

Турбекова К.Ж.

Международный университет информационных технологий, Алматы, Казахстан

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ БПЛА В СЕТЯХ СВЯЗИ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Аннотация. В данной статье рассмотрены структуры аварийных сетей на базе БПЛА для чрезвычайных ситуаций. Проведен обзор беспроводных технологий и представлены схемы организации сетей на основе рассмотренных технологий для обеспечения связи в зонах бедствия с использованием БПЛА. Построена таблица характеристик беспроводных технологий и проведены расчеты основных значений, с помощью которых построены графики зависимостей параметров сетей с БПЛА.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат (БПЛА), базовая станция (БС), чрезвычайная ситуация (ЧС), беспроводная связь, беспроводные технологии.

Введение

Установление надежной и гибкой аварийно-спасательной связи является одной из ключевых задач поисково-спасательных служб в случае стихийных бедствий, особенно в тех ситуациях, когда базовые станции (БС) разрушены и не могут функционировать. Применение в системах связи беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) становится перспективным методом создания беспроводных сетей для ЧС.

Сети связи имеют существенное значение для аварийно-спасательных работ в случае стихийных бедствий, в особенности, когда телекоммуникационные сооружения (например, базовые станции (БС) сетей сотовой связи) оказываются разрушены. В настоящее время существующие методы организации связи не могут полностью обеспечить покрытие зоны бедствия, где произошла ЧС. Также эти методы не обладают необходимой гибкостью, которая ограничивается окружающей средой, рельефом местности и погодными условиями. Для преодоления этих трудностей хорошим решением являются беспилотные летательные аппараты (БПЛА), которые могут использоваться в качестве летающих БС для обеспечения беспроводного покрытия территории, на которой произошло стихийное бедствие, поскольку им присущи такие преимущества, как гибкость и мобильность [1].

Рассмотрим различные структуры аварийных сетей на базе БПЛА при ЧС (См. Рис. 1):

- *Сценарий 1: Сценарий с активными наземными БС*

Беспилотные летательные аппараты могут взаимодействовать с уцелевшими базовыми станциями для обеспечения беспроводного обслуживания наземных устройств. В этом случае траектория полета и планирование связи могут быть совместно оптимизированы для повышения производительности.

- *Сценарий 2: Сценарий без БС*

Крупномасштабный БПЛА может использоваться как летающая БС для обеспечения беспроводных соединений с помощью многозвенного соединения Device-to-Device (D2D) для расширения зоны покрытия. Кроме того, конструкция приемопередатчика БПЛА может быть использована для повышения надежности [3].

- *Многозвенная ретрансляция БПЛА*

Обмен информацией между зонами бедствия и за их пределами как в Сценарии 1, так и в Сценарии 2 может быть реализован с помощью многозвенной ретрансляции БПЛА, в которой оптимальные позиции зависания БПЛА могут быть получены с небольшой сложностью.

