

進捗報告資料

安達智哉

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

2019 年 5 月 29 日

1 メモリ負荷の算出

文献 [1] に示されているコネクション確立に伴うシグナリング図を図 1 に示す。UE が Idle 状態から Connected 状態へ遷移する際に各ノードのメモリが保持する情報について OAI のソースコード (OpenairinterfaceCN-develop) を元に調査を行っている。具体的には、各シグナリングを処理する際に各ノードがメモリに格納する情報をリストアップし、それらの情報量を足し合わせることでメモリ負荷を推定する。今回は、MME が関与している以下のシグナリングを処理する際に MME が保持する情報を調査した。

- S1-AP Initial UE msg
- S1-AP Initial Ctxt Setup Request
- S1-AP Initial Ctxt Setup Compl
- Modify Bearer Request
- Modify Bearer Response
- S1-AP UE Ctxt Release Req
- Release Access Bearers Req
- Release Access Bearers Resp
- S1-AP UE Ctxt Release Cmd
- S1-AP UE Ctxt Release Compl

图 1: Legacy connection setup

MME は各シグナリングを受信、送信する際に保持する情報を以下の表 1 に示す。

S1-AP Initial UE msg を受信した際は、約 2KB の分の構造体を生成しており、この構造体に UE のコンテキストやベアラ情報を格納している。S1-AP Initial Ctxt Setup Compl の受信と Modify Bearer Request の送信処理では、メモリに情報を追加する処理は行っていない。Modify Bearer Response を受信した際は、MME の持つ UE のステートに関する情報の更新を行っている。しかし、メモリに保持する情報量に変化はない。

S1-AP UE Ctxt Release Req を受信した際は、MME が保持している UE のステートを Connected から Idle へ変更する処理や次のシグナリングである Release Access Bearers Req の準備等を行っているが、メモリに保持する情報の追加や削除は行われていない。Release Access Bearers Req の送信の処理ではメモリ操作はない。Release Access Bearers Resp を受信してから S1-AP UE Ctxt Release Cmd を送信するまでの処理で、MME の管理するベアラ情報の更新を行う。S1-AP UE Ctxt Release Compl を受信した際に UE のコンテキストを削除している。

表 1: シグナリングメッセージを処理する際に MME が保持する情報

| シグナリング | 情報名 | 情報量 (bit) |
|--------------------------------|------------------|-----------|
| S1-AP Initial UE msg | ue_description_s | 408 |
| | ue_context_s | 17470 |
| S1-AP Initial Ctxt Setup Compl | - | 0 |
| Modify Bearer Request | - | 0 |
| Modify Bearer Response | - | 0 |
| S1-AP UE Ctxt Release Req | - | 0 |
| Release Access Bearers Req | - | 0 |
| Release Access Bearers Resp | - | 0 |
| S1-AP UE Ctxt Release Compl | ue_context_s | -17470 |

S1-AP Initial UE msg を処理する際に MME は、ue_description_s という名前の構造体を保持することが表 1 より分かる。この構造体の中身を以下の表 2 に示す。

表 2: ue_description_s のメンバ

| メンバ | 情報量 (bit) |
|--------------------------------------|-----------|
| enb_description_s | 32 |
| s1_ue_state_s | 160 |
| enb_ue_s1ap_id_t | 24 |
| mme_ue_s1ap_id_t | 32 |
| sctp_stream_id_t (s ctp_stream_recv) | 16 |
| sctp_stream_id_t (s ctp_stream_send) | 16 |
| s11_sgw_teid | 32 |
| outcome_response_timer_id | 32 |
| s1ap_ue_context_rel_timer | 64 |
| 合計 | 408 |

表 3: ue_context_s のメンバ

| メンバ | 情報量 (bit) |
|---|-----------|
| imsi | 64 |
| imsi_auth | 1 |
| enb_s1ap_id_key_t | 64 |
| enb_ue_s1ap_id_t | 24 |
| mme_ue_s1ap_id_t | 32 |
| sctp_assoc_id_t | 32 |
| ue_context_rel_cause | 224 |
| subscription_known | 1 |
| msisdn[MSISDN_LENGTH+1] | 128 |
| msisdn_length | 8 |
| mm_state | 64 |
| ecm_state | 64 |
| is_guti_set | 8 |
| guti | 80 |
| me_identity | 240 |
| e_utran_cgi | 56 |
| cell_age | 64 |
| access_mode | 128 |
| apn_profile | 356 |
| access_restriction_data | 32 |
| sub_status | 96 |
| subscribed_ambr | 128 |
| used_ambr | 128 |
| rau_tau_timer | 32 |
| *ue_radio_capabilities | 8 |
| ue_radio_cap_length | 32 |
| mme_s11_teid | 32 |
| sgw_s11_teid | 32 |
| paa | 328 |
| pending_pdn_connectivity_req_imsi[16] | 128 |
| pending_pdn_connectivity_req_imsi_length | 8 |
| pending_pdn_connectivity_req_apn | 72 |
| pending_pdn_connectivity_req_pdn_addr | 72 |
| pending_pdn_connectivity_req_pti | 32 |
| pending_pdn_connectivity_req_ue_id | 32 |
| pending_pdn_connectivity_req_qos | 160 |
| pending_pdn_connectivity_req_pco | 784 |
| pending_pdn_connectivity_req_request_type | 32 |
| default_bearer_id | 8 |
| eps_bearers[BEARERS_PER_UE] | 13464 |
| mobile_reachability_timer | 64 |
| implicit_detach_timer | 64 |
| initial_context_setup_rsp_timer | 64 |
| 合計 | 17470 |

