

第3回ワークショップ°

野村アセットマネジメント

2021年7月7日

Expertise to
Exceed^{||}

STRICTLY PRIVATE AND CONFIDENTIAL

課題

- 評価観点における調査

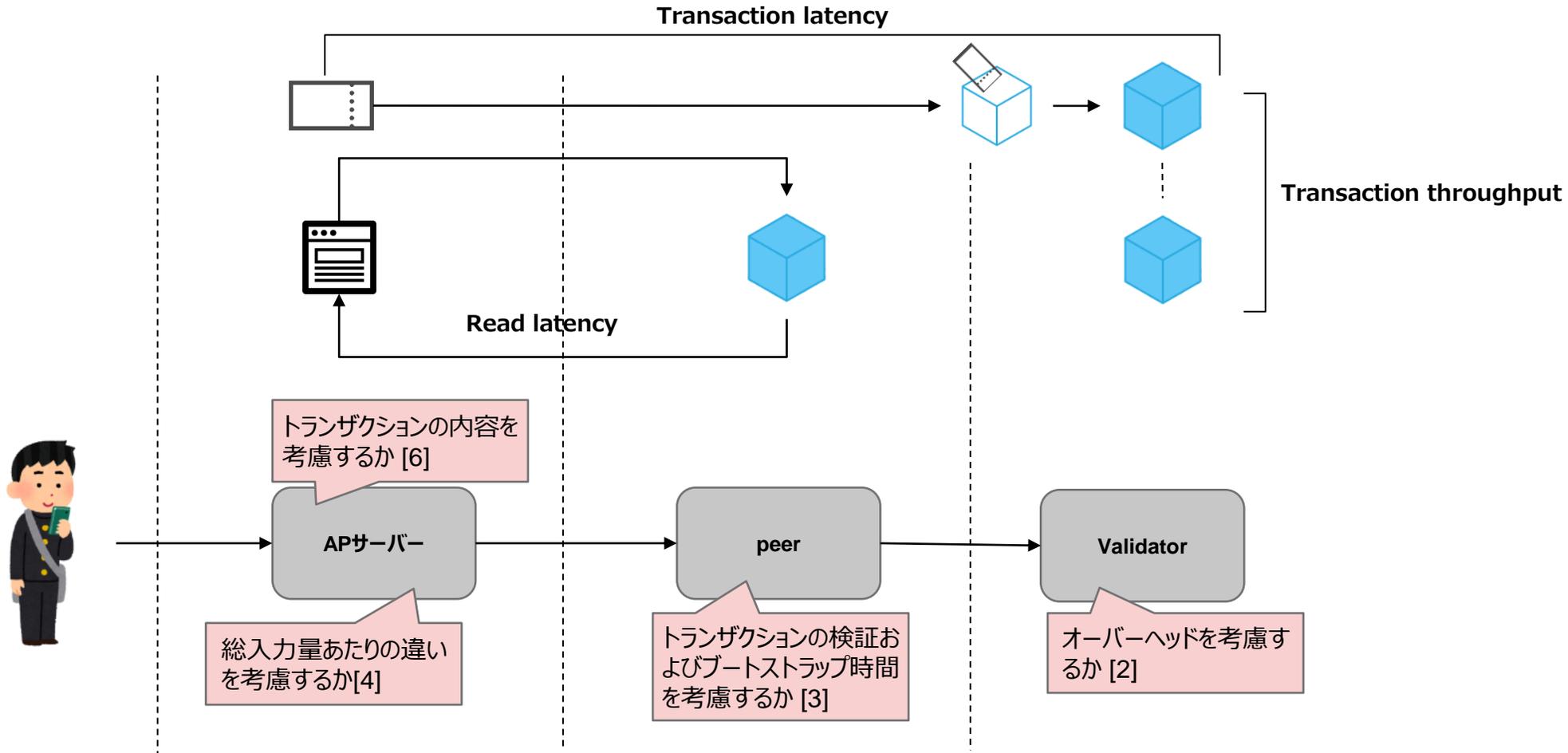
- 当該確認項目は

Read latency, Read throughput, Transaction latency, Transaction throughput

	H	I	J	K
	Read latency	Read throughput	Transaction latency	Transaction throughput
	Time when response	Total read operations / total	(Confirmation time @ network threshold)	Total committed transactions / total time in
	Nomura	Nomura	Nomura	Nomura
A1	N/A	N/A	N/A	15 tx/s
1	0.005 s	N/A	2.010 s	1.9 tx/s
2	0.025 s	N/A	7.874 s	5.3 tx/s
3	N/A	N/A	N/A	400 tx/s
6	Hitachi	Etherurem / geth	2 N/A	N/A
7	Hitachi Solutions	Hyperledger Besu	4 トの"register"ファ	Hyperledger Cariper
8	NTTDATA	Corda	-	JMeter
9	Accenture	Hyperledger Fabric	-	transfer
10	Accenture	Hyperledger Fabric	-	transfer
11	Accenture	Hyperledger Fabric	-	inquiry
12	SingulaNet	Etherurem / geth	Default 4 (6, 8)	KVStore
13	Comps	BURN / burn (original)	1 transfer	Loader.io
14	10			
15	11			
16	12			
17	13			
18	14			
19	15			
20	16			
21	17			
22	18			
23				
24				
25				

まとめ

- Read latency, Read throughput, Transaction latency, Transaction throughput の内、
Read throughput は不要と思われる
- 各Read latency, Transaction latency, Transaction throughput は粒度を



調査概要

[1] によれば、ブロックチェーンネットワーク構築方法に基づく Hyperledger Caliper を用いた性能評価を実施している。

スループットは、扱う操作に関する2つのサブカテゴリに分けることができる。

読み取りスループットは、定義された期間内に完了した読み取り操作の数をカウントするための具体的な指標であり、1秒あたりの読み取り数 (rps) で表される。読み取りスループットは、ブロックチェーンを測定する中心的なパフォーマンスとしては使用されない。これはほとんどのシステムは通常、ブロックチェーンに隣接して配置され、大幅な読み取りと問い合わせの効率化を実現しているためである。

