

ミーティング資料

安達智哉

to-adachi@ist.osaka-u.ac.jp

平成 30 年 12 月 13 日

1 vEPC を想定した負荷分散モデルの検討

3GPP 標準に基づく負荷分散方式を、他方式と比較するような研究を行おうと考えている。他方式として具体的には vEPC 間の負荷分散方式を想定している。vEPC 想定したネットワーク構成のモデル案を以下の図 3 に示す。このモデルでは、ネットワークに分散している vEPC の中から適切な vEPC を選択し、それを経由するようにシグナリングを設定する。この仕組みにより負荷分散が可能である。このモデルの評価を行う上で大切なことは、vEPC 間の State 同期によるオーバーヘッドを考慮することである。実際、文献 [1] によると、MME 間の State 同期のオーバーヘッドより、最大 71% の性能低下が発生すると結論づけている。また、State の同期頻度にも複数の実装があると述べており、メッセージごとに同期を行う方法とセッションごとに同期を行う方法でオーバーヘッドが変化すると述べている。そのため、評価指標の一つとして、vEPC 間の State 同期のオーバーヘッドを取り入れようと考えている。

また、vEPC を用いたネットワーク構成として、データプレーンを SDN を用いて制御するモデルも想定することができる。図 6 には、図 ?? に示したモデルに SDN を適用したモデルである。vEPC に SDN コントローラが存在し、SDN スイッチに指示することでデータプレーンを制御する。この際、SDN コントローラには SGW-C および PGW-C の機能を持たせる必要があり、SDN スイッチは、S/PGW の機能を持つように拡張する必要がある。図 3 と比較すると、こちらの方式の方が、データプレーンの経路を短くできることが分かる。また、SDN の制御により、帯域の使用率に応じて、データプレーンの経路を変化させることも可能である。そのため、vEPC の CPU 使用率に基づいた負荷分散と同時に、リンク帯域の使用率に応じた負荷分散が可能になると考えられる。

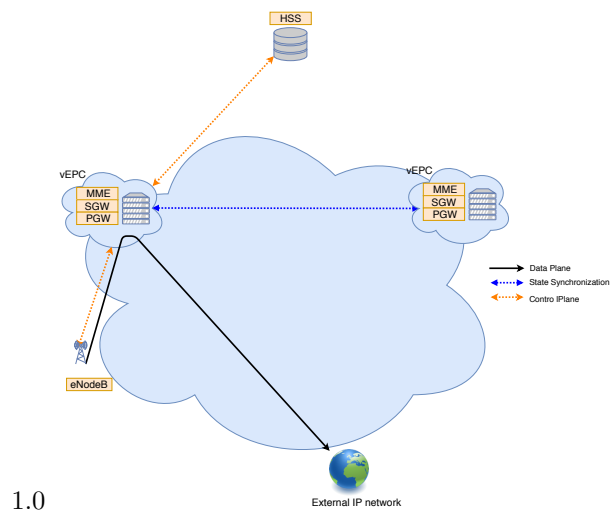


図 1: before

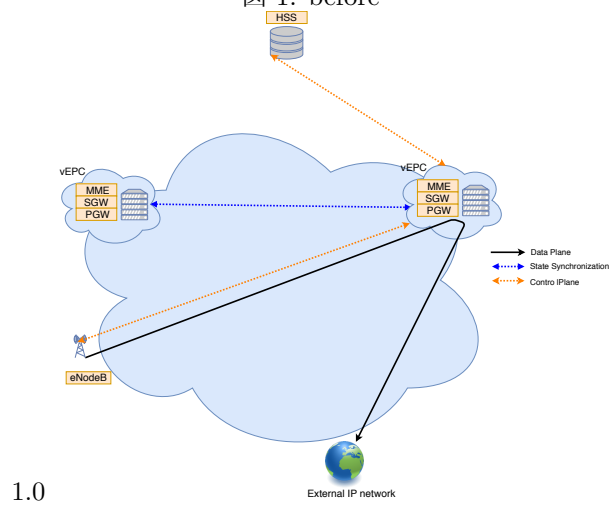


図 2: after

図 3: vEPC を想定したネットワークモデル (案)

