

ПРОЦЕС ФУНКЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯНИХ РАДІОМЕРЕЖ ІЗ САМООРГАНІЗАЦІЄЮ FANET

²Фуртат С.О., ²Фуртат О.В., ¹Гетьман О.В.

¹Навчально-науковий інститут телекомунікаційних систем

КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна;

*²Таврійський національний університет імені В.І.Вернадського, Україна
E-mail: furtatsergij@gmail.com, furtatlana@gmail.com, lgetman78@gmail.com*

THE PROCESS OF FUNCTIONING OF AIR RADIO NETWORKS WITH FANET SELF-ORGANIZATION

For the effective operation of a self-organizing radio network, network nodes must quickly adapt to frequent topology changes and efficiently use limited network resources. In such conditions, it is impossible to ensure information exchange with the given quality without an effective network management system.

The most difficult problems that stand in the way of building an effective control system are: limited bandwidth of network communication channels, limited capacity of installed power carriers in UAVs, which leads to the need to limit the computing power of control boards and radio transmitters. One of the ways to solve these issues is to use an effective method of routing in a self-organizing radio network, which will use network and node resources as efficiently as possible to maintain a high ratio of delivered packets (Packet Delivery Ratio), a low level of packet delay (Packet Delay) and ensure the required QoS (Quality of Service) for a given network.

Відсутність постійної інфраструктури та децентралізованого управління - характерні риси радіомереж із самоорганізацією.

Характерними особливостями даних мереж (на відміну від мереж з стаціонарною інфраструктурою) є наступні ознаки:

1. Змінна кількість вузлів і площа покриття мережі. Кількість вузлів мережі може варіюватися від десятків до десятків або сотень тисяч вузлів. Залежно від кількості вузлів, потужності їх передавачів і використовуваних частот географічний простір покриття мережі може змінюватися в широких межах.

2. Мобільність і стаціонарність вузлів. Стаціонарні Ad Hoc мережі зберігають незмінність місця розташування вузлів, але припускають їх довільне включення в мережу і від'єднання з мережі. Мобільні радіомережі із самоорганізацією MANET (Mobile Ad Hoc Networks) передбачають можливість переміщення будь-якого вузла мережі.

3. Випадковість топології мережі, її неоднорідність і динамічність зміни. Оскільки абоненти мережі можуть бути мобільними, то топологія мережі може постійно змінюватися. Крім того, кожен вузол може мати різні радіо ресурси та обчислювальні потужності - мати різну потужність передавача, мати можливість змінювати рівень потужності передавача або діаграму спрямованості антени, бути оснащеним акумуляторними батареями різної ємності.

4. Принцип організації передачі інформації - комутація пакетів з використанням багатокрокової маршрутизації. Цей принцип полягає в тому, що кожен вузол мережі, будучи передавачем і приймачем "власної" інформації, виступає в якості ретранслятора і маршрутизатора пакетів інших абонентів мережі.

Під маршрутизацією розуміється направлення пакетів на певні адреси або ретрансляція сигналів в певних напрямках.

5. Децентралізований тип управління. Таке управління передбачає автономність вузлів в прийнятті рішень по організації передачі за визначеними маршрутами. Іншими словами, в мережі відсутня будь-яка фіксована інфраструктура для передачі службової інформації чи іншого виду централізованого управління (на відміну від звичайних телекомунікаційних мереж з системами управління [3,4]). Кожен вузол визначає маршрут передачі - послідовність вузлів-ретрансляторів на основі попереднього або оперативного збору інформації про стан мережі і зв'язності її абонентів відповідно до протоколів маршрутизації, спеціально розробленими для мереж із самоорганізацією.

6. Динамічність зміни зв'язності при пересуванні вузлів і / або приєднання / від'єднання вузлів в мережу. Це вимагає контролю за проходженням пакетів по мережі, зміни маршрутів пакетів при порушенні зв'язності, а також відновлення передачі повідомлень з моменту втрати зв'язності. Такий характер роботи мереж призводить до зміни якості обслуговування мережею (затримка і втрата пакетів, повна втрата зв'язності). Тому в мережах із самоорганізацією повинні бути передбачені механізми підтримки якості обслуговування за рахунок, наприклад, передачі пакетів по декільком маршрутам, колективної ретрансляції пакетів.

7. Багатоканальність мереж. Кожен вузол може бути обладнаний одним або декількома приймально-передавальними пристроями, що працюють в різних частотних смугах. Таким чином, крім комутації пакетів в одному частотному каналі можлива комутація каналів.

8. Масштабованість. При масштабованості мережа легко збільшується і змінює кількість своїх вузлів. Збільшення розміру мережі до сотень і тисяч вузлів може вимагати введення локалізації управління, тобто поділ всієї мережі на кластери з власними протоколами маршрутизації і міжкластерною ретрансляцією через вузли-шлюзи. Можливо і введення ієрархії в мережі, коли на основі вузлів, що мають достатні ресурси або гарне місце розташування (наприклад, на вершинах пагорбів), здійснюється прямий зв'язок між кінцевими абонентами або кластерами через мінімальну кількість ретрансляцій.