2 eNodeB が追加された時のメモリ負荷

新規の eNodeB が接続した際には、`enb_description_s` という構造体が生成され、この情報を MME が保持する。この構造体の中身を表 4 に示す。この構造体のサイズは 225 bytes であることが分かった。

表 4: `enb_description_s` のメンバ

| メンバ | 情報量 (bit) |
|---------------------------------|-----------|
| <code>sl_state</code> | 128 |
| <code>enb_name[150]</code> | 1200 |
| <code>enb_id</code> | 32 |
| <code>default_paging_drx</code> | 8 |
| <code>nb_ue_associated</code> | 32 |
| <code>ue_coll</code> | 320 |
| <code>sctp_assoc_id</code> | 32 |
| <code>next_sctp_stream</code> | 16 |
| <code>instreams</code> | 16 |
| <code>outstreams</code> | 16 |
| 合計 | 1800 |

3 考察・今後の課題

今回の調査結果から、UE が Idle 状態と Connected 状態それぞれの状態にあるときに MME のメモリに与える負荷が明らかになった。今回の結果では、UE 1 台が Idle 状態である時は、約 408 bit のメモリ負荷が発生していると考えられる。また Connected 状態である時は、約 17,470 bit のメモリ負荷が発生していると考えられる。

また、eNodeB が新しく追加された時は、約 1,800bit のメモリ負荷が発生することも分かった。

ここで以前調査した、上野さんの実験データに基づく MME のメモリ負荷を図 2 に示す。この図では、UE 及び eNodeB を増加させつつ UE のアタッチ処理を完了した際にどれほどのメモリ負荷が MME に発生するかを示している。図の結果では、UE 1 台のアタッチ処理のために約 750 KB のメモリ負荷が発生している。

図 2 の結果と今回の調査結果は直接比較することは、2 桁ほどずれている点は留意すべきである。上野さんに確認したところ、図 2 の結果は MME を起動しているシステム全体のメモリ消費を見ているということであるため、OAI 以外のレイヤーの通信プロトコルの処理負荷も含まれていることが分かった。図 2 の結果と今回の調査結果の間で大きなずれがある理由は、他の通信プロトコルの負荷の影響である可能性が高い。

- NB-IoT 関連の論文を調査する。
- 上野さんの実験で発生したパケットを解析する。
- Connected Inactive 状態において“状態遷移を伴わないデータ送信”が可能なデータ量を調査する。

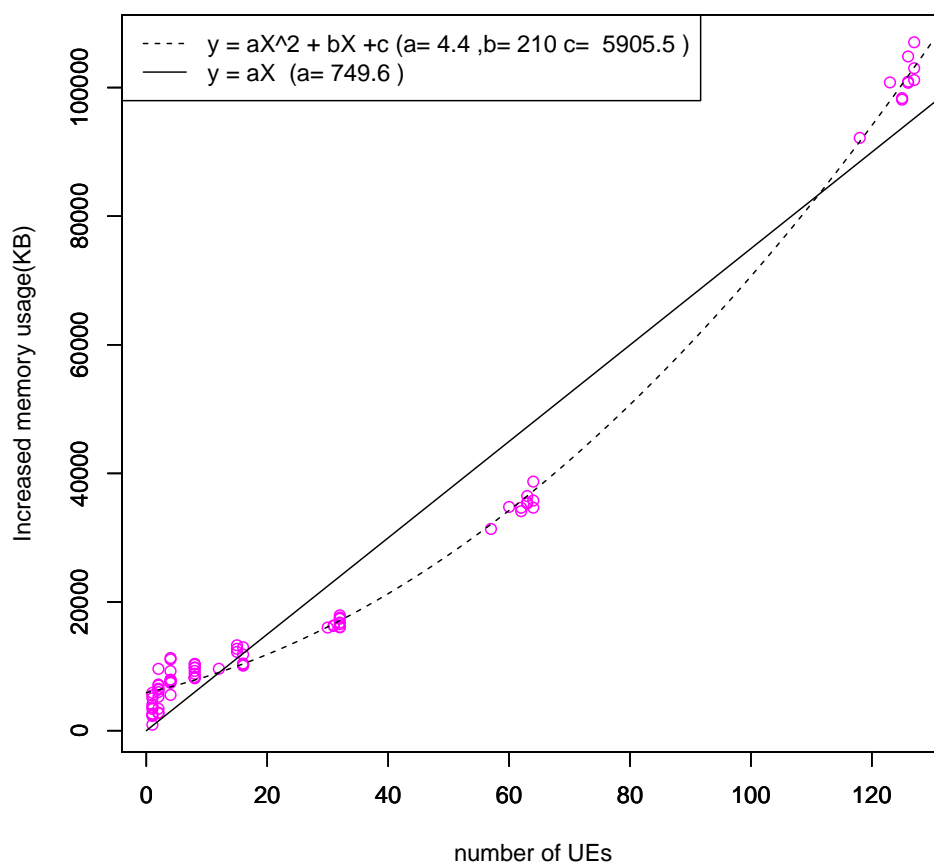


図 2: UE、eNodeB の増加とアタッチ処理の完了によって増加したメモリ負荷 (MME)

参考文献

- [1] 3GPP, “Study on architecture enhancements for Cellular Internet of Things (CIoT),” 3rd Generation Partnership Project (3GPP), Technical Report (TR) 23.720, Mar. 2016, version 13.0.0. [Online]. Available: <https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=2894>