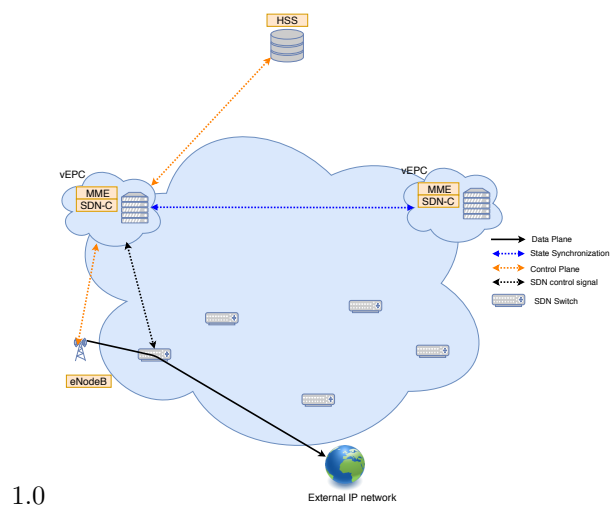


図 4: before

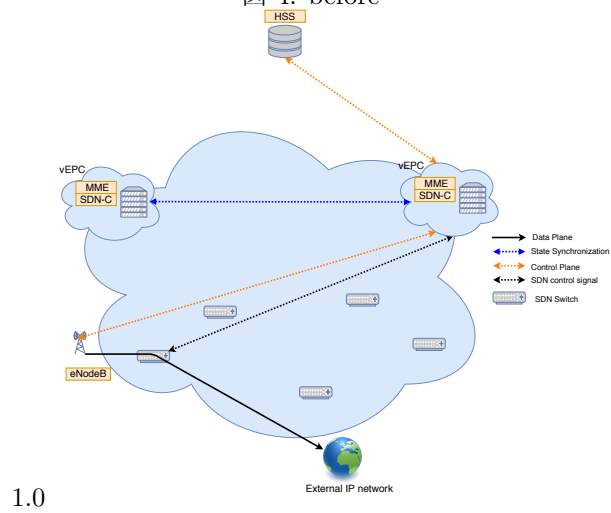


図 5: after

図 6: vEPC を想定したネットワークモデル (案 2)

2 ステート同期について

2.1 頻度

ステート同期の頻度として、シグナリングメッセージ単位で行う方法と、セッション単位で行う方法がある。シグナリングメッセージ単位の方法では、よりきめ細かい同期が可能となる。しかし、私の評価では、vEPC の切り替えはシグナリング単位ではなくセッション単位で行うことを想定している。つまり、アタッチなどの処理は、その一連の処理がするまで同一の vEPC で管理される。そのため、ステート同期の頻度はセッション単位で十分であり、研究としてはセッション単位のステート同期をメインに評価するつもりである (比較としてシグナリングメッセージ単位の同期を考える可能性がある)。

2.2 負荷

待ち行列を用いた数学的評価によってステート同期の影響を評価する。そのためには、EPC ノードの負荷をコード行数から推定したのと同じように、ステート同期にかかる時間を何らかの指標から推定し、最終的に待ち行列理論に落とし込む必要がある。ステート同期は主に、データの読み書きであるため、I/O 待ち時間に基いた待ち行列理論によって、ステート同期のオーバーヘッドを求める。

文献 [1] などの先行研究より、ステート同期によって発生するオーバーヘッドの大きさについてある程度、見当をつけることができる。そのような先行研究を参考にしつつ、I/O 待ち時間をパラメータとして変化させ、それぞれの場合について評価することも想定している