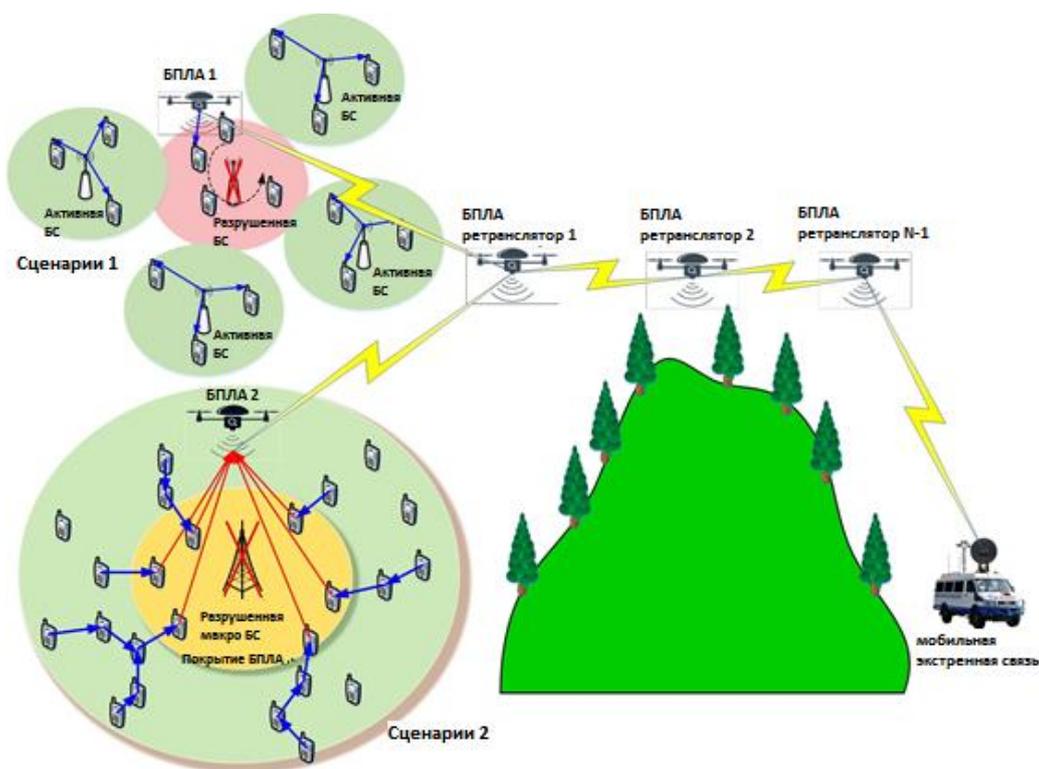


Рисунок 1 - Структура аварийных сетей с помощью БПЛА при ЧС

Организовать беспроводную сеть связи можно с помощью разных технологий, таких, как сети сотовой связи, технологии WiMax, Wi-Fi и сети спутниковой связи.

При организации сети сотовой связи с помощью БПЛА, БПЛА подключаются к существующей сотовой сети связи 2G/3G/4G (См. Рис. 2). БПЛА, расположенные в зоне действия основной сети, подключаются к сотовой сети напрямую, а БПЛА, находящиеся вне зоны основной сети, подключаются к сети с помощью связи друг с другом типа D2D. Таким образом БПЛА вне зоны основной сети передает информацию через подключенный к основной сети связи БПЛА, создавая звенья.

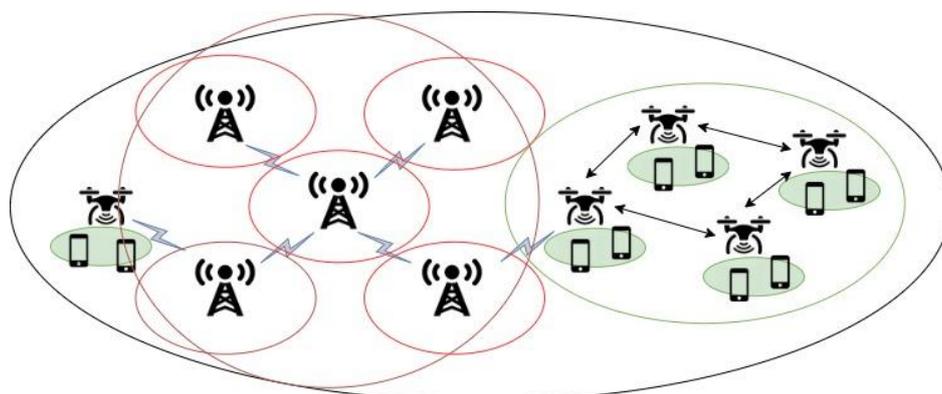


Рисунок 2 - Схема организации сети сотовой связи с помощью БПЛА

При организации WiMax связи с помощью БПЛА логика подключения такая же, как и в сети сотовой связи с одним исключением: вместо БС сотовой сети используется БС WiMax сети (См. Рис. 3) [4].