9. Обмеженість ресурсів вузлів мережі. Вузол мережі має обмежені ресурси (ємність пам'яті, продуктивність процесора, потужність передавача і енергоємність батарей). Енергія батарей витрачається як на комунікаційну (прийом, передача, обробка повідомлень і ін.), так і на обчислювальну (процесор) складові. Економія енергії батарей живлення - одне із завдань розробників терміналів і протоколів взаємодії.

10. Обмежена безпека. Широкомовна природа радіоканалу дозволяє зловмиснику (противнику) здійснювати прослуховування передач вузлів, аналізувати мережевий трафік і порушувати або погіршувати роботу мережі, ставити активні і пасивні перешкоди. Тому в мережі повинні бути вжиті заходи, які мінімізують або виключають можливий навмисний негативний вплив на роботу мережі. Таким заходом може бути застосування на фізичному рівні складних радіосигналів, наприклад надширококузових.

Розвиток елементної бази і більші обчислювальні потужності на сьогоднішній день визначили різноманіття радіомереж із самоорганізацією (рис.1):

- мережі Ad Hoc - мережі з випадковими, але стаціонарними абонентами;
- мобільні радіомережі (мережі MANET) - мережі мобільних абонентів, які реалізують повністю децентралізоване управління (відсутність базових станцій);
- mesh мережі (MESH) - такі мережі складаються з бездротових стаціонарних маршрутизаторів (створюють бездротову магістраль і зону обслуговування абонентів) і мобільних / стаціонарних абонентів, що мають доступ (в межах зони радіозв'язку) до одного з маршрутизаторів;
- сенсорні (телеметричні) мережі, що складаються з малогабаритних сенсорних вузлів з інтегрованими функціями моніторингу певних параметрів навколишнього середовища, обробки і передачі даних по радіоканалах;
- автомобільні мережі (мережі VANET) - мережі зв'язку транспортних засобів.
- Повітряні мережі (мережі FANET) - мережі на основі БПЛА.

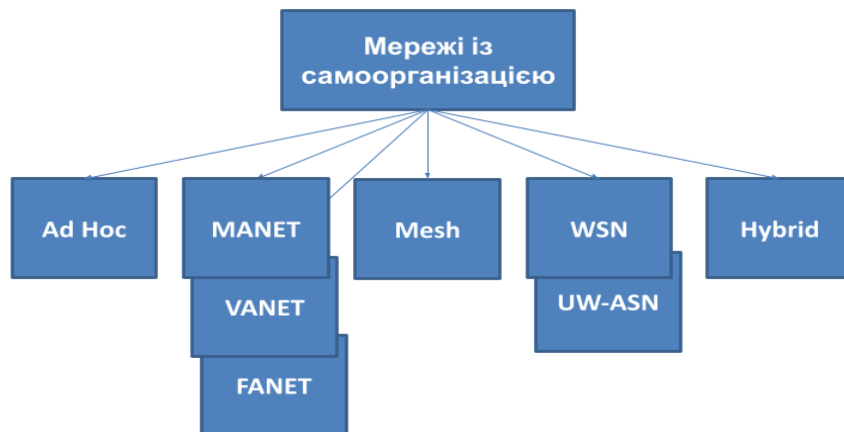


Рис.1 Класифікація мереж із самоорганізацією.

Переваги мереж із самоорганізацією очевидні: відсутність етапу планування (можливість самоорганізації), швидке розгортання, децентралізоване управління (дуже висока живучість), робота в русі всіх елементів мережі.

Література

1. Kahn R. Advances in Packet Radio Technology // Proc, of the IEEE. — 1978. - 66. — P. 1468-1496.
2. Бунин С.Г, Войтер А.П. Вычислительные сети с пакетной радиосвязью. — К.: Техніка, 1989. - 223 с.
3. Эфремидес Э., Уизелтир Д.Э., Бейкер Д.Д. Вопросы проектирования надежных мобильных радиосетей, использующих методы передачи и приема сигналов с псевдослучайной перестройкой рабочей частоты // ТИИЭР. - 1987. - 75, № 1. - С. 68-90.
4. Fifer W., Bruno F. The Low-Cost Packet Radio // Proc, of the IEEE - 1987. — 75 (1). - P. 33-42.
5. Sharret IP. WIN-T-The Army's New Tactical Intranet // IEEE MILCOM. - 1999. - P. 45.04.01-45.04.05.
6. Freebersyser J., Leiner B. A DoD Perspective on Mobile Ad Hoc Networks // Ad Hoc Networking. - 2001. - 25. - P. 147-152.
7. Sass P. Communications Networks for the Force XXI Digitized Battlefield // ACM/Baltzer Mobile Networks and Applications Journal. — 1999. — 4. — P 450—455.
8. Ramachandram K.N., Buddhikot M.M., Miller S. On design and implementation of infrastructure mesh networks // Proc, of WiMesh'05. - 2005. - P. 785-790.
9. Salem N.B., Hubaux J.-P. Securing Wireless Mesh Networks // IEEE Wireless Communications. - 2006. - 13, N 2. - P. 625-631.