Краткая информация о проекте

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование | AP27510563 «Исследование возможностей применения базовой станции LoRaWAN на борту наноспутника» |
| Актуальность | Проект обусловлен необходимостью расширения зон покрытия IoT-сетей для обслуживания отдалённых и труднодоступных территорий, где традиционные технологии связи экономически и технически нецелесообразны. Использование наноспутников в качестве базовых станций LoRaWAN позволяет сократить затраты на развертывание инфраструктуры, повысить энергоэффективность и обеспечить масштабируемость решений. |
| Цель | Целью проекта являетсяизучение технических и эксплуатационных возможностей базовой станции LoRaWAN на бору наноспутника, а также разработка рекомендаций для создания энергоэффективной системы связи с использованием наноспутников. |
| Задачи | **1. Исследование применимости технологии LoRaWAN в космических условиях**  1.1. Анализ устойчивости сигнала LoRaWAN в условиях орбитальной передачи данных. 1.2. Определение параметров частоты, дальности связи и энергопотребления. Для данной задачи будет проведено моделирование условий низкой околоземной орбиты (LEO) с целью оценки работоспособности технологии LoRaWAN. Анализ устойчивости сигнала включает изучение воздействия космических факторов (вакуум, радиация, перепады температур) на параметры передачи. Будет сформирована база данных по основным характеристикам LoRaWAN в условиях, приближенных к орбитальным. Эти данные послужат научной основой для дальнейшего проектирования системы связи спутника.  **2. Разработка и конструирование экспериментальной бортовой системы LoRaWAN**  2.1. Разработка архитектуры бортовой системы связи на основе LoRaWAN. 2.2. Подбор и тестирование LoRa-трансиверов и электронных компонентов, пригодных для эксплуатации в космосе. На данном этапе будет разработана концептуальная схема системы связи, включающая выбор подходящих микроконтроллеров, антенн и модулей LoRa. Будет проведена оценка их работоспособности при воздействии экстремальных температур и вибрационных нагрузок. Компоненты подбираются с учетом возможности дальнейшей интеграции в спутниковую платформу.  **3. Создание и сборка экспериментальной модели бортовой базовой станции**  3.1. Сборка лабораторного прототипа системы связи. 3.2. Достижение уровня технологической готовности TRL 3 на начальном этапе и TRL 6 по завершении этапа. В рамках этой задачи будет изготовлена экспериментальная модель базовой станции LoRaWAN, предназначенная для лабораторных испытаний. Прототип обеспечит возможность оценки функциональности в контролируемых условиях, приближенных к космическим, включая моделирование орбитального профиля передачи данных.  **4. Лабораторные испытания системы связи**  4.1. Проведение вибрационных и температурных испытаний собранного образца. 4.2. Оценка показателей передачи данных: скорость, стабильность сигнала, потери. Испытания будут включать тесты на воздействие космических факторов и анализ параметров передачи в реальном времени. Полученные данные позволят скорректировать архитектуру системы, повысить её устойчивость и подготовить к последующей установке на спутник. |