3 勉強会論文まとめ

勉強会で調査した論文を以下の表 1 にまとめる。

表 1: 論文まとめ

References	Technology	Routing		Load Balancing		Eval. Methods	Key Word
		GTP	Non-GTP	SGW	PGW		
[2]	NFV	✓	-	✓	✓	Exptl.	MEC
[1]	-	-	-	✓	✓	Exptl.	LoadBalancer
[3]	NFV+Chaine	-	✓	✓	✓	Simul.	Service Chains
[4]	LIPA/SIPTO	-	-	✓	✓	Simul.	LIPA/SIPTO
[5]	NFV	-	-	-	✓	Exptl.	CNS-MME
[6]	NFV	✓	-	-	✓	Analy.&Simul.	待ち行列を用いた負荷分散の性能評価
[7]	SDN	-	-	✓	-	Exptl.	MPLS, T-SDN
[8]	SDN+NFV	-	✓	-	✓	Exptl.	SDMN
[9]	SDN+NFV	✓	-	-	-	Simul.	NOS-EPC の提案、評価
[10]	SDN+NFV	✓	-	-	-	Exptl.	VM 実装とマシン実装の性能比較
[11]	SDN+NFV	✓	-	-	-	-	MEC
[12]	SDN+NFV	-	-	-	-	Exptl.	vEPC, vSDN
[13]	SDN+NFV	-	-	-	-	Simul.	MEC, セキュリティ対策
[14]	SDN+NFV	-	-	-	-	-	Slicing
[15]	SDN+NFV	✓	-	-	-	Exptl.	OpenSource を用いた NFV, SDN の実装
[16]	SDN+NFV	-	-	-	-	Simul.	NFV と SDN の性能比較
[17]	SDN+NFV	-	-	-	-	Analy.	CAPEX, OPEX の評価モデル
[18]	SDN	-	✓	-	-	Analy.	Openflow-enabled EPC
[19]	NFV	-	-	-	-	Analy.	CDN
[20]	-	-	-	-	-	-	トラフィック量の統計
[21]	SDN	-	✓	-	-	Simul.	SDN-based distributed mobility management
[22]	-	-	-	-	-	Analy.	MEC
[23]	-	-	-	-	-	-	IoT トラヒックモデルの調査
[24]	NFV	-	-	-	-	Exptl.	Docker, KVM, 実マシンでの Open5GCore の性能比較
[25]	-	-	-	-	-	Simul.	C-RAN, BBU
[26]	-	-	✓	-	-	Analy.	待ち行列を用いた EPC のボトルネック調査
[27]	-	-	-	-	-	-	Beta 分布を用いたコアネットワーク内の遅延評価
[28]	-	-	✓	-	-	-	マルコフ連鎖を用いた UE の消費電力モデルの策定
[29]	SDN	✓	-	-	-	Exptl.	S/PGW の C/U 分離と SDN の実装
[30]	-	-	-	-	-	Analy.	マルコフ連鎖を用いた無線通信のモデル化
[31]	-	-	-	-	-	Exptl.	BareMetal, Docker, VM の性能比較
[32]	SDN	✓	-	✓	✓	Simul.	SDN を用いた S/PGW の分散配置
自分の研究	SDN	✓	-	✓	✓	Analy.	

