

站资源数量 $N=50$, 低速移动节点速度范围为 0–10 m/s, 高速移动节点速度范围为 10–20 m/s.

如前文所述, 密集部署 eNB 可以显著提高网络容量、频谱效率和数据速率. 但是 eNBS 的密集部署也会增加网络的干扰和能量消耗, SDN 是下一代移动通信网络中密集部署 eNBS 的解决方案. 基于 SDN 架构的 5G 通信网络的数据平面由大量的虚拟小区和用户组成. 为了显示数据平面的致密化程度, 研究致密化程度与切换性能之间的关系, 我们定义了一个网络致密度, 其值为小蜂窝用户数量与宏蜂窝用户数量之比.

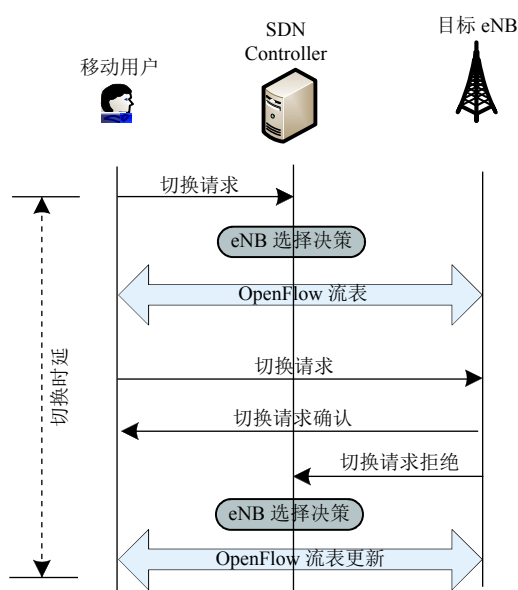


图4 基于 SDN 架构移动通信网络切换流程

在传统的分布式切换管理策略中, 移动节点必须在切换准备阶段搜索信道并获取网络状态信息, 将增加能量消耗, 降低吞吐量. 此外, 当移动节点的数量很大时, 队列中的等待时间就会变得相当长^[13].

与传统的切换方法不同, 本文提出的切换方法是在基于 SDN 的移动通信网络中设计的, 由于 SDNC 一直在监控整个网络并控制网络正常运行, 因此能够预先收集大量的网络状态信息, 而缩短切换准备阶段, 移动节点只需要根据 SDNC 作出的切换决策结果切换到目标 eNB. 为了观察网络致密度对切换延迟的影响, 网络致密度反映的是网络用户密度. 从图5可以发现, 随着用户密度的提升, 延迟也在增加, 但仍优于传统的切换管理策略.

由于一段时间内节点切换次数与速度和切换算法

的优劣有关, 因此在图6的仿真中限制了节点的移动速度为 0–10 km/s, 在图7的仿真中限制节点速度为 10–30 km/s. 从两张图中可以发现随着网络致密度的增加, 平均切换次数增加明显. 另外两张图对比也可以发现, 移动节点速度的增加也会增加平均切换次数. 整体来看本节提出方法的平均切换次数要优于传统的 LTE 网络的切换方法. 原因是 LTE 网络中的移动节点根据参考候选基站信号质量进行切换决策, 没有考虑移动节点在候选基站覆盖范围内的持续停留时间, 可能导致切换次数的增加.

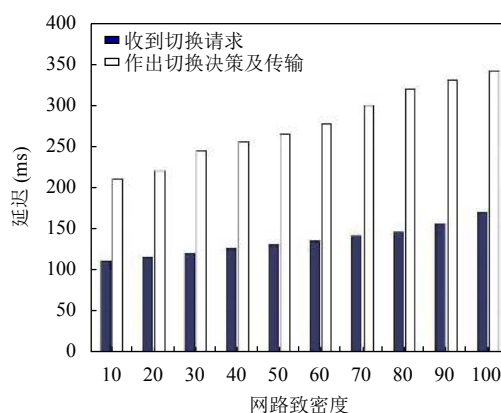


图5 切换时延分析

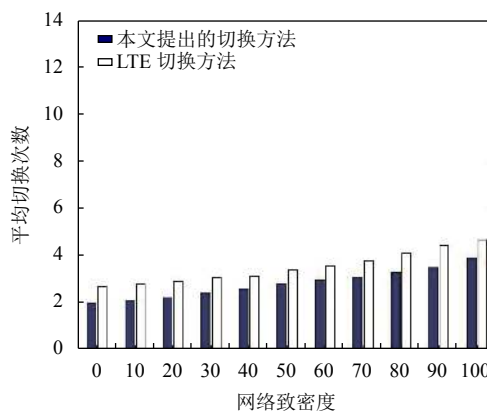


图6 平均切换次数 (低速移动节点)

3 小结

针对下一代基于 SDN 架构的 5G 通信网络, 提出了一种基于新的网络架构下的切换控制方法. 区别与传统的分布式控制方法, 该方法的主要思想是充分利用控制层中的网络状态信息, 终端的移动性事件由位于控制层的 SDNC 集中控制管理, 能够减少预切换时移动终端获取网络状态信息的时间, 提高切换性能.

