

УДК 004.56

***АЛГОРИТМ БАЛАНСИРОВКИ НАГРУЗКИ НА ОСНОВЕ
КЛАСТЕРИЗАЦИИ УЗЛОВ В СЕТЯХ 4GLTE-5G***

Брюховецкий А.А.

к.т.н., доцент

Севастопольский государственный университет

Севастополь, Россия

Аннотация

Представлен алгоритм балансировки нагрузки сети на основе использования виртуальных кластеров в интеллектуальных мобильных сетях. Формирование кластеров осуществляется в два этапа: распределение выделенных ресурсов и распределение узлов по кластерам. Среди узлов выделяются тестирующие и тестируемые. Основная цель – обеспечить заданную минимальную вероятность обнаружения уязвимостей узлов при ограничениях на выделенные ресурсы. Применение предложенного подхода позволит снизить неоправданный расход ресурсов и обеспечить заданную вероятность обнаружения уязвимостей узлов.

Ключевые слова: мобильные сети, алгоритм балансировки, ресурсы сети, обнаружение уязвимостей, принятие решений.

***LOAD BALANCING ALGORITHM BASED ON NODE
CLUSTERING IN 4G LTE-5G NETWORKS***

Bryukhovetskiy A.A.

Ph.D., associate professor

Sevastopol State University

Sevastopol, Russia

Abstract

The algorithm of network load balancing based on the use of virtual clusters in intelligent mobile networks is presented. The formation of clusters is carried out in two stages: the allocation of allocated resources and the distribution of nodes across clusters. Among the nodes, testers and testers stand out. The main goal is to provide a given minimum probability of detecting node vulnerabilities with restrictions on allocated resources. The application of the proposed approach will reduce unjustified resource consumption and ensure a given probability of detecting node vulnerabilities.

Keywords: balancing algorithm, mobile networks, network resources, vulnerability detection, decision-making.

Связь в автомобильных одноранговых сетях (VANET), которые считаются особым классом мобильных одноранговых сетей (MANET), становится важной темой исследований для интеллектуальной транспортной системы (ITS) и разработкой стандартов выделенной связи на короткие расстояния (DSRC) [1]. В частности, DSRC является важной технологией, разработанной для ITS, для которой требуется беспроводная линия связи малого радиуса действия для передачи сигналов только между транспортными средствами (V2V) и связью между транспортными средствами и инфраструктурой (V2I). Однако существующие методы, позволяющие осуществлять связь в сетях MANET, не могут быть непосредственно применены в сетях VANET из-за следующих характеристик [2-4]. В частности, DSRC является важной технологией, разработанной для ITS, для которой требуется беспроводная линия связи малого радиуса действия для передачи сигналов только для связи между транспортными средствами (V2V) и связью между транспортными средствами и инфраструктурой (V2I). Во-первых, быстрое движение транспортных средств может привести к высокодинамичной и часто отключенной топологии сети. Во-вторых, траектории движения транспортных средств в VANETs строго

Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМН Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

ограничены расположением дорог. Методы, основанные на кластеризации, которые разделяют транспортные средства на кластеры, используя преимущества траекторий, определяемых расположением, считаются эффективными способами облегчения связи в VANETs. Стабильная связь может быть достигнута в высокодинамичных сетях VANET с помощью кластерной связи, когда в каждом кластере выбирается координатор для обработки внутрикластерного и межкластерного трафика.

Кластеризация [5, 6] представляет собой задачу группировки набора узлов (мобильных устройств, транспортных средств и т.д.) с некоторыми сходными свойствами на основе predetermined правил. Такой подход позволяет решать различные сложные задачи в сценариях VANET с использованием кластерной архитектуры [7]. Одной из причин сложного проектирования кластерной архитектуры является быстро меняющаяся топология сети, вызванная высокой мобильностью среды, что может привести к перегрузке данных [8] и низкому качеству обслуживания (QoS) [9,10].

Целью работы является разработка алгоритма балансировки нагрузки сети на основе использования виртуальных кластеров в интеллектуальных мобильных сетях. Формирование кластеров осуществляется в два этапа: распределение выделенных ресурсов и распределение узлов по кластерам. Среди узлов выделяются тестировщики и тестируемые. Основная цель – обеспечить заданную минимальную вероятность обнаружения уязвимостей узлов при ограничениях на выделенные ресурсы. Применение предложенного подхода позволит снизить неоправданный расход ресурсов и обеспечить заданную вероятность обнаружения уязвимостей узлов.

Постановка задачи. Предполагается, что все транспортные средства оснащены GPS, так что каждое транспортное средство имеет уникальный идентификатор, знает о своем собственном местоположении (представленном декартовыми координатами), скорости и направлении (представленном вектором направления) в любое время. Известно точное время, которое Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМИ Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

отслеживается по всемирному времени (UTC). Все транспортные средства могут отправлять пакеты с унифицированной мощностью передачи и декодировать принятые пакеты около порогового значения и др. Считается, что сигнал распространяется в непрямой видимости [11]. Балансировка предполагает:

- распределение ресурсов инфраструктуры по кластерам, которые бы обеспечивали заданный уровень обнаружения уязвимостей при коллаборационной стратегии тестирования в каждом кластере [12],
- распределение тестировщиков – k и тестируемых узлов – n_c по кластерам – виртуальным группам, в которых осуществляется совместное тестирование.

В каждом j -ом кластере при коллаборационной стратегии совместного тестирования узлов необходимо обеспечить значение минимальной вероятности обнаружения уязвимостей:

$$P_j \geq P_{c_{min}} \quad (1)$$

при ограничениях на ресурсы

$$\begin{aligned} 0 \leq R_j \leq R_{c_{max}}, j=1,2,\dots,N, \\ \sum_{j=1}^{N_c} R_j \leq R \quad (2) \end{aligned}$$

где

N – число кластеров,

R – общий объем защитных ресурсов, выделяемый для всех узлов.

