

論文の内容の要旨

A Design and Implementation of Optimum SNMP Cache for Large-Scale Network Monitoring
(大規模ネットワーク監視のためのSNMPキャッシュ最適化手法の設計と実装)

氏名 アブドル ハミド アマドカミル ビン

This dissertation envisions a new trend shall emerge on how the network is managed in the future. Since the users are becoming more dependent on the Internet for their personal and business purposes, interruption-free Internet connections are required. To achieve this, they would demand for an increase participation on the network management conducted by the ISP. As a first step, we propose that the users should be allowed to perform passive monitoring on network devices via Simple Network Management Protocol (SNMP) within the ISP domain. This privilege enables the users to provide crucial assistance to the ISP on the diagnostic analysis of network problems which may lead to expediting the recovery time. However, since current SNMP monitoring is only allowed within a closed domain, we apply a RESTful active proxy (known as Tambourine) as the basis of our work. The users can now enjoy SNMP monitoring by submitting HTTP requests to Tambourine which then performs the HTTP→SNMP translations to network devices residing in the ISP domain. The large number of users participates in this exercise leads to a large-scale network monitoring via HTTP/SNMP. Cache is an important element in Tambourine to avoid unnecessary repetitious SNMP requests to network devices.

The main challenge into designing and implementing cache in Tambourine lies in the objective itself. A large-scale network monitoring via HTTP/SNMP monitoring is considered as effective if we are able to minimize HTTP→SNMP translations through proper caching and allocation of *time-to-live* (TTL) of an SNMP Object Identifier (OID), and at the same time minimizes stale data that are returned to the users. This is actually contradicting to each other and therefore we need to find the optimum operational point. Additional challenges to our research originate from three main sources. First is the deficiency in the application of web/proxy cache in relation to SNMP. Unlike HTTP, SNMP is not a cache-aware protocol and thus existing rules could

not be applied in Tambourine. In addition, modifying SNMP to become a cache-aware protocol is next to impossible. Second, efficient caching in Tambourine is mainly depending on how we can identify the dynamic property of an SNMP OID, and this is difficult due to two reasons: (i) a same OID for different devices may behave exactly in the opposite manner, and (ii) a dynamic OID may change into static OID (and vice-versa) at any time. In other words, generalization of the dynamic property of an OID is possible but will not always be true. And third, unlike web access, there are two types of SNMP monitoring: (i) periodic polling using conventional NMS, and (ii) on-demand polling. In the case of periodic polling, different NMS requests for different groups of OIDs with different polling interval, which itself is a challenge to us.

Since the affect of large-scale monitoring on network devices via SNMP is not well understood, our profile analysis has discovered that network devices can be categorized based on their sensitivity to the increasing number of SNMP requests. We propose the term I-type and S-type network devices, which represents SNMP-Insensitive and SNMP-Sensitive devices respectively. This categorization has a significant impact: for an I-type network device, more SNMP requests can be sent without much affecting its CPU utilization. Hence, monitoring of I-type network devices can be conducted at finer granularity resulting in a more thorough network management. We further extend this categorization into a four-quadrant matrix that is analogous to transportation vehicles. This matrix can be used to describe the profiles in simpler and common terms.

We design the cache from two problem domains. First, we look into Tambourine as an isolated entity from network devices for the purpose of designing the key caching algorithm. We develop Manager-side aggregation where the users can effectively execute periodic polling through registering the required grouping of OIDs and specifying the polling interval in the URL. Furthermore, for on demand polling, we apply a four-state transition to categorize OIDs into dynamic and static, which will be then allocated with optimum TTL. And second, we apply a feedback control framework in Tambourine in order to minimize SNMP requests and staleness ratio. We argue that this application of a feedback control is non-trivial since the feedback control is affecting network devices that are externally located. Hence, how CPU of each device reacts to the controller would need to be inferred. We also introduce the Fixed-Increase Variable-Decrease TTL allocation scheme which inspired by the

Additive-Increase Multiplative-Decrease.

The design and implementation of our cache in Tambourine allows effective large-scale network monitoring via HTTP/SNMP: the ratios for HTTP→SNMP and stale data are kept low which we consider as the optimum operational point.