4 今後の予定

- I/O 待ち時間の調査を行う。具体的には先行研究論文や富士通株式会社などが公開しているサーバパフォーマンスに関するホワイトペーパーなどを参考にする。

参考文献

- [1] P. Satapathy, J. Dave, P. Naik, and M. Vutukuru, “Performance Comparison of State Synchronization Techniques in a Distributed LTE EPC,” in *Proceedings of 2017 IEEE Conference on Network Function Virtualization and Software Defined Networks (NFV-SDN)*, Nov. 2017, pp. 1–7.
- [2] E. Cau, M. Corici, P. Bellavista, L. Foschini, G. Carella, A. Edmonds, and T. M. Bohnert, “Efficient Exploitation of Mobile Edge Computing for Virtualized 5G in EPC Architectures,” in *Proceedings of 2016 4th IEEE International Conference on Mobile Cloud Computing, Services, and Engineering (MobileCloud)*, Mar. 2016, pp. 100–109.
- [3] A. Gupta, M. Tornatore, B. Jaumard, and B. Mukherjee, “Virtual-Mobile-Core Placement for Metro Network,” *CoRR*, vol. abs/1801.05537, 2018. [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1801.05537>
- [4] S. Lee, H. Cheon, S. Kang, and J. Kim, “Novel LIPA/SIPTO Offloading Algorithm According to the Network Utilization and Offloading pPreference,” in *2014 International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC)*, Oct. 2014, pp. 314–318.
- [5] P. C. Amogh, G. Veeramachaneni, A. K. Rangiseti, B. R. Tamma, and A. A. Franklin, “A Cloud Native Solution for Dynamic auto Scaling of MME in LTE,” in *Proceedings of 2017 IEEE 28th Annual International Symposium on Personal, Indoor, and Mobile Radio Communications (PIMRC)*, Oct. 2017, pp. 1–7.
- [6] J. Prados-Garzon, P. Ameigeiras, J. J. Ramos-Munoz, P. Andres-Maldonado, and J. M. Lopez-Soler, “Analytical Modeling for Virtualized Network Functions,” in *Proceedings of 2017 IEEE International Conference on Communications Workshops (ICC Workshops)*, May 2017, pp. 979–985.
- [7] R. Alvizu, S. Troia, V. M. Nguyen, G. Maier, and A. Pattavina, “Network Orchestration for Dynamic Network Slicing for Fixed and Mobile Vertical Services,” in *2018 Optical Fiber Communications Conference and Exposition (OFC)*, Mar. 2018, pp. 1–3.
- [8] L. J. Chaves, I. C. Garcia, and E. R. M. Madeira, “An Adaptive Mechanism for LTE P-GW Virtualization Using SDN and NFV,” in *Proceedings of 2017 13th International Conference on Network and Service Management (CNSM)*, Nov. 2017, pp. 1–9.
- [9] B. Wu, L. Ge, J. Zeng, X. Zheng, Y. Kuang, X. Su, and J. Wang, “An Innovative EPC with Not Only Stack for Beyond 5G Mobile Networks,” in *Proceedings of 2018 IEEE 87th Vehicular Technology Conference (VTC Spring)*, Jun. 2018, pp. 1–5.
- [10] D. Lake, G. Foster, S. Vural, Y. Rahulan, B. Oh, N. Wang, and R. Tafazolli, “Virtualising and Orchestrating a 5G Evolved Packet Core Network,” in *Proceedings of 2017 IEEE Conference on Network Softwarization (NetSoft)*, Jul. 2017, pp. 1–5.
- [11] M. R. Sama, L. M. Contreras, J. Kaippallimalil, I. Akiyoshi, H. Qian, and H. Ni, “Software-Defined Control of the Virtualized Mobile Packet Core,” *IEEE Communications Magazine*, vol. 53, no. 2, pp. 107–115, Feb. 2015.
- [12] R. Mart í nez, A. Mayoral, R. Vilalta, R. Casellas, R. Mu ñ oz, S. Pachnicke, T. Szyrkowiec, and A. Autenrieth, “Integrated SDN/NFV Orchestration for the Dynamic Deployment of Mobile Virtual Backhaul Networks Over a Multilayer (Packet/Optical) Aggregation Infrastructure,” *IEEE/OSA Journal of Optical Communications and Networking*, vol. 9, no. 2, pp. A135–A142, Feb. 2017.
- [13] R. Chaudhary, N. Kumar, and S. Zeadally, “Network Service Chaining in Fog and Cloud Computing for the 5G Environment: Data Management and Security Challenges,” *IEEE Communications Magazine*, vol. 55, no. 11, pp. 114–122, Nov. 2017.
- [14] J. Ordóñez-Lucena, P. Ameigeiras, D. Lopez, J. J. Ramos-Munoz, J. Lorca, and J. Folgueira, “Network Slicing for 5G with SDN/NFV: Concepts, Architectures, and Challenges,” *IEEE Communications Magazine*, vol. 55, no. 5, pp. 80–87, May 2017.
- [15] A. Jain, Sadagopan N S, S. K. Lohani, M. Vutukuru, “A Comparison of SDN and NFV for Re-designing the LTE Packet Core,” in *Proceedings of 2016 IEEE Conference on Network Function Virtualization and Software Defined Networks (NFV-SDN)*, Nov. 2016, pp. 74–80.
- [16] A. Basta, A. Blenk, K. Hoffmann, H. J. Morper, M. Hoffmann, and W. Kellerer, “Towards a Cost Optimal Design for a 5G Mobile Core Network Based on SDN and NFV,” *IEEE Transactions on Network and Service Management*, vol. 14, no. 4, pp. 1061–1075, Dec. 2017.

