

Mini-MAP オブジェクトディクショナリの性能評価

3T-5

楠 和浩 中川路 哲男 水野 忠則

三菱電機(株) 情報電子研究所

1. はじめに

工場内の各種自動化機器の相互接続を、マシナリ環境で実現するための工場自動化用LAN(Local Area Network)の標準通信規約であるMAP(Manufacturing Automation Protocol)はOSI(Open Systems Interconnection)標準のサブセットとして、その標準化が進んでいる^[1]。MAPの応用層サービスの1つにネットワーク管理があり、その中でディレクトリサービスを規定している。

一方、MAPでは応答性を高めるために、第3層(ネットワーク層)から、第6層(アプリケーション層)を除いたMini-MAPを規定している。

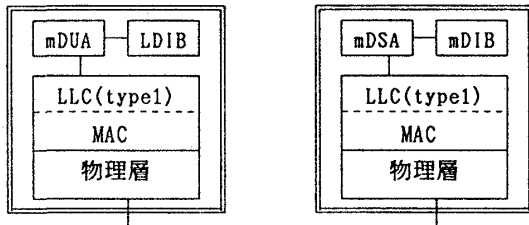
Mini-MAPの応用層サービスとして、ディレクトリに対応したMAP独自のオブジェクトディクショナリを用意している。

本稿では、Mini-MAPオブジェクトディクショナリをモデル化し、平均処理時間を与える式を平衡点解析の手法を用いて導出する。

2. Mini-MAPオブジェクトディクショナリの概要

Mini-MAPオブジェクトディクショナリは、Mini-MAPにおけるディレクトリサービスである。ディレクトリサービスは、ネットワークの各資源を物理的な位置に関係なく、名前で認識し、名前から各資源の物理的な情報を求める機能を持つ。Mini-MAPオブジェクトディクショナリでは、特に、名前から物理アドレスを求める機能を規定している。

Mini-MAPオブジェクトディクショナリの構成を図1に示す。



mDUA:Mini-MAP Dictionary User Agent
 mDSA:Mini-MAP Dictionary Service Agent
 mDIB:Mini-MAP Dictionary Information Base
 LDIB:Local Dictionary Information Base

図1 Mini-MAPオブジェクトディクショナリの構成

mDIBは、ソケット名とアドレスの対応を管理するデータベースであり、mDSAによって管理されている。各ノードにはmDUAがあり、さらにmDIBの部分的なコピーであるLDIBが存在する。ユーザーリクエストは、mDUAを介してmDIBまたはLDIBから、アドレスを得ることができる。

3. モデル化

Mini-MAPオブジェクトディクショナリを次の3つの部分に分割して性能解析を行う。

- (1) 第7層での処理にかかる処理時間(T1)
- (2) LLCでの処理にかかる平均処理時間(T2)
- (3) MAC以下の平均転送時間(T3)

さらに、T1については、次の3つに分類することができる。

- (1) mDUAからmDSAに処理を要求する場合にかかる処理時間(T11)
- (2) mDUAからの要求をmDSAで処理するための時間(T12)
- (3) mDSAからの結果をmDUAにおいて解析するのにかかる処理時間(T13)

これらの値を求めることにより、Mini-MAPオブジェクトディクショナリの平均処理時間は、

$$T = T_{11} + T_{12} + T_{13} + 2 * T_2 + 2 * T_3$$

で、求めることができる。

Mini-MAPオブジェクトディクショナリは、LLCのタイプ1機能を使用する。LLCタイプ1は、ネットワーク通信であり、かつ応答確認機能がない。したがって、固定値を与えればよい。

また、第7層での処理にかかる時間(T1)は、ネットワークの構成(接続ノード数など)と独立であり、1つのノード内で閉じて考えることができる。したがって、T2と同様に固定値を与える。