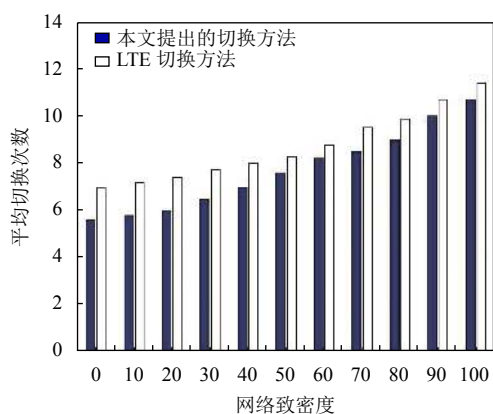


图7 平均切换次数 (高速移动节点)

参考文献

- Ding ZG, Lei XF, Karagiannidis GK, *et al.* A survey on non-orthogonal multiple access for 5G networks: research challenges and future trends. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 2017, 35(10): 2181–2195. [doi: [10.1109/JSAC.2017.2725519](https://doi.org/10.1109/JSAC.2017.2725519)]
- Arshad R, Elsayy H, Sorour S, *et al.* Handover management in dense cellular networks: A stochastic geometry approach. 2016 IEEE International Conference on Communications. Kuala Lumpur, Malaysia. 2016.
- Arshad R, Elsayy H, Sorour S, *et al.* Cooperative handover management in dense cellular networks. 2016 IEEE Global Communications Conference. Washington, DC, USA, 2016. 1–6.
- Sinclair N, Harle D, Glover IA, *et al.* A kernel methods approach to reducing handover occurrences within LTE. 18th European Wireless Conference 2012. Poznan, Poland. 2012. 1–8.
- Buenestado V, Ruiz-Aviles JM, Toril M, *et al.* Mobility robustness optimization in enterprise. 2013 IEEE 77th Vehicular Technology Conference. Dresden, Germany. 2014. 1–5.
- Kong PY, Sluzek A. Average packet delay analysis for a mobile user in a two-tier heterogeneous cellular network. *IEEE Systems Journal*, 2015, 11(1): 2726–2736.
- Zhang HJ, Jiang CX, Hu RQ, *et al.* Self-organization in disaster-resilient heterogeneous small cell networks. *IEEE Network*, 2016, 30(2): 116–121. [doi: [10.1109/MNET.2016.7437033](https://doi.org/10.1109/MNET.2016.7437033)]
- Wang K, Wang YH, Zeng DZ, *et al.* An SDN-based architecture for next-generation wireless networks. *IEEE Wireless Communications*, 2017, 24(1): 25–31. [doi: [10.1109/MWC.2017.1600187WC](https://doi.org/10.1109/MWC.2017.1600187WC)]
- Liang YH, Chang BJ, Hsieh SJ, *et al.* Analytical model of QoS-based fast seamless handoff in IEEE 802.16j WiMAX networks. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 2010, 59(7): 3549–3561.
- Marquez-Barja JM, Ahmadi H, Tornell SM, *et al.* Breaking the vehicular wireless communications barriers: Vertical handover techniques for heterogeneous networks. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 2015, 64(12): 5878–5890. [doi: [10.1109/TVT.2014.2386911](https://doi.org/10.1109/TVT.2014.2386911)]
- Trivisonno R, Guerzoni R, Vaishnavi I, *et al.* SDN-based 5G mobile networks: Architecture, functions, procedures and backward compatibility. *Transactions on Emerging Telecommunications Technologies*, 2015, 26(1): 82–92. [doi: [10.1002/ett.2915](https://doi.org/10.1002/ett.2915)]
- Saaty TL. *Analytic Hierarchy Process*. New York, NY: Springer-Verlag, 2001. 40–53.
- Sesia M, Toufik M, Baker M. *LTE, The UMTS Long Term Evolution: From Theory to Practice*. Hoboken: John Wiley & Sons Ltd., 2009. 1–21.