

и отсутствия сертификации. В дополнение к выбранным решениям целесообразно применять каскадную схему защиты услуг телефонной связи

TLS+SRTP, которая обеспечивает шифрование непосредственно голосового и сигнального трафика.

Литература

1. Иванов В. Г. Теория и практика построения и обеспечения функционирования системы связи специального назначения с учётом технологического развития и опытов вооружённых конфликтов / монография В. Г. Иванов – М.: Красная Звезда, 2025. – 304 с.
2. Кузина Е. И., Панкин А. А., Потапов И. А., Назаров А. Д. Особенности организации служебной телефонной связи на пунктах управления // Телекоммуникации и связь. – 2026. – № 1 (10). – С. 52–58.
3. Черемисин Д. Г., Мкртчян В. Р. Принципы построения пиринговых сетей // Международный научный журнал «Символ науки». – 2023. – № 6. – С. 31–32.
4. Яценко П. В. Безопасность VoIP-телефонии: угрозы и методы защиты // Информационная безопасность телекоммуникаций. – 2018. – № 3. – С. 45–52.
5. Петров В. К. Уязвимости программного обеспечения IP-телефонии // Защита информации. Инсайд. – 2021. – № 2. – С. 30–35.
6. Решетников С. Н. Применение TLS для защиты сигнализации SIP // Электросвязь. – 2023. – № 1. – С. 40–45.
7. Олифер В., Олифер Н. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Юбилейное издание, дополненное и исправленное // СПб.: Питер, 2024. – 1008 с.

ARCHITECTURE OF AN OPEN AUTOMATIC TELEPHONE NETWORK BUILT USING PEER-TO-PEER TECHNOLOGIES, AND PROPOSALS FOR ITS PROTECTION

Ashlapov M. V.⁷, Eliseev D. I.⁸

Keywords: telephony, telephony services, packet switching, cluster, hardware gateways, telephony security, audio conferencing.

Abstract

The purpose of the work is to analyze the architecture of a peer-to-peer network of open automatic telephone communication and proposals to ensure the protection of voice and signaling traffic.

Research method: the system approach is applied to the analysis of the architecture of the peer-to-peer automatic telephone network, on the basis of which proposals for the protection of voice and signal traffic in the open telephone network have been developed.

Results of the study: it is recommended to use hardware and software to ensure the security of open telephony.

Scientific novelty: the author determines the depth of substantiation of the use of peer-to-peer technologies for the construction of open telephone networks and consideration of the features of ensuring the security of voice and signal traffic transmission in such a network.

References

1. Ivanov V.G. Teoriya i praktika postroeniya i obespecheniya funkcionirovaniya sistemy svyazi special'nogo naznacheniya s uchytom tehnologicheskogo razvitiya i opytov vooruzhennykh konfliktov / monografiya V. G. Ivanov. – M.: Krasnaya Zvezda, 2025. – P. 304.
2. Kuzina E. I., Pankin A. A., Potapov I. A., Nazarov A. D. Osobennosti organizatsii sluzhebnoj telefonnoj svyazi na punktakh upravleniya // Telekommunikatsii i svyaz'. – 2026. – No 1 (10). – Pp. 52–58.
3. Cheremisin D. G., Mkrtchyan V. R. Principy postroeniya piringovykh setej // Meghdunarodnyi nauchnyi jurnal «Simvol nauki». – 2023. – No 6. – Pp. 31–32.
4. Yashchenko P. V. Bezopasnost' VoIP-telefonii: ugrozy i metody zashchity // Informacionnaya bezopasnost' telekommunikatsij. – 2018. – No 3. – Pp. 45–52.
5. Petrov V. K. Uyazvimosti programmnoho obespecheniya IP-telefonii // Zashchita informatsii. Insajd. – 2021. – No 2. – Pp. 30–35.
6. Reshetnikov S. N. Primenenie TLS dlya zashchity signalizatsii SIP // Ehlektrosvyaz'. – 2023. – No 1. – Pp. 40–45.
7. Olifer V., Olifer N. Komp'yuternye seti. Principy, tehnologii, protokoly: Yubilejnoe izdanie, dopolnennoe i ispravlennoe // SPb.: Piter, 2024. – P. 1008.