| Ожидаемые и достигнутые результаты | В настоящем проекте будет изучена применимость технологии LoRaWAN на низкой околоземной орбите (LEO) для энергоэффективной передачи данных с использованием наноспутников. В результате реализации проекта будут получены новые данные о технических и эксплуатационных характеристиках LoRaWAN в условиях, приближенных к космическим, а также разработана концепция и экспериментальная модель бортовой базовой станции. Будут проведены испытания в моделируемых условиях космоса с целью оценки устойчивости и надёжности передачи сигнала, энергетической эффективности, дальности действия и помехоустойчивости.  В рамках проекта будет сформулирован набор рекомендаций по проектированию и эксплуатации спутниковых базовых станций LoRaWAN, что заложит научно-техническую основу для будущего создания маломасштабных спутниковых группировок для Интернета вещей (IoT). Будут получены практические результаты по архитектуре и программно-аппаратной реализации прототипа станции, а также произведён анализ эффективности её работы в различных орбитальных и внешнесредовых сценариях.  Проект позволит сформировать фундаментальные знания о возможностях и ограничениях применения наземных LPWAN-технологий в космосе, что станет основой для междисциплинарных исследований в области связи, электроники, космического материаловедения, мониторинга окружающей среды и систем обработки данных. Будет дана технико-экономическая оценка потенциала коммерциализации разработанного решения, с учётом перспектив применения в сельском хозяйстве, экологии, логистике и управлении инфраструктурой.  В целом, проект внесет ценный вклад в развитие отечественной школы космической связи и IoT, расширит горизонты интеграции спутниковых и наземных систем и создаст предпосылки для внедрения в Казахстане современных, энергоэффективных, масштабируемых решений в области спутниковых коммуникаций. Разработанная модель бортовой станции может быть включена в образовательные и прикладные проекты, направленные на развитие малых космических аппаратов и подготовку молодых специалистов в области аэрокосмической техники.  В условиях стремительного роста спроса на IoT-решения, особенно в труднодоступных и удалённых регионах, применение технологии LoRaWAN на LEO-орбите может стать экономически целесообразной альтернативой дорогостоящим спутниковым системам связи. Актуальность и значимость проекта обусловлены необходимостью создания технологической базы для устойчивой цифровой трансформации сельского хозяйства, охраны окружающей среды и смарт-инфраструктуры в отдалённых регионах страны и за её пределами.  Проект является интердисциплинарным и будет реализован при участии специалистов в области космических технологий, радиотехники, электроники, информационных систем и телекоммуникаций. Полученные в ходе проекта фундаментальные и прикладные результаты будут распространены среди академического сообщества, инженерных команд, отраслевых предприятий и потенциальных пользователей через публикации, конференции и медиаплатформы. В дальнейшем они могут лечь в основу патентования новых разработок, запуска пилотных спутников и коммерциализации отечественных решений в международной индустрии IoT и спутниковой связи.  Таким образом, проект станет значимым вкладом в развитие технологического суверенитета Казахстана, повлияет на повышение научно-технического потенциала страны, обеспечит условия для устойчивого развития космической отрасли и создаст мультипликативный эффект в смежных секторах экономики. |
| Имена и фамилии членов исследовательской группы с их идентификаторами (Scopus Author ID, Researcher ID, ORCID, при наличии) и ссылками на соответствующие профили | 1. [Темирбаев Амирхан Адилханович, PhD in Physics, и.о. доцента](https://is.ncste.kz/profile/6551), h-index Scopus: 4, WOS Researcher ID: AAR-7882-2023, ORCID: 0000-0001-6759-2774, Scopus Author ID: 54956606000 2. Мейрамбекұлы Нұрсұлтан , PhD, h-index Scopus: 3, WOS Researcher ID: FLK-8611-2022, ORCID: 0000-0003-2250-4763, Scopus Author ID: 57237479500. 3. Узбеков Нұрсұлтан Шалаханұлы, h-index Scopus: 1, Scopus Author ID: 59523110600, ORCID: 0009-0007-9956-0102. 