トランザクションスループットは、定義された期間にブロックチェーンによって有効なトランザクションがコミットされる割合であり、tpsで表される。

トランザクションのスループットは、単一のノードでの測定ではなく、ネットワーク全体のすべてのノードの平均を測定する。

$$\text{Read Throughput} = \frac{\text{Total read operations}}{\text{total time in seconds}} \quad (1)$$

$$\text{Transaction Throughput} = \frac{\text{Total valid transactions}}{\text{total time in seconds}} \quad (2)$$

読み込みのレイテンシーは、読み込み要求を送信し、その応答を受信するまでの合計時間を測定する。

トランザクションのレイテンシーは、ネットワーク全体がトランザクションを検証するのにかかる時間を測定し、ブロードキャスト時間とコンセンサス・アルゴリズムが費やす割り当て時間をカバーする。ネットワーク閾値の定義は[2]に規定されており、ネットワークの一部がトランザクションをコミットするのにかかる時間の量を表す。PBFTのような非確率的なプロトコルを利用するために、ネットワーク閾値は100に設定される。

$$\text{Read Latency} = \text{Response received time} - \text{submission time} \quad (3)$$

$$\text{Transaction} = \text{Confirmation time} * \text{network threshold} - \text{submission time} \quad (4)$$

多くの場合ネットワークの閾値はなく

Confirmation time - submission time

調査概要

[2] によれば、空のトランザクションと書き込みありのトランザクションを利用することで、システムにおけるオーバーヘッドを考慮する計測を実施している。

$$T_{io} = T_{insert} + T_{overhead}$$

$$T_{ro} = T_{read} + T_{overhead}$$

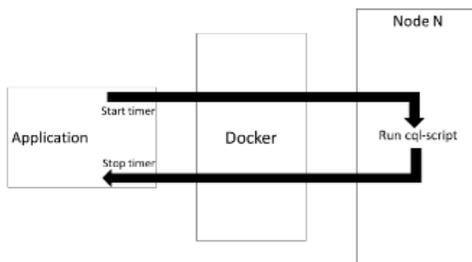


Figure 4.3: Schematic overview of experiment 2-5

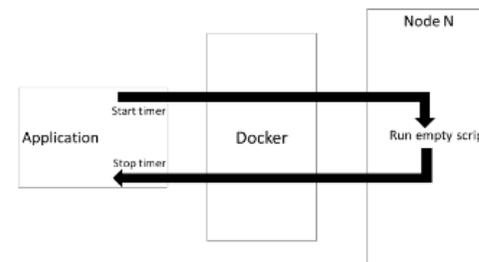


Figure 4.4: Schematic overview of experiment 1

[3] においては、トランザクションのレイテンシにおいて、コンセンサスが得られるまでにかかる時間とは別に、ブロックチェーンネットワークの検証プロセスに影響を与える要因として、「新しいノードが現在のシステムの状態を検証するために必要な履歴をダウンロードするのに必要とする時間」である「ブートストラップ時間」の考慮を指摘している。