本論文では、将来のネットワーク管理方法に関して新しい方向性を示す。個人的およびビジネス上の目的のために、ユーザのインターネットへの依存度はますます高まっているので、インターネットサービスに中断が許されなくなる。このため、ISP が実施するネットワーク管理に、ユーザ自ら関与を希望するようになるだろう。そのための最初のステップとして、ユーザが ISP ドメイン内のネットワークデバイスに対して SNMP 監視を実行できるようにすべきであると提案する。この権限をユーザに与えることができれば、ネットワークの問題の診断・分析が効率化され、復旧時間の短縮につながる可能性がある。しかし、現在の SNMP 監視は、ある閉ざされたドメイン内でのみ許可されているので、この研究の基盤として RESTful アクティブプロキシ（タンバリンと呼ぶ）を利用する。ユーザがタンバリンに HTTP リクエストを送信し、タンバリンが HTTP を SNMP へ変換することにより、ISP ドメイン内に存在するネットワークデバイスの SNMP 監視をユーザが享受することが可能になる。キャッシュは、タンバリンにおいて重要な要素であり、ネットワークデバイスへ SNMP 要求が不要に繰り返されるのを防止してくれる。

タンバリンのキャッシュ設計および実装における主要な課題は、そのオブジェクト参照制御に存在する。適切なキャッシングと適切な SNMP Object Identifier (OID) の TTL 割当によって HTTP から SNMP への変換を最小限に抑えると同時に、ユーザに戻されるデータを可能な限り最新のものとするのが可能であれば、インターネット規模の SNMP 監視が可能になる。これは、実際にはお互い矛盾しているので、最適な運用ポイントを見つける必要がある。筆者らの研究における課題は、三つの主な原因から生じている。一つ目は、SNMP との関連した web/プロキシキャッシュ利用が不完全なことである。HTTP と違い、SNMP はキャッシュを意識したプロトコルではないために、既存のキャッシュルールをタンバリンに適用することはできない。その上、キャッシュを意識したプロトコルに SNMP を改修するのは不可能である。二つ目は、タンバリンの効率的なキャッシングは主に SNMP OID の動的プロパティをいかに識別できるかによるが、これは二つの理由により困難である。まず、異なるデバイスが保有する同じ OID は、まったく反対の意味の運用をする可能性がある。また、動的な OID は常に静的 OID に（逆もまた同様に）変化する可能性がある。言い換えれば、OID のプロパティを動的に決定することは可能だが、常に正しいとは限らない。三つ目は、web アクセスと異なり、二つのタイプの SNMP 監視が

存在することである。それは、一つは従来の Network Management System(NMS)を使用した定期的なポーリングで、もう一つはオンデマンドポーリングである。定期的なポーリングの場合、NMS が異なると、異なった OID のグループに対してポーリングし、かつポーリング間隔も異なる。このこと自体も研究課題である。

ネットワークデバイスに関する大規模な SNMP 監視の影響は十分に解明されていなかった。このため、プロファイル分析により、ネットワークデバイスを、SNMP 要求の増加に対する感度分析に基づいて分類できることを発見した。ネットワークデバイスを分類するために、I 型と S 型という用語を採用する。各用語は SNMP-Insensitive と SNMP-Sensitive を意味する。この分類は NW 管理に重大な影響を及ぼす。I 型のネットワークデバイスは、より多くの SNMP 要求を CPU 使用率に大きな影響を与えることなく受信することができる。したがって、I 型のネットワークデバイスの監視はより細かい精度で行うことができ、結果としてより徹底したネットワーク管理が実現できる。さらに、この分類を交通車両の分類に似た四象限のマトリックスに拡張する。このマトリックスにより、より単純で一般的な用語でプロファイルを記述することができる。

二つの問題領域からキャッシュを設計した。第一に、キャッシュアルゴリズムを設計するために、ネットワークデバイスとは独立してタンバリンを解析した。Manager-side aggregation を開発し、そこで、ユーザが必要な OID のグループ分けを登録し、その URL にポーリング間隔を指定することによって、効果的に定期的なポーリングを実行できるようにした。さらに、オンデマンドポーリングのためには、OID を動的および静的に分類するために、四つの状態変遷を適用した。その分類により、最適な TTL が割り当てられる。第二に、SNMP 要求およびデータが古くなる比率を最小限に抑えるために、タンバリンにフィードバック制御フレームワークを適用した。フィードバック制御は外部に位置するネットワークデバイスの負荷に影響があるので、フィードバック制御の適用の重要性を、我々は主張する。各デバイスの CPU がいかにフィードバック制御に反応するかを推測する必要がある。また、Additive-Increase Multiplative-Decrease に着想を得た Fixed-Increase Variable-Decrease TTL 割り当て方式を導入する。

筆者らが提案するキャッシュをタンバリンに設計・実装することにより、効果的なインターネット規模の SNMP 監視が可能になる。つまり、HTTP から SNMP への変換とデータの陳腐化の比率は、我々が最適な運用ポイントとして考えるレベルに保たれる。