

## **ENERGY EFFICIENT AUDIO TRANSMISSION IN WIRELESS AD-HOC NETWORKS**

*I. Karpov*

Moscow State Institute of Electronics and Mathematics The Higher School of Economics, Russia

This paper focuses on the methods improving energy efficiency of the audio data transmission in wireless ad-hoc networks with autonomous power sources. It is described a concept of energy efficiency audio data transmission. In conclusion we will discuss about the use of spatial reusing of channel for audio data transmission in wireless ad-hoc networks.

## **ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ ПЕРЕДАЧА АУДИОДАНЫХ В БЕСПРОВОДНЫХ САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ СЕТЯХ**

*И. Карпов*

Московский институт электроники и математики национального исследовательского университета Высшая школа экономики, Россия  
ivakarpov@gmail.com

В данной работе описываются исследования методов повышения энергоэффективности передачи аудиоданных в беспроводной самоорганизующейся сети с автономными источниками питания. Рассматривается понятие энергоэффективности передачи аудиоданных. Делается вывод о применимости пространственного разделения канала при передаче аудиоданных по беспроводным самоорганизующимся сетям.

### **1. Введение**

Последние разработки в области электроники и микроэлектроники позволили обновить устаревшую техническую базу элементов, на основе которых строятся новые изделия для промышленного применения и использования их в повседневной жизни. На базе данных элементов появилась возможность создавать новые маломощные устройства, которые организуются в сеть для различного применения (беспроводные самоорганизующиеся сети) – от мониторинга окружающей среды до создания систем аудио-связи. Построенные на основе таких устройств сети имеют меньшее энергопотребление, по сравнению с аналогами, а, следовательно, и большее время работы, большое количество активных узлов в сети, а также умеют самостоятельно образовывать группы с различной топологией.

Проведенный обзор литературы по беспроводным самоорганизующимся сетям показал недостаточное изучение вопросов энергопотребления сети при передаче аудиоданных. В основном изучаются вопросы, связанные с ограниченностью ресурсов сети (небольшая пропускная способность канала,

небольшое время работы сети). Тем не менее проблема рационального использования имеющихся энергетических ресурсов созданных систем является актуальной, поскольку от рационального использования имеющейся энергии сети зависит и время её работы [1, 2].

## 2. Энергоэффективность в беспроводных самоорганизующихся сетях

Основной целью данной работы является повышение энергоэффективности передачи аудиоданных в беспроводной сенсорной сети с автономными источниками питания.

В работе [3] исследуются временные задержки при передаче данных, потеря пакетов, пропускная способность канала с использованием стека ZigBee. В ней упоминается проблема частотного разделения каналов, однако предлагаемый подход не рассматривается для повышения энергоэффективности передачи аудиоданных с учетом качества предоставляемого сервиса (Рис. 1).

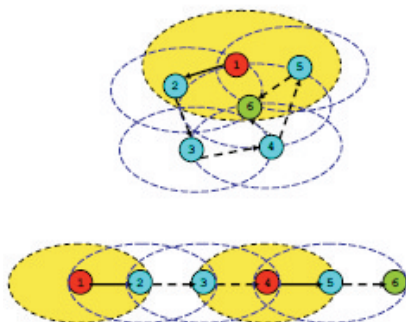


Рис.1: Пространственно-повторное разделение каналов в беспроводной сети

Для определения энергоэффективности при передаче данных применяется выражение (1):

$$C_{\text{сист.}} = \frac{N_{\text{TX}}}{E_{\text{сист.}}}; \quad (1)$$

, где  $E_{\text{сист.}}$  – энергия, затраченная всей системой на передачу данных за промежуток  $t$ ,  $N_{\text{TX}}$  – объем переданных аудиоданных за данный промежуток времени.  $E_{\text{сист.}}$  определяется по формуле (2), как количество затраченной энергии каждым узлом за время  $t$ , а  $N_{\text{TX}}$  по формуле (3), как количество принятых бит окончательными устройствами за время  $t$ .

$$E_{\text{сист.}} = E_{\text{node1}} + E_{\text{node2}} + \dots + E_{\text{nodeN}} = \sum_{i=1}^N E_{\text{node}i}; \quad (2)$$

$$N_{\text{TX}} = N_{\text{node1}} + N_{\text{node2}} + \dots + N_{\text{nodeN}} = \sum_{i=1}^N N_{\text{node}i}; \quad (3)$$

Для сокращения затраченной энергии на переданный бит информации необходимо уменьшить суммарное количество затраченной энергии при

передаче, которое зависит от примененных протоколов маршрутизации и алгоритмов доступа MAC-уровня (Medium Access Control) к среде.

В работе [4] при передаче данных от нескольких источников к нескольким получателям используется протокол маршрутизации TOR. В данном протоколе задействуются все соседние узлы, находящиеся вблизи узла источника. На Рис. 2-а изображено два потока аудиоданных (от узла S1 до узла D1, D2 и от узла S2 до узла D3).