7 **Mikhail V. Ashlapov**, Ph.D. of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of the Military Academy of Communications. St. Petersburg, Russia. E mail: mvashlapov@mail.ru

8 **Dmitry I. Eliseev**, Ph.D. of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of the Military Academy of Communications. St. Petersburg, Russia. E mail: dimone73@mail.ru

ОБНАРУЖЕНИЕ ДРОНОВ ПРОТИВНИКА С ПОМОЩЬЮ ПОИСКОВОЙ АППАРАТУРЫ, УСТАНОВЛЕННОЙ НА ОТЕЧЕСТВЕННЫХ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТАХ

Ахмедов Э. М.¹, Асадов Х. Г.², Алиева Х. С.³

DOI:10.21681/3034-4050-2026-3-69-73

Ключевые слова: математическое моделирование, оптимизация, оптимизируемые функции, видеокамеры, показатель вероятности, распознавание объектов, вражеские объекты, горные поверхности, обнаружения.

Аннотация

Цель: решение задачи обнаружения вражеских дронов в полете с помощью отечественных БПЛА, оборудованных видеокамерой и термальной камерой.

Метод: используется метод математического моделирования и синтеза с помощью составленной вариационной оптимизационной задачи.

Результат: для оценки эффективности обнаружения дрона противника использована вероятностная мера обнаружения. Введен на рассмотрение интегральный показатель вероятности и сформулирована задача оптимизации этого показателя. Также введена оптимизируемая функция взаимосвязи вероятности обнаружения дрона видеокамерой и вероятности обнаружения термальной ИК-камерой.

Определено, что при линейном виде оптимизируемой функции вновь введенный интегральный показатель вероятности обнаружения достигает максимума. Показано, что полученный результат проводимой оптимизации действителен в случае поиска оптимизируемой функции в пределах подмножества непрерывных и дважды дифференцируемых функций, удовлетворяющих определенному ограничительному условию.

Практическая ценность: полученные результаты могут быть использованы при планировании современных методов ведения боя с применением беспилотных аппаратов, а также поиске заданных объектов на поверхности Земли, в том числе в горной местности.

Введение

Как отмечается в работе [1], беспилотные летательные аппараты (БПЛА) имеют широкую область применения, не ограничиваясь такими сферами как контроль чрезвычайных ситуаций, безопасность границ, оценка состояния водных ресурсов, картографирование природных объектов, археологические и геологические исследования. Важной областью применения БПЛА также является контроль за состоянием дорожного транспортного движения [2], и в особенности в горной местности [3]. Как было отмечено в работе [3], эффективный контроль за состоянием дорожного движения может быть обеспечен только с помощью групповых полетов БПЛА на разных участках дорожной сети. Важность и значение группового применения БПЛА для выполнения различных задач также подчеркивается в работе [4]. Согласно этой работе, групповые полеты БПЛА позволяют расширить поле обзора поиска наземных объектов, увеличить

количество контролируемых пикселей на поверхности Земли. Не менее интересной областью применения БПЛА является их совместное функционирование с наземными беспилотными системами в целях контроля за поведением скопления людей [5]. Следует отметить, что широко распространенной областью применения БПЛА является обнаружение и распознавание (идентификация) объектов на поверхности Земли [6].

Следует отметить, что чрезвычайно широкая сфера применения дронов, включающая как гражданские, так и военные области, актуализировала задачу обнаружения самих БПЛА, запущенных во вражеских целях. Как указывается в работе [7], обнаружение дронов предусматривает решение таких задач как обнаружение объекта, отслеживание этого объекта и проведение классификации. С этой целью могут быть использованы RGB видеокамеры, специальные модули обнаружения для отличия их от птиц и различных воздушных баллонов.