4. Li Peng, Doctor in Technical Sciences, 4, h-index Scopus: 7, Scopus Author ID: 57116769000 5. Ханиев Бақыт Абайұлы, PhD, h-индекс Scopus: 2, WOS ResearcherID: JRX-4395-2023, ORCID: 0000-0002-0103-9201, Scopus Author ID: 57218681308 6. Карибаев Бейбит Абдирбекович, Phd, старший преподаватель, h-index Scopus: 3, WOS Researcher ID: FYZ-7255-2022, ORCID: 0000-0003-1057-0296, Scopus Author ID: 57199864901 7. Орынбасар Сабыржан Орынбасарович, h-index Scopus: 1, Scopus Author ID: 59498844800. 8. Бейсен Әсет Нұрболұлы, ORCID: 0009-0000-5144-2616. 9. Героева Жанзира Болатбековна, , h-index Scopus: 1, Scopus Author ID: 59523450600, ORCID: 0009-0008-8785-9171. 10. Абдижалилова Лаззат, WOS Researcher ID: LQK-6642-2024, ORCID: 0009-0000-5965-7195. 11. Токмырзаев Дархан Онталапулы, h-index Scopus: 2, 0000-0002-8679-9698 Scopus ID: 59412363600. |
| Список публикаций со ссылками на них | 1. **Meirambekuly N.,** **Karibayev, B.A.,** Namazbayev, T., Ibrayev G.E., Orynbassar S.O., Samsonenko A.I., **Temirbayev A.A*.*** A High Gain Deployable L/S Band Conical Helix Antenna Integrated with Optical System for Earth Observation CubeSats // IEEE Access. -2023. -v. 11. -p. 23097-23106, <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3253556>, 5 цитирований. 2. **Meirambekuly N.**, **Temirbayev A. A**., Zhanabaev, Z. Z., **Karibayev, B. A.**, Namazbayev, T. A., **Khaniyev, B. A.**, Khaniyeva, A. K. Dual-band optical imaging system-integrated patch antenna based on anisotropic fractal for earth-observation CubeSats // Ain Shams Engineering Journal. -2022. –v. 13(2), <https://doi.org/10.1016/j.asej.2021.07.010>, 4 цитирований. 3. **Karibayev B.,** Meirambekuly N., Namazbayev T., Temirbayev A.A., Kadylbekkyzy E., Yessentaeva A. S band TT&C antennas integrated with optical camera system for nanosaellites. // International Conference on Electrical, Computer, and Energy Technologies, ICECET 2022. –2022. <https://doi.org/10.1109/ICECET55527.2022.9872558>, 0 цитирований. 4. Zhanabaev Z., **Karibayev B.**, Namazbayev T., Imanbayeva A., **Temirbayev A.,** Ahtanov S. Fractal antenna with maximum capture power // ACM International Conference Proceedings Series, 2017, 132204. <https://doi.org/10.1145/3152808.3152811>, 3 цитирований. 5. **Meirambekuly N.,** Karibayev B., Temirbayev A., Imanbayeva A. S and X band patch antenna for CubeSat nanosatellites // Recent Contributions to Physics. 2021, 78, p. 90-96. <https://doi.org/10.26577/RCPh.2021.v78.i3.10> , Q-4; 6. **Karibayev, B., Meirambekuly N.,** Namazbayev, T., Chizhimbayeva, K., Kulakayeva, A. The Possibilities of Using Fractal Antennas in Modern Wireless Communication Technologies SIST 2023 - 2023 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies, Proceedings, 2023, pp. 184–188, <https://doi.org/10.1109/SIST58284.2023.10223571>; 7. **Khaniyev B.,** Ibraimov M., Nalibayev Y., Skabylov A., Khaniyeva A., Jianxi L., Tezekbay Y., Duisebayev T., Tileu A., Meirambekuly N. Development of a Room Temperature Methane Sensor Based on CuO/Porous Silicon Heterostructure to Ensure Industrial Safety // Engineered Science. 2024, 31, 1268. <https://doi.org/10.30919/es1268>. H-index - 49,0, CiteScore-14,9, Процентиль: 98; 8. Ussipov N., Akhtanov S., Zhanabaev Z., Turlykozhayeva D., **Karibayev B.**, Namazbayev T., Almen D., Tang X. Automatic modulation classification for MIMO System based on the mutual information feature extraction// IEEE Acess. -2024. -Vol.12. -P. 68463–68470, <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3400448> Импакт фактор: 3.4. H-Index-242.0, Q-2, CiteScore-9.8, 0-цитирований. 