4. MAC副層のモデル化

MAPでは、MAC副層としてトークンバス方式を採用しているここでは、トークンバス方式を、平衡点解析の手法を用いて解析する。

4.1 トークンバスのモデル化のための仮定

トークンバスを解析するために、次のような仮定を行う。

解析するシステム、ノード数をM台、ノードがトークンの送出に要する時間をL_tとする。パケットは固定長で、ノードが送出に要する時間をT_aとする。

各ノードに接続した端末から発生するパケットは、ノード内の端末バッファと呼ぶバッファに蓄えられ、トークンを保持した時に順次送信される。この端末バッファは有限長であり、その有限長をTとする。さらに、時間をT_a/M毎の時間単位(ステップ)に分割し、次の仮定を行う。

- (仮定1) トークンおよびパケットの伝搬遅延は無視する。
- (仮定2) 各端末はステップ当り確立σでパケットを1つ発生し端末バッファに蓄える。パケットの発生は、ステップの最後の時点で起きるものとする。
- (仮定3) 端末バッファに蓄えられるパケットの宛先は、自ノード以外の全ノードに対して一様である。
- (仮定4) パケット長は、トークンの整数倍である。つまり、H = T_a / L_t を満たす整数Hが存在する。
- (仮定5) トークン保持時間はトークンを送出するのに必要な時間の整数倍(Nとする)である。

4.2 モデル化

トークンバスを平衡点解析の手法により解析するためにM台のノードがとりうる状態(モード)間の遷移関係を表現した離散時間のマルコフモデルを作成する。

各ノードがとるモードは、トークンの受信を待つか、トークンを転送中であるモード(Wモード)と、トークンを持ちパケットを送信

中であるモード (Sモード) の2つに分類することができる。

Wモードにあるノードの状態は、端末ノード内に v 個 ($v=0, 1, \dots, T$) のパケットがあることを示す v パラメータ、論理的にリンクを形成するトククの転送順において、転送順とは逆に x ノード ($x=0, 1, \dots, M-1$) さかのぼったノードが、現在トククをもっていることを示す x パラメータにより決定される。

Sモードにあるノードの状態は、Sモードになった時に送信パケットを含めて端末ノード内に u 個のパケットがあったことを示す u パラメータ、現在端末ノード内に y 個のパケットがあることを示す y パラメータ、パケットの送信を完了するまでに z トクク時間かかることを示す z パラメータにより決定される。

図2に示したモデルを平衡点解析の手法により解析し、次の平衡点方程式が得られる。

$$\sum_{v=0}^T w_{v,x} = 1 \quad (x=1, 2, \dots, M-1) \quad (1)$$

$$\sum_{v=0}^T w_{v,0} + \sum_{i=1}^T \sum_{j=1}^T \sum_{k=0}^H s_{i,j,k} = 1 \quad (2)$$

$$(1-M\lambda)w_{0,0} + \sum_{i=1}^N s_{i,1,0} = (1-A(n)) + (M-1)A(n)\lambda w_{0,M-1} \quad (3)$$

$$(M-1)A(n)\lambda w_{v-1,M-1} + s_{v+1,1,0} = (1-A(n)) + (M-1)A(n)\lambda w_{v,M-1} \quad (v=1, \dots, T-N) \quad (4)$$

$$(M-1)A(n)\lambda w_{v-1,M-1} = (1-A(n)) + (M-1)A(n)\lambda w_{v,M-1} \quad (v=T-N+1, \dots, T-1) \quad (5)$$

$$(M-1)A(n)\lambda w_{T-1,M-1} = W(1-A(n))w_{T,M-1} \quad (6)$$

$$(1-A(n))w_{v,j+1} = (1-A(n))w_{v,j} \quad (v=0, 1, \dots, T) \quad (j=1, 2, \dots, M-2) \quad (7)$$

$$(1-A(n))w_{v,1} = w_{v,0} \quad (v=0, 1, \dots, T) \quad (8)$$

$$M\lambda w_{0,0} + (1-M\lambda) \{1-i(H+1)\} w_{1,0} = s_{1,1,H} \quad (9)$$

$$\{1-(1-M\lambda) \{1-i(H+1)\} \} w_{i-1,0} + (1-M\lambda) \{1-i(H+1)\} w_{i,0} = s_{i,i,H} \quad (i=2, 3, \dots, N-1) \quad (10)$$