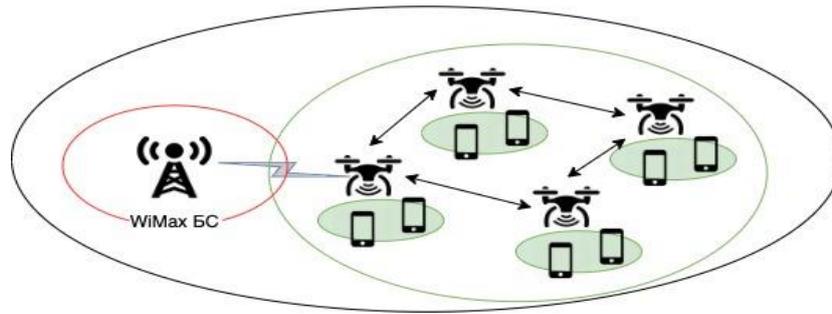


Рисунок 3- Схема организации WiMax сети с помощью БПЛА

При организации Wi-Fi сети с помощью БПЛА, БПЛА подключаются к сети Wi-Fi [6]. Так как зона покрытия сети Wi-Fi небольшая (до 100м), а устройство малых размеров, Wi-Fi приемо-передающее устройство может перемещаться по земле вместе с БПЛА, обеспечивая непрерывную связь (См. Рис. 4).



Рисунок 4 - Схема организации Wi-Fi сети с помощью БПЛА

При организации спутниковой сети БПЛА подключаются к существующим спутниковым сетям связи. Используются средние БПЛА 8000м, которые летают гораздо выше средних БПЛА 3000м, и покрывают связью большие зоны, ниже будут приведены советующие расчеты покрытия связью (См. Рис. 5). Такая схема рассчитана на обеспечение связью удаленных территорий, где подключение к БС невозможно или труднодоступно.

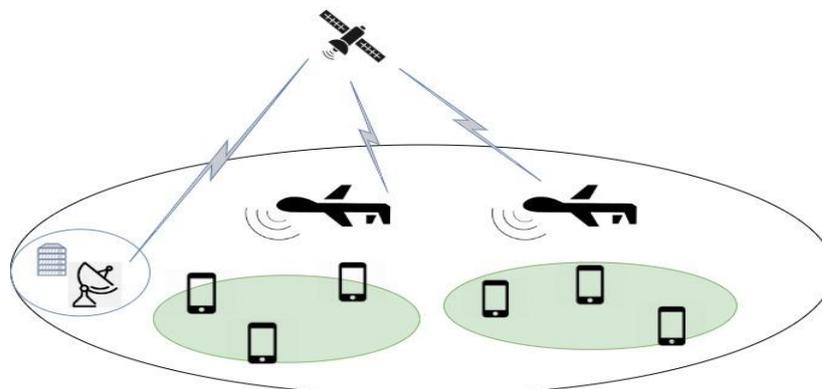


Рисунок 5 - Схема организации спутниковой сети с помощью БПЛА

У каждой схемы организации связи есть свои достоинства и недостатки, которые приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Характеристики беспроводных технологий

Схема организации связи	Достоинства	Недостатки
Сети сотовой связи	Легкость построения сети, низкие задержки, высокая скорость передачи данных.	Возможные помехи от поврежденных БС сотовой сети.
Сети WiMax связи	Скорость передачи данных, зона покрытия, возможность построения сети с помощью мобильной WiMax.	Необходимость использования соответствующих приемо-передающих устройств.
Сети Wi-Fi связи	Легкость построения сети, стабильность.	Малая зона покрытия.
Сети спутниковой связи	Дальность действия связи, зона покрытия сети.	Задержки, сложность построения сети.