R_j – текущий объем защитного ресурса j -ого кластера, выделяемый в процессе распределения ресурсов,

$R_{c_{max}}$ – максимально возможный объем защитного ресурса выделяемый для кластера,

r – объем защитного ресурса, выделяемый на одно тестирование одному тестировщику,

ΔR_j – доля защитного ресурса, используемая j -ым кластером,

Δp_j – эффективность обнаружения уязвимостей в j -ом кластере,

f_j – оценка распределения узлов по кластерам:

k_{ij} – число тестируемых,

f_{ij} – показатель качества кластера.

5. Для каждого вектора C_i выполняется перераспределение узлов между $(N - 1)$ кластерами и последним кластером N . Оцениваются значения ΔR_j , ΔP_j , f_j .

6. Интегрально оцениваются характеристики качества для каждого вектора C_i распределения узлов по кластерам:

$$\Delta R_i = 1 / (N \cdot R_{c_{max}}) \sum_{j=1}^N r k_{ij}^2,$$

$$\Delta p_i = 1 / (N \cdot P_{c_{min}}) \sum_{j=1}^N P_{ij}(p(t), k_{ij}, n_{ij}),$$

$$f_i = \sum_{j=1}^N \Delta p_i / \Delta R_i.$$

7. Решением является вектор C_i , содержащий компоненты распределений $C_{n_j}^{k_j}$ ($j=1, \dots, N$) по кластерам, для которого $f_i = \max$

8. Если при заданных ресурсах r , R , $R_{c_{max}}$, $P_{c_{min}}$ решения нет, то требуется изменение указанных параметров: увеличить объемы выделяемых ресурсов или/и уменьшить $P_{c_{min}}$.

Выводы. Представлен алгоритм балансировки нагрузки сети на основе использования виртуальных кластеров в интеллектуальных мобильных сетях. Формирование кластеров осуществляется в два этапа: распределение выделенных ресурсов и распределение узлов по кластерам. Среди узлов выделяются тестируемые и тестируемые. Основная цель – обеспечить заданную минимальную вероятность обнаружения уязвимостей узлов при ограничениях на выделенные ресурсы. Применение предложенного подхода позволит снизить неоправданный расход ресурсов, обеспечить заданную вероятность обнаружения уязвимостей узлов, снизить задержки обработки данных и риски принятия ошибочных решений.

Библиографический список:

1. Kenney J.B. Dedicated short-range communications (DSRC) standards in the United States/ J.B. Kenney // Proc. IEEE.– 2011, **99**(7), pp.1162–1182.

2. Xin G. Intersection-based forwarding protocol for vehicular ad hoc networks/ G. Xin, H. Yan, C. Zhipeng, O. Tomoaki //Telecommun. Syst. – 2015, № 4, pp.1–10. doi:10.1007/s11235-015-9983-y.
3. Rawashdeh Z. A novel algorithm to form stable clusters in vehicular ad hoc networks on highways/ Z. Rawashdeh Z., S. Mahmud// EURASIP J. Wirel. Commun. Netw. – 2012(1),15.
4. Fan W. A mobility metrics based dynamic clustering algorithm for VANETs/ W. Fan, Y. Shi, S. Chen, L. Zou // IET International Conference on Communication Technology and Application. – 2011, pp. 752–756. doi:10.1049/cp.2011.0769.
5. Vodopivec S. A survey on clustering algorithms for vehicular ad-hoc networks / S. Vodopivec, J. Bester, A. Kos// 35th International Conference on Telecommunications and Signal Processing (TSP). – 2012, pp. 52–56. doi:10.1109/TSP.2012.6256251.
6. Guo L. Real time clustering of sensory data in wireless sensor networks/ L. Guo, C. Ai, X. Wang, Z. Cai, Y. Li // Performance Computing and Communications Conference (IPCCC), 2009 IEEE 28th International. – 2009, pp. 33–40. doi:10.1109/PCCC.2009.5403841.
7. Gunter Y. Cluster-based medium access scheme for VANETs / Y. Gunter, B. Wiegel, H.P. Grossmann. // IEEE Intelligent Transportation Systems Conference. – 2007, pp. 343–348. doi:10.1109/ITSC.2007.4357651.
8. Song T. A cluster-based directional routing protocol in VANET/ T. Song, W. Xia, T. Song, L. Shen. // IEEE International Conference on Communication Technology (ICCT). – 2010, pp. 1172–1175. doi:10.1109/ICCT.2010.5689132.
9. Harikrishnan Y. Clustering algorithm based on minimal path loss ratio for vehicular communication/ Y. Harikrishnan, J. He. // International Conference on Computing Networking and Communications (ICNC). – 2013, pp. 745–749, doi:10.1109/ICCNC.2013.6504181.
10. Скатков А.В. Адаптивное обнаружение уязвимостей интерфейсов беспилотных транспортных средств/ А.В. Скатков, А.А. Брюховецкий, Ю.В. Доронина и др. // Издательство «Ариал» (Симферополь), 2020. – 352 с.

11. Nitsche T. Steering with eyes closed: mm-wave beam steering without in-band measurement/ T. Nitsche, A.B. Flores, E.W. Knightly, and J. Widmer. // International Conference on Computer Communications (INFOCOM), IEEE Conference, 2015. – 2416–2424.
12. Скатков А.В., Брюховецкий А.А. Коллаборационные стратегии обнаружения уязвимостей интерфейсов информационно-измерительных сетей ПТС при технологиях 5G // Системы контроля окружающей среды, №49 (3), 2022. – с.84 – 97. DOI: 10.33075/2220-5861-3-84-97.

Оригинальность 96,99%