предлагаемое применение БПЛА в представленном отчете является финансово эффективным, поскольку измерительное устройство подходит для антенн данного частотного диапазона, независимо от их типа.

Автономное использование БПЛА и предложенного алгоритма не зависит от человеческого вмешательства, тем самым дополнительно минимизируется вероятность ошибок. Подобный тип измерительного оборудования рекомендован для измерения ДНД антенн и антенных систем, используемых в наземном распространении электромагнитных волн различного назначения - антенн с мобильным покрытием, антенн для распространения радио, телевидения и др.

Литература

1. С. Билидеров, Н. Пачалийски, В. Стефанов, А. Янакиев, "Приложение на безпилотните летателни апарати за фотограметрични цели", списание Геодезия, Септември 2010
2. <https://www.u-blox.com/en/product/c94-m8p#tab-documentation-resources>
3. Andreev K., Stanchev G., "Flight Safety Sensor and Auto-Landing System of Unmanned Aerial System", Int. J. of Reasoning-based Intelligent Systems (IJRIS), Japan, 2019.
4. Arnaudov R., Botusharov V., Stanchev G., Andreev K., "System for Automatic Targeting of Unmanned Aerial Vehicles in Vertical Landing ", Application No. 112876, Bulgarian Patent Office, February 2019, Sofia.
5. Fumio Ohtomo, Kazuki Osaragi, Tetsuji Anai, Hitoshi Otani, US Grant Patent number US20120277934A1, "Taking-Off And Landing Target Instrument And Automatic Taking-Off And Landing System", 2011.
6. https://cavellmertz.com/wp-content/uploads/2018/03/N_428_20171012-Real-World-Results-for-a-Signal-Measurement-Drone.pdf
7. BALANIS, Constantine A. Antenna theory: analysis and design. John wiley & sons, 2016
8. LI, Mingjian; LUK, Kwai-Man. A low-profile wideband planar antenna. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2013, 61.9: 4411-4418
9. F8L10 Series LoRa Module (F8L10D / F8L10S) datasheet
10. ÜSTÜNER, Fatih, et al. Antenna radiation pattern measurement using an unmanned aerial vehicle (UAV). In: 2014 XXXIth URSI General Assembly Scientific Symposium (URSI GASS). IEEE, 2014. p. 1-4.

References

1. S. Biliderov, N. Pachalijski, V. Stefanov, A. Janakiev, "Prilozhenie na bezpilotnite letatelni aparati za fotogrametrichni celi", spisanie Geodezija, Septemvri 2010
2. <https://www.u-blox.com/en/product/c94-m8p#tab-documentation-resources>
3. Andreev K., Stanchev G., "Flight Safety Sensor and Auto-Landing System of Unmanned Aerial System", Int. J. of Reasoning-based Intelligent Systems (IJRIS), Japan, 2019.
4. Arnaudov R., Botusharov V., Stanchev G., Andreev K., "System for Automatic Targeting of Unmanned Aerial Vehicles in Vertical Landing ", Application No. 112876, Bulgarian Patent Office, February 2019, Sofia.
5. Fumio Ohtomo, Kazuki Osaragi, Tetsuji Anai, Hitoshi Otani, US Grant Patent number US20120277934A1, "Taking-Off And Landing Target Instrument And Automatic Taking-Off And Landing System", 2011.
6. https://cavellmertz.com/wp-content/uploads/2018/03/N_428_20171012-Real-World-Results-for-a-Signal-Measurement-Drone.pdf
7. BALANIS, Constantine A. Antenna theory: analysis and design. John wiley & sons, 2016
8. LI, Mingjian; LUK, Kwai-Man. A low-profile wideband planar antenna. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2013, 61.9: 4411-4418
9. F8L10 Series LoRa Module (F8L10D / F8L10S) datasheet
10. ÜSTÜNER, Fatih, et al. Antenna radiation pattern measurement using an unmanned aerial vehicle (UAV). In: 2014 XXXIth URSI General Assembly Scientific Symposium (URSI GASS). IEEE, 2014. p. 1-4

Сведения об авторах:

Колев Станё Веселинов

«Телекоммуникация» мамандықтары бойынша PhD докторы, бас ассистент проф.

Тел.: +359895581498

Электрондық пошта: skolev@tu-sofia.bg

Колев Станьо Веселинов

Доктор PhD по специальности – «Телекоммуникации», Главный ассистент проф.

Тел.: +359895581498

Email: skolev@tu-sofia.bg

Kolev Stanyo Veselinov

Doctor PhD in specialties - «Telecommunications»,

Chief assistant prof.

Тел.: +359895581498

Email: skolev@tu-sofia.bg

Карипжанова Ардак Жұмағазықызы

«Ақпараттық жүйелер» мамандығы бойынша философия ғылымдарының PhD докторы, Alikhan Bokeikhan University ақпараттық технологиялар жөніндегі проректоры

Тел.: +77779845361

Email: kamilakz2001@mail.ru

Карипжанова Ардак Жумагазиевна

Доктор PhD по специальности – «Информационные системы», проректор по информационным технологиям Alikhan Bokeikhan University

Тел.: +77779845361

Email: kamilakz2001@mail.ru

Karipzhanova Ardak Zhumagazievna

Doctor of PhD in the specialty – "Information systems",

Vice-Rector for Information Technology Alikhan

Bokeikhan University

Phone.: +77779845361

Email: kamilakz2001@mail.ru

Ivaylo Naydenov Nachev

Phd Student – Technical University of Sofia, Faculty of

Telecommunication

Phone.: +3599652270

Email: ivaylonachev@yahoo.com