$$\{1-(1-M\lambda) \{1-i(H+1)\} \} w_{N-1,0} + (1-M\lambda) \{1-N(H+1)\} w_{N,0} = s_{N,N,H} \quad (11)$$

$$\{1-(1-M\lambda) \{1-N(H+1)\} \} w_{i-1,0} + (1-M\lambda) \{1-N(H+1)\} w_{i,0} = s_{i,i,H} \quad (i=N+1, \dots, T-1) \quad (12)$$

$$\{1-(1-M\lambda) \{1-N(H+1)\} \} w_{T-1,0} + w_{T,0} = s_{T,T,H} \quad (13)$$

$$s_{i,j,k+1} = s_{i,j,k} \quad (i=1, 2, \dots, N-1) \quad (j=i, i-1, \dots, 1) \quad (k=H-1, \dots, 0) \quad (14)$$

$$s_{i,j,k+1} = s_{i,j,k} \quad (i=N, N+1, \dots, T) \quad (j=i, i-1, \dots, i-(N-1)) \quad (k=0, 1, \dots, H-1) \quad (15)$$

$$A(n) = 1 - (1-M\lambda)w_{0,0} + \sum_{i=1}^{N-1} s_{i,1,0} + \sum_{i=N}^T s_{i,i-N+1,0} \quad (16)$$

ここで、 n はモードの状態ベクトルである。 $A(n)$ は、トククをもつノードが遷移時にトククを持ち続けるときは1をとり、それ以外は0をとる。

以上の平衡点方程式より平衡点における状態ベクトルの値を求めることができる。

平衡点における状態ベクトルの値を用いて、 $T3$ は、以下の式から求められる。

$$T3 = (T31+H) L_t$$

ここで、

$$T31 = N1/Q1 - H + M/2$$

$$N1 = \sum_{i=1}^T \sum_{x=0}^{M-1} i * w_{i,x} + \sum_{u=1}^T \sum_{y=1}^T \sum_{z=0}^H y * s_{u,y,z}$$

$$Q1 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^i s_{i,j,H} + \sum_{i=N+1}^T \sum_{j=T-N+1}^i s_{i,j,H}$$

である。

5. おわりに

Mini-MAPプロトコルデモシミュレーションを3つの部分に分け、MAC層の解析に平衡点解析の手法を使用して、平均処理時間を与える式を導出した。

今後は、実測値との比較を行い、モデルの検証を行う予定である。

6. 謝辞

当研究にあたり、貴重な御助言を頂いた名古屋工業大学田坂修二助教授に深く感謝します。

7. 参考文献

[1] General Motors Corporation: MANUFACTURING AUTOMATION PROTOCOL SPECIFICATION Version 3.0.C-13 (1987)

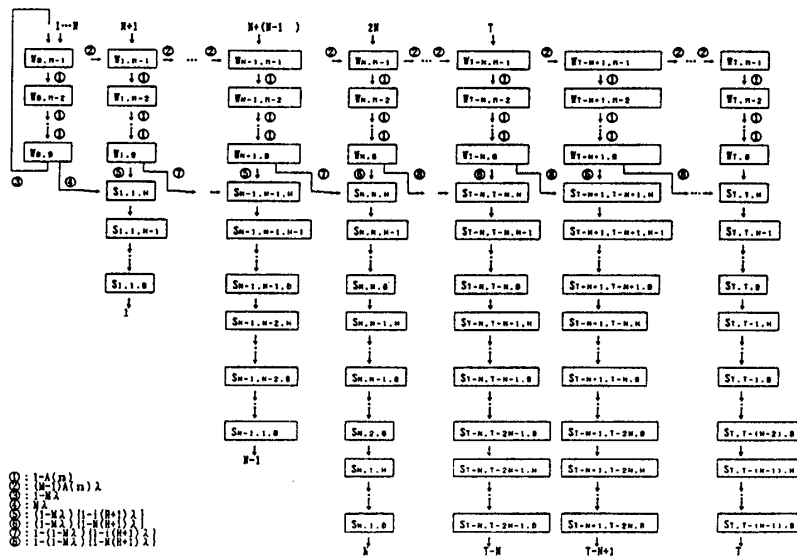


図2 トククハスの離散時間マルコフモデル