9. Shibulatov S., Saduyev N., Beznosko D., Kalikulov O., Zhukov V., Mukhamejanov U., Kostunin D., **Karibayev B.**, Namazbayev T., et al. High-mountain hybrid installation for multicomponent detection of air-showers induced by ultra-high energy cosmic rays // Proceedings of Science 37th International Cosmic Ray Conference (ICRC2021) - CRI - Cosmic Ray Indirect. - 2022. – p. 264, <https://doi.org/10.22323/1.395.0264>, 2-цитирований. 10. **Li P.,** Zhang J., Xu R., Zhou J., Gao Z. Integration of MPPT algorithms with spacecraft applications: review, classification and future development outlook // *Energy*, 2024, V. 308, 132927. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2024.132927>. 11. Gao Z., Qiao K., Bai J., Wang Z., Liu H., Li P., Numerical investigation of natural circulation loop with supercritical CO2 on the thermal control system of micro spacecrafts//*International Journal of Heat and Mass Transfer*, 2023, V. 217, 124661. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2023.124661>. 12. **Li P.,** Yin J., Zhang J., Gao Z., Huang H. Optimal design of SMA linear actuation unlocking mechanism for CubeSat //*Xibei Gongye Daxue Xuebao/Journal of Nothwestern Polytechnical University, 2023,* V.41, No. 3. P. 510-517. DOI: <https://doi.org/10.1051/jnwpu/20234130510>. 13. Huang H., Liu Y., Liu G., Zhang J., Li P., Zhang D., Bai B., Feng Z., Zhou J. An Overall Design and On-orbit Demonstration Method for Modular Assembled 6U CubeSats //Journal of Astronautics, 2023, V. 44, No. 3, P. 399-410. DOI: <https://doi.org/10.3873/j.issn.1000-1328.2023.03.009>. 14. Liu Y.Y., Zhou J., Liu G.H., Zhang J.L., Bai B., **Li P.,** Huang H., Liu R. Development and prospect of “Aoxiang” series CubeSats //Journal of Astronautics, 2019, V.40, No.10, P.1115-1124. DOI: https://doi.org/10.3873/j.issn.1000-1328.2019.10.002. 15. **Li P.,** Zhou J., Yu X.Z. An Optimized Maximum Power Point Tracking Control Method for Electrical Power System of CubeSats //Journal of Astronautics, 2019, V.40, No.7, P.824. DOI: https:[//doi.org/10.3873/j.issn.1000-1328.2019.07.012](https://doi.org/10.3873/j.issn.1000-1328.2019.07.012). 16. Zhanabaev Z. Z., **Karibayev B.** A., Imanbayeva A. K., Namazbaev T. A., Ahtanov, S. N. Electrodynamic characteristics of wire dipole antennas based on fractal curves //  *Journal of Engineering Science and Technology*. -2019. -Vol. 14(1). -p. 305-320, Импакт фактор: 0.7. H-Index-39.0, Q-3, CiteScore-1.7, Процентиль: 7. 0-цитирований 17. **Khaniyev B.,** Ibraimov M., Sagidolda Y., Tezekbay Y., Duisebayev T., Tileu A., Khaniyeva A. The Improved Non-Polar Gas Sensing Performance of Surface-Modified Porous Silicon-Based Gas Sensors //Coatings. – 2023. – Vol. 13. – No. 1. – P. 190, <https://doi.org/10.3390/coatings13010190>. CiteScore – 5.0, 64%, Q2. 0 цитирований. |
| Информация о патентах | 1. Патент от 2 сентября 2024 года, № 9671 «Двухдиапазонная микрополосковая антенна, совместимая с камерой для малых космических аппаратов». Авторы: **Мейрамбекұлы Н.,** Жанабаев З.Ж., **Темирбаев А.А.,** **Карибаев Б.А., Намазбаев Т.А.,** Ханиева А.К., **Ханиев Б.А.** (Заявка 2024/1057.2). 2. Патент от 12 сентября 2024 года «Способ получения сенсора неполярных газов на основе пористого кремния». Авторы: Азамат Р.М., Дарменкулова М.Б., Жамбыл А.Н., **Ханиев Б.А.,** Ханиева А.К., Тезекбай Е.Ж., Тілеу А.О., Ибраимов М.К,. Дуйсебаев Т.С. (Заявка 2024/0455.1). 3. Патент от 23 апреля 2024 года, № 9374 «Устройство модуляционной когерентности сигнала лазерного сенсора газа». Авторы: Жанабаев З.Ж.,Ибраимов М.К.,Ахтанов С.Н., **Ханиев Б.А.,** Тілеу А.О., Намазбаев Т.А., **Мейрамбекұлы Н.,** Дуйсебаев Т.С.(Заявка 2024/0564.2). |