

待ち行列網シミュレータSSQとその成果について

阪大 エ・通信 真田 英彦

1. 待ち行列網シミュレータSSQの開発経過

SSQは、System Simulator for Queueing Networkの略で、待ち行列網専用開発された連続時間・離散事象型シミュレータである。開発経過と主たる利用は、次の通りである。

昭和47年： シミュレータSSQ初版を作成。閉塞現象、等数網のシミュレーションに利用。

昭和50年： SSQオ2版を作成。パケット交換網、優先権利用、経路選択等のシミュレーションに利用。

昭和52年： SSQオ3版の作成。バーチャルコールとデータグラムと比較、HDLCプロトコルの重負荷時特性、ウィンドウ・フロー制御等のシミュレーション。

昭和56年: SSQのマイコンへの移植。ウィンドウ・フロー制御効果の観測。

2. SSQの特長と構成

待ち行列網のシミュレーションの必要性にせまわれ、最初に用いた言語はGPSISであった。ところがGPSISを実際に使ってみると、実行時間が相当に長く、計算機使用料が到底耐えられないほど高くつくことがわかった。シミュレーションは一般にカットアンドトライが多く、コンピュータ使用料の重荷は致命的である。この理由がSSQ開発の最大動機である。開発に当たっての目標は、なにより実行時間の短縮であり、ついでメモリの節約と柔軟性であった。

SSQの特長と構成をまとめると次の通りである。

- i) 待ち行列網専用シミュレータであり、連続時間・離散事象型である。
- ii) FORTRANで記述されており、対象により異なるが約2000ステップである。
- iii) 効率の良さ。対象や統計の取り方によって大きく変わるが、数ノードのシミュレーションで実際に比較した結果では、GPSISの約10分の1の実行時間であった。実行時間短縮の原因は、汎用性を犠牲にし、贅肉を落したことにある。
- iv) 多数のサブルーチンによる柔軟な構成がとれる。次に

示す各種サブルーチンをメインルーチンで制御する形になっている。

〔基本サブルーチン〕 7つあり、時刻制御のためのタイミングチェーンのメンテナンス、待ち行列のメンテナンス、事象選択等を行う。

〔事象サブルーチン〕 9つあり、事象（システム内で起る状態の変化）を記述したもので、メッセージ発生、伝送開始、伝送終了、経路選択表の更新などを行う。

〔統計サブルーチン〕 7つあり、各種統計量（平均、分散、最大、最小等）の集積、ヒストグラム情報の集積のためのサブルーチンである。

〔入出力サブルーチン〕 1つあり、各種データ読み込み、初期設定、および出力を行う。ネットワークのトポロジー等も接続行列により読み込まれる。

〔その他〕 パケット化、経路選択、ウィンドウ制御、バッファ制御等のサブルーチン。

V) 各種テーブルの COMMON 使用。トランザクションテーブル、コントロール・テーブル、網接続関係・状態テーブル等を COMMON で使用している。

3. SSQによる成果

SSQによって得られた成果は、主として電子通信学

会論文誌、^{(1),(2),(3)}同交換研究会資料等に発表されているので、こゝでは省略する。数解研々究集会では、経路選択とウィンドウ制御について紹介した。

4. SSQ のマイコンへの移植

シミュレータの動きを目で観測することを目的として、マイコンに SSQ を BASIC に変換して移植した。研究集会で実演紹介したところ、シミュレータがマイコンであっさり実現されていることに驚きの感想があり、またプログラムの提供希望があったので、以下にそのプログラムリストと、表示画面の一例を示す。マイコンに移植されたシミュレータでは、動きを目で観測するには適しているが、速度が遅いため、統計量を統計的に意味をもつまで集積するには時間がかかりすぎ適当ではない。今後マイコンの高速化、並列使用等を待たねばならないと考えられる。

文 献

(1) 小松, 大内, 中西, 真田, 手塚: “メッセージ交換網における最適経路配分定理と適応経路選択方式への応用”

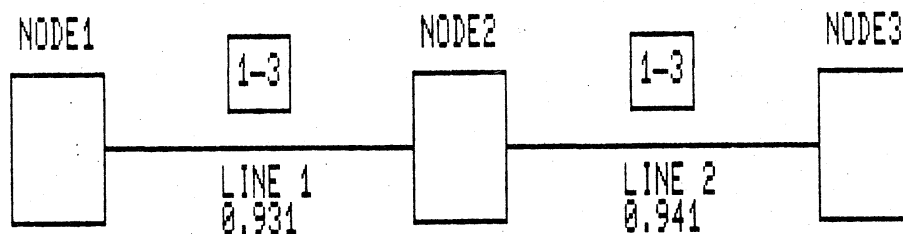
信学論(B), 60-B, No.12, pp 932-939

(2) 井上, 中西, 真田, 手塚: “HDLC手順を用いたデータリンクのスループット特性の解析” 信学論(D), Vol.