На основе применения формулы работы [10] были построены графики зависимости параметров сетей с БПЛА. Используя формулы $d_{LOS} = \sqrt{2 \cdot R_3 \cdot h_1 + h_1^2} + \sqrt{2 \cdot R_3 \cdot h_2 + h_2^2}$ и $N_{БПЛА} = S_{БС} / S_{БПЛА}$, где

h_1 – высота подъема наземной антенны, м;

h_2 – высота подъема бортовой антенны, м;

d_{LOS} – предельная дальность прямой видимости, км;

$S_{БС}$ – площадь покрытия БС, м²;

$S_{БПЛА}$ – площадь покрытия БПЛА, м²;

$N_{БПЛА}$ – количество БПЛА;

R_3 – радиус Земли ($R_3 = 6400$ км для высоких радиочастот), были рассчитаны максимальная дальность связи с помощью БПЛА и возможное количество БПЛА, покрывающих площадь района ЧС. Таким образом, были построены график зависимости площади покрытия связи от высоты полета БПЛА и график зависимости количества БПЛА от высоты полета БПЛА.

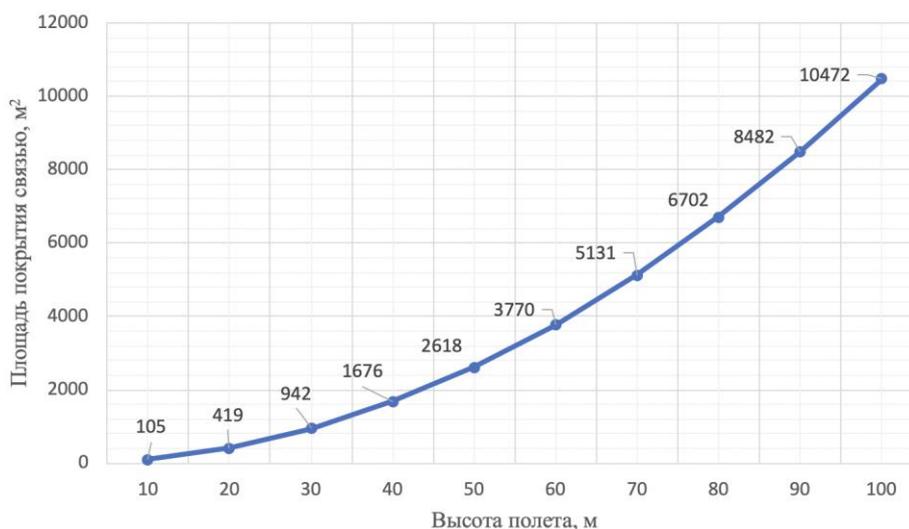


Рисунок 6 - График зависимости высоты полета БПЛА и зоны покрытия связью

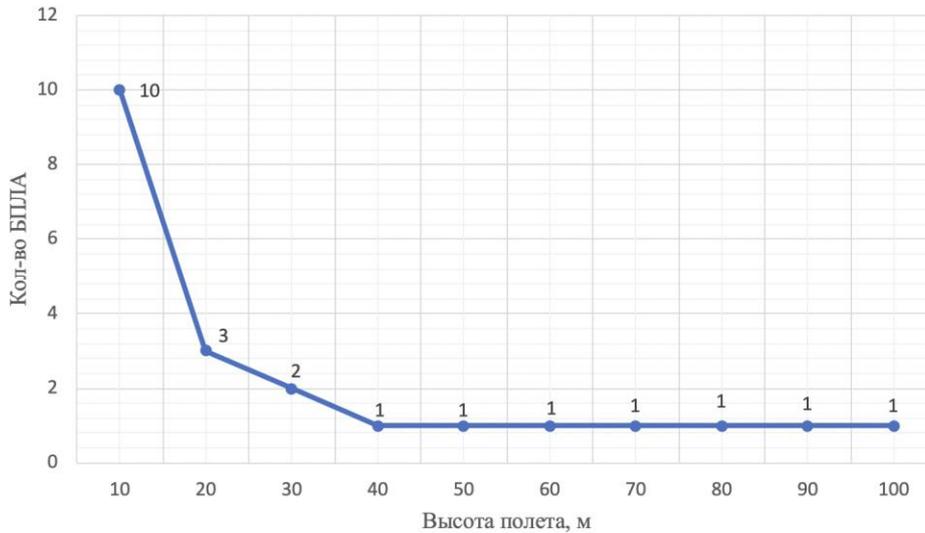


Рисунок 7 - График зависимости количества от высоты полета БПЛА при площади покрытия связью 1000 м²

Заключение

Проведенное исследование подтверждает целесообразность применения БПЛА в сетях связи при ЧС. Анализ структурных схем организации беспроводных сетей с использованием БПЛА показал возможность построения разных вариантов схем, обеспечивающих связью зону бедствия. Из детальной характеристики беспроводных технологий можно понять, в каких случаях применять определенный вид связи. Также были проведены расчеты и построены графики зависимостей параметров сетей с БПЛА, которые будут полезными при исследовании определенного района или местности и позволят сделать анализ экономической эффективности применения БПЛА в ЧС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Zeng Y., Zhang R., & Lim T. J. (2016). Wireless communications with unmanned aerial vehicles: Opportunities and challenges. (Vol. 54). IEEE Communications Magazine. (pp. 36-42).