[4] の研究やその他の性能測定においては、総入力トランザクションあたりのスループットおよびレイテンシを計測している。

調査概要

[5] においては、コントラクトの記載内容別にスループットおよびレイテンシの評価を実施している。

スマートコントラクトデプロイ後の処理内容

Write-only workload: 書き込みのみの処理負荷は、スマートコントラクトのキーバリューストア内でランダムに選択されたキーの値を更新するすべての書き込みトランザクションで構成される。

Null workload: Null 処理は、スマートコントラクト内の関数を呼び出し、単に応答するだけのトランザクションで構成される。Null 関数は、スマートコントラクト内の処理をスキップするため、書き込み処理のベースラインコストを示す。

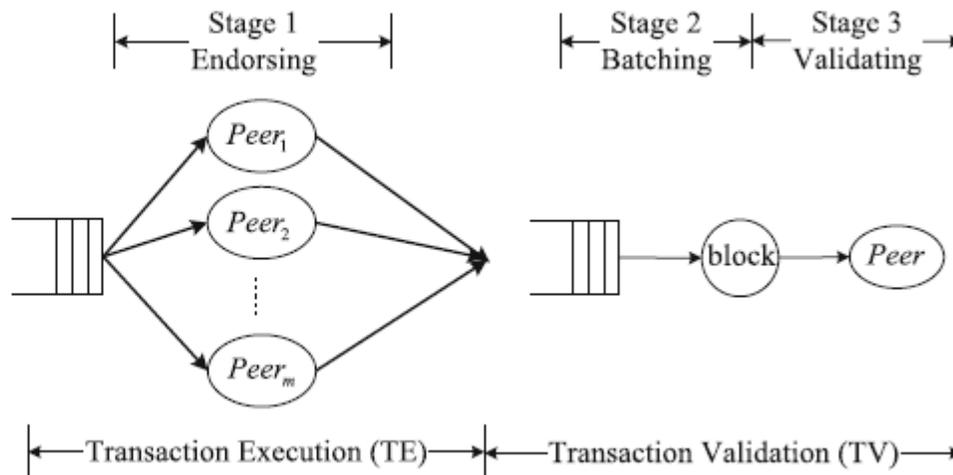
Read workload: 読み取り処理負荷は、スマートコントラクト内のキーバリューストアからランダムに選択されたキーの値を読み取る読み取りトランザクションで構成される。読み取り処理負荷は、すべてのクライアントが1つのピアにトランザクションを送信することで発生する。読み取りは、ピアがローカルデータストア内のルックアップを実行することでローカルに提供されるため、分類上記載で、除外可能

Mix workload: ミックスワークロードでは、読み取りと書き込みが合わさって実施される。

調査概要

[6] においては、トランザクションスループットを、待ち行列モデルを用いたパフォーマンス指標で示している。

Fig. 2 Hyperledger Fabric transaction flow



$$E[Th] = \lambda \cdot (1 - P_{TEb} - P_{TEd}) \cdot (1 - P_{TVb}) \quad (10)$$

λ はトランザクションの到着率

P_{TEb} : TEキューが飽和してトランザクションがブロックされる確率。

P_{TEd} : TEシステムで発生したタイムアウトにより、トランザクションがドロップされる確率。

P_{TVb} : トランザクションがTVシステムのキューが飽和してブロックされる確率

参考資料

[7] においては、様々な環境にて横断的なスループットおよびレイテンシを調査している

TABLE 4. Overview of different DLT performance (throughput and latency) under various evaluation environments.