¹ Ахмедов Эмиль Мехман оглы, аспирант Национального Аэрокосмического Агентства. Баку, Азербайджанская Республика. E-mail: email.ahmadov@mail.ru

² Асадов Хикмет Гамид оглы, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник НИИ Аэрокосмической информатики. Баку, Азербайджанская Республика. E-mail: asadzade@rambler.ru

³ Алиева Хумар Сабир гызы, кандидат технических наук, доцент, главный научный сотрудник НИИ Аэрокосмической информатики. Баку, Азербайджанская Республика. E-mail: khumar.aliyeva@maka.gov.az

На фоне отмеченной выше широкой области применения БПЛА безусловный интерес представляет их применения в целях обнаружения вражеских дронов. Указанная задача применения БПЛА безусловно отличается от вышеизложенных своей сложностью и системностью. Для решения данной задачи важно привлечение элементов системного анализа и элементов искусственного интеллекта. Следует отметить, что элементы теории нечетких множеств уже применяются в теории и практике при применении БПЛА для решения аналогичных задач [8]. Вместе с тем, важность привлечения методов системного анализа для решения указанной задачи неоспорима.

Материалы и методы

Как отмечается в работе [9], многоплановость работ по успешному функционированию БПЛА диктует необходимость формирования системного подхода к обеспечению успешной взаимосвязи привлекаемых для этой цели различных систем. Для этой цели предлагается использовать стандартные диаграммы функционирования привлеченных систем и подсистем БПЛА для дальнейшего использования их в объектно-ориентированной модели. Сообщается о разработке специального языка для обслуживания такой системы [9].

Также рассмотрены вопросы взаимосвязи такого языка со стандартными средствами моделирования, таких как MATLAB, и многокритериальных средств оптимизации, таких как MDAO. Примеры разработки и успешного использования подобных языков приведены в работах [10–14].

В работе [9] представлены диаграммы модельного представления функционирования БПЛА на разных уровнях обобщения. Блочные диаграммы БПЛА и подсистемы полезной нагрузки БПЛА представлены соответственно на рисунках 1 и 2.

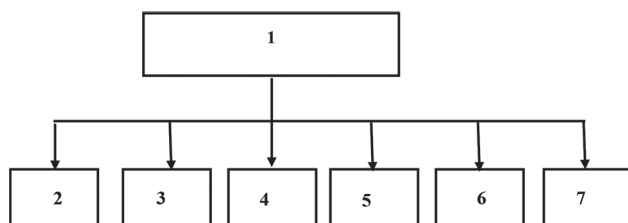


Рис. 1. Блочная диаграмма систем БПЛА [9]

1 – система БПЛА; 2 – контроль управляемой навигации; 3 – подсистема тяги; 4 – подсистема силовая; 5 – контроль полета БПЛА; 6 – рама БПЛА (механика); 7 – электронные узлы управления

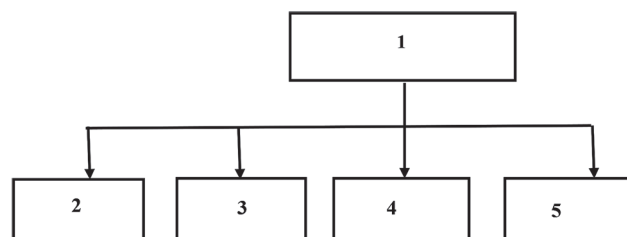


Рис. 2. Блочная диаграмма разведывательных компонент в полезной нагрузке БПЛА [9]

1 – полезная нагрузка; 2 – камера; 3 – инерциальное навигационное устройство; 4 – процессор; 5 – лидар

Применительно к поставленной в настоящей статье задаче обнаружения в полете вражеских дронов диаграмма функционирования БПЛА приведена на рисунке 3.

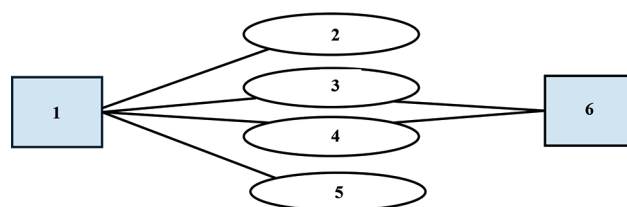


Рис. 3. Диаграмма функционирования разведывательного БПЛА, способного обнаружить вражеские дроны [9] с изменением

1 – БПЛА; 2 – перевозка оружия; 3 – разведка вражеских дронов; 4 – сбор разведывательной информации; 5 – атака без чрезвычайных случаев; 6 – контролирующий орган (наземная станция контроля)

Диаграмма состояний БПЛА, реализующей концепцию обнаружения и уничтожения вражеского БПЛА, приведена на рисунке 4.