2. Y. Zeng Y., Zhang R., & Lim T. J. (2016). Throughput maximization for UAV-enabled mobile relaying systems. (Vol. 64). IEEE Transactions on Communications. (pp. 4983-4996).
3. Wang H., Wang J., Ding G., Chen J., Li Y., & Han Z. (2018). Spectrum Sharing Planning for Full-Duplex UAV Relaying Systems With Underlaid D2D Communications. (Vol. 36). IEEE Journal on Selected Areas in Communications. (p. 36).
4. Rahman M. A. (2014). Enabling drone communications with WiMAX Technology. DOI: 10.1109/IIISA.2014.6878796. (pp. 323-328).
5. Paul N. (2021). IEEE 802 LAN/MAN Standards Committee, LMSC, LAN/MAN Standard Committee (Project 802). [Electronic resource] URL: <http://www.ieee802.org/> (accessed:20.04.2021).
6. Banerji S., & Chowdhury R. S. (2013). Wi-Fi & WiMAX: A comparative study. [Electronic resource] URL: <https://arxiv.org/abs/1302.2247v11> (accessed:20.04.2021).
7. Думин Д. И., Динь Ч. З., Фам В. Д., Киричек Р. В. Применение установленных на БПЛА систем обнаружения GSM-устройств для поиска пострадавших в результате ЧС // Информационные технологии и телекоммуникации. 2018. Том 6. № 2. С. 62–69.
8. Шевцов В.А., Бородин В.В., Крылов М.А. Построение совмещённой сети сотовой связи и самоорганизующейся сети с динамической структурой // Труды МАИ. 2016. № 85. С. 4–6.

9. Ананьев А.В., Филатов С.В. Обоснование нового способа совместного применения авиации и беспилотных летательных аппаратов малой дальности в операциях // Военная мысль. 2018. № 6. С. 20–66.
10. Sathya N. V. (2013). Propagation channel model between unmanned aerial vehicles for emergency communications. [Electronic resource] URL: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-201303201831> (accessed:20.04.2021).