DLT	Consensus	Throughput (TPS)	Latency (Secs)	Workload	Network (Size)	Node Configuration
HLF v0.6 [49]	PBFT	1273	38	YCSB	8 nodes	E5-1650 3.5GHz CPU, 32GB RAM, 2TB HD
	PBFT	1122	51	Smallbank	8 nodes	
Ethereum geth v1.4.18 [49]	PoW	284	92	YCSB	8 nodes	
	PoW	255	114	Smallbank	8 nodes	
Parity v1.6.0 [49]	PoA	45	3	YCSB	8 nodes	
	PoA	46	4	Smallbank	8 nodes	
Quorum 2.0 [63]	Raft	2,000+	1.5	write-only/null	3 nodes	8 vCPUs 4 cores 3.6 GHz, 16GB RAM
	IBFT	1,900	3.2	null	4 nodes	
	IBFT	1,800	3.5	write-only	4 nodes	
HL Sawtooth v1.1.2 [83]	Proof of Elapsed Time (PoET)	3	-	Smallbank	6 nodes	Dockers share VM on Intel
EOS v1.5.3 [83]	Delegated Proof of Stake (DPoS)	21	-	Smallbank	6 nodes	Xeon X7350 CPU 16 Cores,
Ethereum Geth v1.8.21 [83]	PoW	10	-	Smallbank	6 nodes	2.93GHz, 64GB RAM
HLF v1.0 [77]	BFT-SMaRt	1,700	-	Payment transaction	16 nodes	E5-2630 CPU
HLF v0.6 [77]	PBFT	2600	1.8	Invoking chaincode	16 nodes	8 cores 2.4GHz,
Ripple v0.60.0 [77]	XRP	1450	6	Payment transaction	16 nodes	64GB RAM
Tendermint v0.22.4 [84]	PBFT and Casper	6,000	0.15	Invoke Payment transaction	16 nodes	E5-2630 CPU
Tendermint v0.22.4 [84]	PBFT and Casper	5,600	0.05	Query Payment transaction	16 nodes	4 cores 2.4GHz,
R3 Corda v3.2 [84]	BFT-SMaRt	50	8	Query Payment transaction	4 nodes	12GB RAM
Geth v1.7.3 [80]	PoW	130	1,297	YCSB(N=10,000)	4 nodes	8GB RAM, 128GB SSD
Geth v1.7.3 [80]	-	235	569	YCSB(N=10,000)	4 nodes	
HLF v1.0 [80]	BFT-SMaRt	535	78	YCSB(N=10,000)	4 nodes	
HLF v1.0 [80]	-	1,033	40	YCSB(N=10,000)	4 nodes	
Geth [72]	PoW	-	0.199	Payment transaction	1 node	Core i7-6700
Parity [72]	PoW	-	0.105	Payment transaction	1 node	CPU, 24GB RAM
Geth 1.5.8 [78]	-	21	361	TransferMoney (N=10,000)	1 node	AWS EC2 Intel E5-1650 8 core CPU, 15GB RAM, 128GB SSD
HLF v0.6 [78]	-	160	4	TransferMoney (N=10,000)	1 node	

- [1] Hang, Lei, and Do-Hyeun Kim. "Optimal Blockchain Network Construction Methodology Based on Analysis of Configurable Components for Enhancing Hyperledger Fabric Performance." *Blockchain: Research and Applications* (2021): 100009.
- [2] Eyal, Ittay, et al. "Bitcoin-ng: A scalable blockchain protocol." *13th {USENIX} symposium on networked systems design and implementation ({NSDI} 16)*. 2016.
- [3] Bergman, Sara, Mikael Asplund, and Simin Nadjm - Tehrani. "Permissioned blockchains and distributed databases: A performance study." *Concurrency and Computation: Practice and Experience* 32.12 (2020): e5227.
- [4] Bamakan, Seyed Mojtaba Hosseini, Amirhossein Motavali, and Alireza Babaei Bondarti. "A survey of blockchain consensus algorithms performance evaluation criteria." *Expert Systems with Applications* 154 (2020): 113385.
- [5] Kuzlu, Murat, et al. "Performance analysis of a hyperledger fabric blockchain framework: throughput, latency and scalability." *2019 IEEE international conference on blockchain (Blockchain)*. IEEE, 2019.
- [5] Baliga, Arati, et al. "Performance evaluation of the quorum blockchain platform." *arXiv preprint arXiv:1809.03421* (2018).
- [6] Jiang, Lili, et al. "Performance analysis of Hyperledger Fabric platform: A hierarchical model approach." *Peer-to-Peer Networking and Applications* 13.3 (2020): 1014-1025.
- [7] Fan, Caixiang, et al. "Performance evaluation of blockchain systems: A systematic survey." *IEEE Access* 8 (2020): 126927-126950.

Lohachab, Ankur, et al. "Performance evaluation of Hyperledger Fabric-enabled framework for pervasive peer-to-peer energy trading in smart Cyber-Physical Systems." *Future Generation Computer Systems* 118 (2021): 392-416.

Xu, Xiaoqiong, et al. "Latency performance modeling and analysis for hyperledger fabric blockchain network." *Information Processing & Management* 58.1 (2021): 102436.

Kocsis, Imre, et al. "Towards performance modeling of hyperledger fabric." *International IBM Cloud Academy Conference (ICACON)*. 2017.

Nasir, Qassim, et al. "Performance analysis of hyperledger fabric platforms." *Security and Communication Networks* 2018 (2018).