Что касается средств и методов обнаружения в полете БПЛА вражеских дронов, то здесь можно воспользоваться результатами работы [6], в которой предлагается использование видеокамеры высокого разрешения и термальной ИК камеры для обнаружения различных объектов, представляющих определенную опасность (РТО – Possible Threat Objects).

Кадры, получаемые от видеокамеры и термальной камеры, обрабатываются по имеющимся признакам.

Проведем вероятностный анализ обнаружения вражеского дрона отдельно, используя видеокамеру и термальную ИК камеру. Обозначим общую вероятность обнаружения вражеского дрона как P_{Σ} , тогда P_{Σ} может быть вычислен как

$$P_{\Sigma} = P_v^{\alpha_1} \cdot P_T^{(1-\alpha_1)}, \quad (1)$$

где P_v – вероятность обнаружения вражеского дрона с помощью видеокамеры; P_T – вероятность обнаружения с помощью термальной камеры; α – весовой коэффициент.

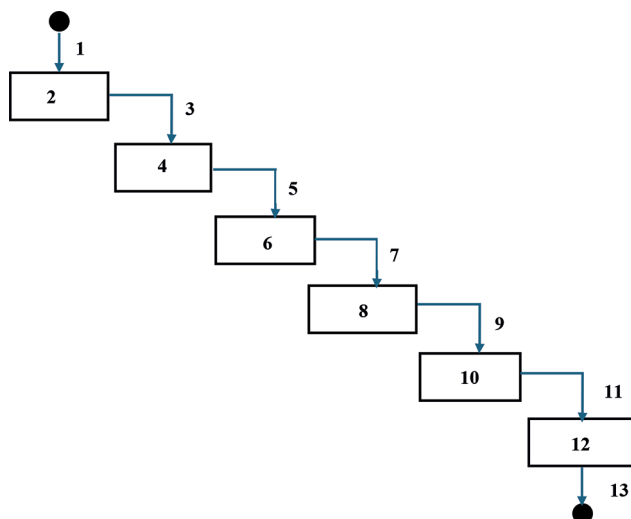


Рис. 4. Диаграмма состояний БПЛА по реализации концепции обнаружения и уничтожения вражеского дрона [9] с изменениями

1 – проверка безопасности; 2 – взлет; 3 – подъем на заданную высоту; 4 – избегание столкновений; 5 – приближение к цели; 6 – зарядка оружия; 7 – определение вражеского дрона; 8 – активизация сенсора разведки; 9 – комментарии от наземной станции контроля; 10 – атака вражеского дрона; 11 – вражеский дрон; 12 – путь возврата, выданный наземной станцией контроля; 13 – приземление

Введем на рассмотрение интегральный показатель обнаружения P_u , определяемый как

$$P_u = \int_0^{P_{Tmax}} P_v^\alpha \cdot P_T^{(1-\alpha)} dP_T. \quad (2)$$

При этом допускаем, что имеется некоторое множество вражеских дронов, тепловое излучения которых линейно изменяется от минимума до максимума, и соответственно P_T также изменяется от минимума до максимума.

Рассмотрим условия оптимизации предлагаемого показателя P_u .

Введем на рассмотрение следующую оптимизируемую функцию

$$P_v = \varphi(P_T). \quad (3)$$

С учетом выражений (2) и (3) получаем

$$P_u = \int_0^{P_{Tmax}} \varphi(P_T)^\alpha \cdot P_T^{(1-\alpha)} dP_T. \quad (4)$$

Для вычисления вида $\varphi(P_T)$, при которой P_u достигает экстремума, считая $\varphi(P_T)$ непрерывной и дважды дифференцируемой функцией, наложим на нее следующее ограничительное условие:

$$\int_0^{P_{Tmax}} \varphi(P_T) \cdot dP_T = c; \quad c = const. \quad (5)$$

Заметим, что с учетом условия (5) поиск экстремума функционала (4) будем осуществлять по подклассу непрерывных и дважды дифференцируемых функций, в котором справедливо условие (5).