REFERENCES

1. Zeng Y., Zhang R., & Lim T. J. (2016). Wireless communications with unmanned aerial vehicles: Opportunities and challenges. (Vol. 54). IEEE Communications Magazine. (pp. 36-42).
2. Y. Zeng Y., Zhang R., & Lim T. J. (2016). Throughput maximization for UAV-enabled mobile relaying systems. (Vol. 64). IEEE Transactions on Communications. (pp. 4983-4996).
3. Wang H., Wang J., Ding G., Chen J., Li Y., & Han Z. (2018). Spectrum Sharing Planning for Full-Duplex UAV Relaying Systems With Underlaid D2D Communications. (Vol. 36). IEEE Journal on Selected Areas in Communications. (p. 36).
4. Rahman M. A. (2014). Enabling drone communications with WiMAX Technology. DOI: 10.1109/IIISA.2014.6878796. (pp. 323-328).
5. Paul N. (2021). IEEE 802 LAN/MAN Standards Committee, LMSC, LAN/MAN Standard Committee (Project 802). [Electronic resource] URL: <http://www.ieee802.org/> (accessed:20.04.2021).
6. Banerji S., & Chowdhury R. S. (2013). Wi-Fi & WiMAX: A comparative study. [Electronic resource] URL: <https://arxiv.org/abs/1302.2247v11> (accessed:20.04.2021).
7. Dumin D. I., Din' CH. Z., Fam V. D., Kirichek R. V. Primenenie ustanovlennyh na BPLA sistem obnaruzheniya GSM-ustrojstv dlya poiska postradavshih v rezul'tate CHS // Informacionnye tekhnologii i telekommunikacii. 2018. Tom 6. № 2. S. 62–69.
8. SHEvcov V.A., Borodin V.V., Krylov M.A. Postroenie sovmeshchyonnoj seti sotovoj svyazi i samoorganizuyushchejsya seti s dinamicheskoy strukturoj // Trudy MAI. 2016. № 85. S. 4–6.
9. Anan'ev A.V., Filatov S.V. Obosnovanie novogo sposoba sovmestnogo primeneniya aviicii i bespilotnyh letatel'nyh apparatov maloj dal'nosti v operaciyah // Voennaya mysl'. 2018. № 6. S. 20–66.
10. Sathya N. V. (2013). Propagation channel model between unmanned aerial vehicles for emergency communications. [Electronic resource] URL: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-201303201831> (accessed:20.04.2021).

Турбекова К.Ж.

Төтенше жағдайлар кезінде байланыс желілерінде ПҰА-ның қолданылуын талдау

Аңдатпа. Бұл мақалада төтенше жағдайларға арналған пилотсыз ұшу аппараттарына негізделген апаттық желілердің құрылымдары талқыланды. Сымсыз технологияларға шолу жасалынған және ұшу аппараттарының көмегімен апат аймақтарында байланысты қамтамасыз ету үшін сол технологияларға негізделген желілерді ұйымдастыру схемалары ұсынылған. Сымсыз технологиялар сипаттамаларының кестесі құрылды және олардың көмегімен тәуелділік графиктері салынып, маңызды мәндеріне есептеулер жүргізілді.

Түйінді сөздер: пилотсыз ұшу аппараттары (ПҰА), базалық станция (БС), апаттық жағдай (АЖ), сымсыз байланыс, сымсыз технологиялар.

Turbekova K.Zh.

Analysis of the use of UAVs in emergency communication networks

Abstract. This article focuses on the structures of emergency networks based on UAVs for emergency situations. It presents a review of wireless technologies and schemes for the organization of networks based on such technologies to ensure communication in disaster areas using UAVs, a

table of characteristics of wireless technologies, and calculations of the major values, with which dependency charts are built.

Keywords: unmanned aerial vehicle (UAV), base station (BS), emergency situation (ES), wireless communication, wireless technologies.

Автор туралы мәлімет:

Турбекова Карина Жанарбекқызы, «Математикалық және компьютерлік модельдеу» кафедрасының 2-ші курс магистранты, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті.

Сведение об авторе:

Турбекова Карина Жанарбекқызы, магистрант 2 курса кафедры «Радиотехника, электроника и телекоммуникации», Международный университет информационных технологий.

About the author:

Karina Zh. Turbekova, master student, Department of Radio Engineering, Electronics and Telecommunication, International Information Technology University.