- [17] C. Bouras, P. Ntarzanos, and A. Papazois, "Cost Modeling for SDN/NFV Based Mobile 5G Networks," in *Proceedings of 2016 8th International Congress on Ultra Modern Telecommunications and Control Systems and Workshops (ICUMT)*, Oct. 2016, pp. 56–61.
- [18] V. Nguyen and Y. Kim, "Proposal and Evaluation of SDN-Based Mobile Packet Core Networks," *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*, vol. 2015, no. 1, pp. 1–18, Jun. 2015.
- [19] M. Rayani, D. Naboulsi, R. H. Glitho, and H. Elbiaze, "Slicing Virtualized EPC-Based 5G Core Network for Content Delivery," *CoRR*, vol. abs/1805.06529, 2018.
- [20] "Signaling is Growing 50 % Faster than Data Traffic." [Online]. Available: <https://docplayer.net/6278117-Signaling-is-growing-50-faster-than-data-traffic.html>
- [21] Y.-h. Kim, H.-k. Lim, K.-h. Kim, and Y.-H. Han, "A SDN-Based Distributed Mobility Management in LTE/EPC Network," *The Journal of Supercomputing*, vol. 73, no. 7, pp. 2919–2933, Jul. 2017. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s11227-016-1724-9>
- [22] I. Farris, T. Taleb, M. Bagaa, and H. Flick, "Optimizing Service Replication for Mobile Delay-Sensitive Applications in 5G Edge Network," in *Proceedings of 2017 IEEE International Conference on Communications (ICC)*, May 2017, pp. 1–6.
- [23] 新熊 亮一, 岩井 孝法, 里田 浩三, "IoT Traffic Models for 5G Researches," *電子情報通信学会論文誌 B*, no. 5, pp. 310–319, 2018 年 5 月.
- [24] H. Chang, B. Qiu, C. Chiu, J. Chen, F. J. Lin, D. de la Bastida, and B. P. Lin, "Performance Evaluation of Open5GCore over KVM and Docker by Using Open5GMTC," in *Proceedings of NOMS 2018 - 2018 IEEE/IFIP Network Operations and Management Symposium*, Apr. 2018, pp. 1–6.
- [25] V. Q. Rodriguez and F. Guillemin, "Performance Analysis of VNFs for Sizing Cloud-RAN Infrastructures," in *Proceedings of 2017 IEEE Conference on Network Function Virtualization and Software Defined Networks (NFV-SDN)*, Nov. 2017, pp. 1–6.
- [26] A. S. Rajan, S. Gobriel, C. Maciocco, K. B. Ramia, S. Kapury, A. Singhy, J. Ermanz, V. Gopalakrishnan, and R. Janaz, "Understanding the Bottlenecks in Virtualizing Cellular Core Network Functions," in *Proceedings of The 21st IEEE International Workshop on Local and Metropolitan Area Networks*, Apr. 2015, pp. 1–6.
- [27] X. Jian, X. Zeng, Y. Jia, L. Zhang, and Y. He, "Beta/M/1 Model for Machine Type Communication," *IEEE Communications Letters*, vol. 17, no. 3, pp. 584–587, Mar. 2013.
- [28] P. Andres-Maldonado, P. Ameigeiras, J. Prados-Garzon, J. J. Ramos-Munoz, and J. M. Lopez-Soler, "Optimized LTE Data Transmission Procedures for IoT: Device Side Energy Consumption Analysis," in *Proceedings of 2017 IEEE International Conference on Communications Workshops (ICC Workshops)*, May 2017, pp. 540–545.
- [29] I. Alawe, A. Ksentini, Y. Hadjadj-Aoul, P. Bertin, and A. Kerbellec, "On Evaluating Different Trends for Virtualized and SDN-Ready Mobile Network," in *Proceedings of 2017 IEEE 6th International Conference on Cloud Networking (CloudNet)*, Sep. 2017, pp. 1–6.
- [30] G. C. Madueño, J. J. Nielsen, D. M. Kim, N. K. Pratas, . Stefanović, and P. Popovski, "Assessment of LTE Wireless Access for Monitoring of Energy Distribution in the Smart Grid," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 34, no. 3, pp. 675–688, Mar. 2016.
- [31] A. Sheoran, X. Bu, L. Cao, P. Sharma, and S. Fahmy, "An Empirical Case for Container-Driven Fine-Grained VNF Resource Flexing," in *Proceedings of 2016 IEEE Conference on Network Function Virtualization and Software Defined Networks (NFV-SDN)*, Nov. 2016, pp. 121–127.
- [32] M. Karimzadeh, L. Valtulina, H. v. d. Berg, A. Pras, M. Liebsch, and T. Taleb, "Software Defined Networking to Support IP Address Mobility in Future LTE Network," in *Proceedings of 2017 Wireless Days*, Mar. 2017, pp. 46–53.