С учетом выражений (4) и (5) сформируем целевой функционал вариационной оптимизации F :

$$F = \int_0^{P_{Tmax}} \varphi(P_T)^\alpha \cdot P_T^{(1-\alpha)} dP_T - \lambda \left[\int_0^{P_{Tmax}} \varphi(P_T)^\alpha \cdot dP_T - c \right], \quad (6)$$

где λ – множитель Лагранжа.

Решение оптимизационной задачи (6) осуществим по методу Эйлера, согласно которому оптимизируемая функция $\varphi(P_T)_{opt}$ удовлетворяет следующему требованию

$$\frac{d\{\varphi(P_T)^\alpha \cdot P_T^{(1-\alpha)} dP_T - \lambda \varphi(P_T)\}}{d\varphi(P_T)} = 0. \quad (7)$$

Из условия (7) получаем

$$\alpha \varphi(P_T)^{\alpha-1} \cdot P_T^{(1-\alpha)} dP_T - \lambda = 0. \quad (8)$$

Из (8) находим

$$\varphi(P_T) = \sqrt[\alpha-1]{\frac{\lambda}{\alpha P_T^{(1-\alpha)}}}. \quad (9)$$

Выражение (9) можно записать в виде

$$P_v = \left(\frac{\lambda}{\alpha}\right)^{1/\alpha-1} \cdot P_T = k \cdot P_T, \quad (10)$$

где

$$P_v = \left(\frac{\lambda}{\alpha}\right)^{1/\alpha-1}; \quad k = const. \quad (11)$$

Легко показать, что при выполнении условия (10) целевой функционал F достигает максимума, т. е. вражеский дрон может быть обнаружен с максимальной вероятностью. С этой целью можно воспользоваться признаком Лагранжа, который применительно к решаемой задаче означает, что исследуемый экстремум является максимумом в том случае, если производная выражения (8) по $\varphi(P_T)$ оказывается отрицательной величиной. Очевидно, что с учетом $\alpha \leq 1$ данное требование выполняется.

Что касается вычисления λ , то с этой целью можно воспользоваться выражениями (5) и (10).

Заключение

В отличие от известных работ, в которых обсуждаются вопросы обнаружения дронов с помощью наземных видеокамер и термальных камер, сформулирована и системно проанализирована задача обнаружения вражеских дронов с помощью БПЛА, оборудованного соответствующей аппаратурой. Определены оптимальные условия выбора характеристик используемых видео и термальных камер в вероятностном смысле, при которых вновь введенный

интегральный показатель вероятности обнаружения вражеского дрона достигает минимума. При этом заключение о наличии максимума оказывается верной при поиске вновь введенной

оптимизируемой функции $P_v = \varphi(P_T)$ в подклассе непрерывных и дважды дифференцируемых функций, удовлетворяющих определенному ограничительному условию.