Kuzlu, Murat, et al. "Performance analysis of a hyperledger fabric blockchain framework: throughput, latency and scalability." *2019 IEEE international conference on blockchain (Blockchain)*. IEEE, 2019.

Jiang, Lili, et al. "Performance analysis of Hyperledger Fabric platform: A hierarchical model approach." *Peer-to-Peer Networking and Applications* 13.3 (2020): 1014-1025.

Lohachab, Ankur, et al. "Performance evaluation of Hyperledger Fabric-enabled framework for pervasive peer-to-peer energy trading in smart Cyber-Physical Systems." *Future Generation Computer Systems* 118 (2021): 392-416.

Schäffer, Markus, Monika Di Angelo, and Gernot Salzer. "Performance and scalability of private Ethereum blockchains." *International Conference on Business Process Management*. Springer, Cham, 2019.

Pratama, Fariz Azmi, and Kusprasapta Mutijarsa. "Query support for data processing and analysis on ethereum blockchain." *2018 International Symposium on Electronics and Smart Devices (ISESD)*. IEEE, 2018.

Pedersen, Sebastian, Hein Meling, and Leander Jehl. "An Analysis of Quorum-based Abstractions: A Case Study using Gorums to Implement Raft." *Proceedings of the 2018 Workshop on Advanced Tools, Programming Languages, and PLatforms for Implementing and Evaluating Algorithms for Distributed systems*. 2018.

Wang, Canhui, and Xiaowen Chu. "Performance characterization and bottleneck analysis of hyperledger fabric." *2020 IEEE 40th International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS)*. IEEE, 2020.

Baliga, Arati, et al. "Performance evaluation of the quorum blockchain platform." *arXiv preprint arXiv:1809.03421* (2018).

Pedersen, Sebastian, Hein Meling, and Leander Jehl. "An Analysis of Quorum-based Abstractions: A Case Study using Gorums to Implement Raft." *Proceedings of the 2018 Workshop on Advanced Tools, Programming Languages, and PLatforms for Implementing and Evaluating Algorithms for Distributed systems*. 2018.

Kim, Seoung Kyun, et al. "Measuring ethereum network peers." *Proceedings of the Internet Measurement Conference 2018*. 2018.

Ismail, Leila, et al. "Towards a blockchain deployment at uae university: Performance evaluation and blockchain taxonomy." *Proceedings of the 2019 International Conference on Blockchain Technology*. 2019.

Nasir, Qassim, et al. "Performance analysis of hyperledger fabric platforms." *Security and Communication Networks 2018* (2018).

Toyoda, Kentaroh, et al. "Function-level bottleneck analysis of private proof-of-authority ethereum blockchain." *IEEE Access* 8 (2020): 141611-141621.

Kim, Sanghyeok, et al. "Gas consumption-aware dynamic load balancing in ethereum sharding environments." *2019 IEEE 4th International Workshops on Foundations and Applications of Self* Systems (FAS* W)*. IEEE, 2019.

Galal, Hisham S., Muhammad EISheikh, and Amr M. Youssef. "An efficient micropayment channel on ethereum." *Data Privacy Management, Cryptocurrencies and Blockchain Technology*. Springer, Cham, 2019. 211-218.

Bez, Mirko, Giacomo Fornari, and Tullio Vardanega. "The scalability challenge of ethereum: An initial quantitative analysis." *2019 IEEE International Conference on Service-Oriented System Engineering (SOSE)*. IEEE, 2019.

Novo, Oscar. "Scalable access management in IoT using blockchain: A performance evaluation." *IEEE Internet of Things Journal* 6.3 (2018): 4694-4701.

Zhang, Lin, et al. "Ethereum transaction performance evaluation using test-nets." *European Conference on Parallel Processing*. Springer, Cham, 2019.

Monrat, Ahmed Afif, Olov Schelén, and Karl Andersson. "Performance Evaluation of Permissioned Blockchain Platforms." *2020 IEEE Asia-Pacific Conference on Computer Science and Data Engineering (CSDE)*. IEEE, 2020.

Hao, Yue, et al. "Performance analysis of consensus algorithm in private blockchain." *2018 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)*. IEEE, 2018.

Raju, Pandian, et al. "mlsm: Making authenticated storage faster in ethereum." *10th {USENIX} Workshop on Hot Topics in Storage and File Systems (HotStorage 18)*. 2018.

Shalaby, Salma, et al. "Performance evaluation of hyperledger fabric." *2020 IEEE International Conference on Informatics, IoT, and Enabling Technologies (ICIoT)*. IEEE, 2020.