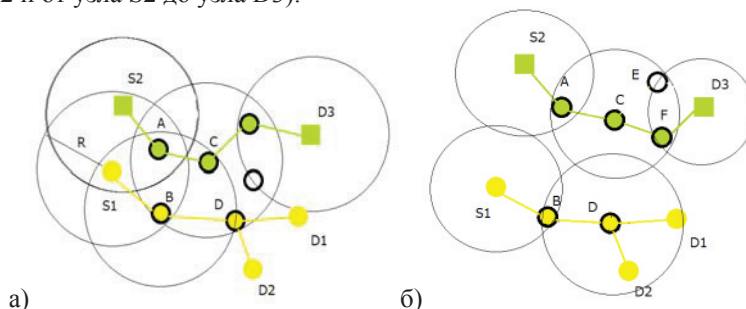


Рис.2: а) Маршрутизация TOR б) Пространственное разделение узлов

В соответствии с протоколом маршрутизации TOR предпочитаемые ретрансляционные узлы должны иметь меньшее количество хопов до узла назначения. Для потока S1-D1-D2 ретрансляционными узлами будут узлы В и D. Поскольку в радиус покрытия узла S1 входит несколько узлов, в том числе узел А, то он также примет передаваемый пакет. Аналогично для узлов В, С и D. Покрытие при передаче нескольких станций означает наличие общего разделяемого пространства, то есть осуществление конкурирующего доступа к среде передачи, а, следовательно, внесение дополнительных задержек, влияющих на качество обслуживания. Для того чтобы уменьшить количество коллизий при передаче, предлагается уменьшить радиус действия узлов – применить «умное покрытие» сети (Рис. 2-б). Уменьшая количество соседей, находящихся в радиусе действия передающего узла, можно увеличить энергоэффективность сети, поскольку сокращается количество узлов, принимающих пакеты с данными, но не участвующих в их ретрансляции, снижается количество коллизий  $N_c$ , появляется возможность одновременной передачи данных. Алгоритм «умного покрытия» сети применяется после стадии образования сети, когда уже определен координатор (если он необходим) и сенсорные узлы присоединились к сети.

Основная идея алгоритма заключается в том, что узел должен отрегулировать свой радиус покрытия настолько, насколько ему достаточно для передачи данных соседнему узлу, избегая при этом доступ к разделяемому каналу связи других узлов.

Для проверки энергоэффективного алгоритма передачи аудиоданных было проведено имитационное моделирование сети, которое подтвердило увеличение энергоэффективности при передаче аудиоданных.

### 3. Заключение

Исследуемый метод пространственного разделения узлов позволяет повысить энергоэффективность сети за счет уменьшения количества соседних узлов, влияющих на передачу аудиоданных. Проведенное имитационное моделирование показало энергоэффективность применяемого метода передачи для беспроводной аудио-сенсорной сети с автономными источниками питания. При моделировании не учитывались потери пакетов при передаче аудиоданных, а также не рассматривалась сеть при большом количестве конкурирующих потоков, поэтому необходимо проводить дальнейшие исследования.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Bidong C., Audio recognition with distributed wireless sensor networks: thes.; University of Victoria - Canada, 2010. – P.59.
2. Hu W., The design and evaluation of a hybrid sensor network for cane-toad monitoring // Information Processing in Sensor Networks, 2005. IPSN 2005. Fourth International Symposium, 2005. – P.503-508.
3. Brunelli D., Maggiorotti M. [et al.], Analysis of audio streaming capability of ZigBee networks // Wireless Sensor Networks, Lecture Notes in Computer Science, 2008, vol. 4913, 2008. – P.189-204.
4. Li L., Xing G. [et al.], Adaptive Voice Stream Multicast over Low-power Wireless Networks, Technical Report MSU-CSE-10-16, Computer Science and Engineering, Michigan State University, East Lansing, Michigan, 2010
5. Abdelzaher T., Prabh S., Kiran R., On real-time capacity limits of multihop Wireless Sensor Networks // Real-Time Systems Symposium, 2004. Proceedings. 25th IEEE International , 2004. – P.359-370.
6. Lu G., Krishnamachari B., Raghavendra C., Performance evaluation of the IEEE 802.15.4 MAC for low-rate low-power Wireless Networks // Performance, Computing, and Communications, 2004 IEEE International Conference, 2004. – P.701-706.
7. Charbiwala Z., Kim Y. [et al.], Energy efficient sampling for event detection in Wireless Sensor Networks, Proceedings of the 14th ACM/IEEE international symposium on Low power electronics and design, 2009.
8. Chen J., Yao K. [et al.], Acoustic source localization and beamforming: theory and practice, EURASIP Journal on Advances in Signal Processing, 2003.