Литература

1. Nabiyev N. M., Abdullayev A. A. The optimization of the Surveillance Capabilities of UAVs. Tuijin Jishu / Journal of Propulsion Technology. ISSN: 1001-4055. – Vol. 46. – No. 2 (2025). – Pp. 1212–1221.
2. Muhammad Arsalan Khan, Wim Ectors, Tom Bellemans, Davy Janssens and Geert Wets UAV-Based Traffic Analysis: A Universal Guiding Framework Based on Literature Survey. Transportation Research Procedia. 2017. 22:541-550. DOI:10.1016/j.trpro.2017.03.043.
3. Асатов Х. Г., Алиева Г. В., Гусейнов О. А. Анализ тягового режима при групповом полёте различных БПЛА при контроле за движением на горной автотрассе // Авиационная промышленность. – 2025. – № 1. – С. 46–50.
4. Pengnian Wu, Yixuan Li, Dong Xue. Multi-Target Tracking with Multiple Unmanned Aerial Vehicles Based on Information Fusion. Drones. November 2024. 8(12):704. DOI:10.3390/drones8120704.
5. Amirreza M. Khaleghi, Dong Xu, Sara Minaeian, Yifei Yuan, Jian Liu, Young-Jun Son. Analysis of UAV/UGV Control Strategies in a DDDAMS-based Surveillance System. May 2015. Industrial and Systems Engineering Research Conference 2015.
6. Eren Unlu, Emmanuel Zenou, Nicolas Riviere, Paul-Edouard Dupouy. An Autonomous Drone Surveillance and Tracking Architecture. Electronic Imaging. 2019(15):35-1-35-7. – DOI:10.2352/ISSN.2470-1173.2019.15.AVM-035.
7. Xing D., Unlu H. U., Evangeliou N., Tzes A. Drone Surveillance Using Detection, Tracking and Classification Techniques. Image Analysis and Processing. ICIAP 2022 Workshops. 4 August 2022. – Pp. 446–457. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-031-13324-4_38.
8. M. Kontitsis, N. Tsurveloudis, K. Valavanis. A UAV Based Automated Airborne Surveillance System. IEEE International Conference on Robotics and Automation, 2004. – DOI: 10.1109/ROBOT.2004.1307132.
9. Niamat Ullah Ibne Hossain, Mostafa Lutfi, Ifaz Ahmed, Aditya Akundi and Daniel Cobb. Modeling and Analysis of Unmanned Aerial Vehicle System Leveraging Systems Modeling Language (SysML). Systems 2022, 10(6), 264. URL: <https://doi.org/10.3390/systems10060264>.
10. Dzielski J., Blackburn M. Implementing a Decision Framework in SysML Integrating MDAO Tools. INSIGHT. – 2018. – No 21. – Pp. 15–19.
11. Aprville L., de Saqui-Sannes P., Vingerhoeds R. An educational case study of using sysml and tool for unmanned aerial vehicles design. IEEE J. Miniatur. Air Space Syst. – 2020. – No 1. – Pp. 117–129.
12. Xing-hua L., Yun-feng C. Design of UAV flight control system virtual prototype using rhapsody and simulink. In Proceedings of the 2010 International Conference on Computer Design and Applications, Qinhuaangdao, China, 25–27 June 2010. – Pp. V3–V4.
13. Queiroz P., Braga R. Combining MARTE-UML, SysML and CVL to build unmanned aerial vehicles. In Proceedings of the Ninth International Conference on Software Engineering Advances, Nice, France, October 2014. – Pp. 334–340.
14. Макаренко С. И., Афонин И. Е. Моделирование боевых действий авиации и оценки их эффективности – анализ работ, моделей, актуальных направлений исследований // Системы управления, связи и безопасности. – 2024. – № 3. – С. 78–125. – DOI: 10.24412/2410-9916-2024-3-078-125.

DETECTION OF ENEMY DRONES USING SEARCH EQUIPMENT INSTALLED ON DOMESTIC UNMANNED AERIAL VEHICLES

Akhmedov E. M.⁴, Asadov Kh. G.⁵, Aliyeva Kh. S.⁶

Keywords: mathematical modeling, optimization, optimized functions, video cameras, probability indicator, object recognition, enemy objects, mountain surfaces, detections.

Abstract

Goal: solving the problem of detecting enemy drones in flight using domestic UAVs equipped with a video camera and a thermal camera.

Method: the method of mathematical modeling and synthesis is used using the compiled variational optimization problem.

⁴ **Ahmadov, Emil Mehman oglu**, postgraduate student of the National Aerospace Agency. Baku, Republic of Azerbaijan. E-mail: emil.ahmadov@mail.ru

⁵ **Asadov, Hikmet Hamid oglu**, Dr.Sc. of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher of the Research Institute of Aerospace Informatics. Baku. Republic of Azerbaijan. E-mail: asadzade@rambler.ru

⁶ **Aliyeva, Khumar Sabir gizi**, Ph.D. of Technical Sciences, Associate Professor, Chief Researcher of the Research Institute of Aerospace Informatics. Baku. Republic of Azerbaijan. E-mail: khumar.aliyeva@maka.gov.az