65-D, No. 2

(3) 秋吉, 中西, 真田, 手塚: “ウィンドウ・フロー制御
を用いたパケット交換網の伝送遅延特性” 信学論(B),
65-B, No. 3

***** SYSTEM SIMULATOR for QUEUEING - WINDOW FLOW CONTROL *****



TIME : 33.1655 LINE QUEUE (1) : 8 INPUT QUEUE (1-2) : 0
 LINE QUEUE (2) : 6 INPUT QUEUE (1-3) : 6
 INPUT QUEUE (2-3) : 4

LINE
QUEUE
1 [1-3] [1-3] [1-2] [1-2] [1-3] [1-2] [1-2] [1-3]

LINE
QUEUE
2 [2-3] [1-3] [2-3] [2-3] [1-3] [2-3]

WINDOW SIZE : (1-2): 4 (1-3): 8 (2-3): 4

図1. マイクロスによるSSQの表示画面例

```

10 GOSUB 400
20 REM *** main routine ***
30 NT=IP:IP=IT(NT,0):TM=RT(NT,1):M=IT(NT,3):LOCATE11,9:PRINTUSING"###.###":TM;
32 N$=INKEY$:IFN$=""THEN40ELSEIFN$="W"THENGOSUB350ELSEIFN$="F"THENGOSUB360ELSEIF
N$="I"THENGOSUB370ELSEIFN$="R"THENGOSUB760
40 ON M GOSUB110,60,280:GOTO30
50 REM *** line arrive ***
60 IS=IT(NT,1):ID=IT(NT,2):MX=IT(NT,4):LX=IT(NT,5):IT(NT,5)=LX+1:NX=LX+1
70 IFIS=NX THENGOSUB140:RETURN ELSE RO(LX)=AP(LX)*.04/TM:LOCATE26*LX-1,7:PRINTUS
ING"#.###":RO(LX):FORI=1TO3:LOCATELX*26-1,I+1:PRINTSPC(5):NEXT:IT(NT,3)=2:LS(L
X)=0:GOSUB140:RETURN
80 REM *** event1 ***
90 NT=NF:NF=IT(NT,0):IT(NT,1)=IS:IT(NT,2)=ID:IT(NT,3)=1:IT(NT,4)=IS+ID-2:IT(NT,5
)=IS-1:RT(NT,0)=TM:RT(NT,1)=TM-LOG(RND(1))/TR:GOSUB300:RETURN
100 REM *** event6 ***
110 IS=IT(NT,1):ID=IT(NT,2):MX=IT(NT,4):LX=IT(NT,5):NX=LX+1:IT(NT,5)=NX:LT=NT:GO
SUB90:NT=LT:IF (NQ(MX)=0) AND (NW(MX)<MW(MX)) THEN NW(MX)=NW(MX)+1:GOSUB140:RETU
RNELSEKK=LQ(MX):LQ(MX)=NT:IT(NT,0)=9999:IFNQ(MX)=0THENIQ(MX)=NT ELSEIT(KK,0)=NT
120 NQ(MX)=NQ(MX)+1:IT(NT,5)=LX:LOCATE66,MX+8:PRINTUSING"###":NQ(MX):RETURN
130 REM *** arrive ***
140 BEEP0:COLORCL(MX):NN=NX*26-14:LOCATENN,4:PRINTA$:LOCATENN,5:PRINTUSINGB$:IT
(NT,1),IT(NT,2):LOCATENN,6:PRINTC$:COLOR7:FORI=1TO3:LOCATENN,I+3:PRINTSPC(5):
NEXT
150 BEEP0:IF ID=NX THEN IT(NT,3)=3:RT(NT,1)=TM:IT(NT,0)=IP:IP=NT:GOTO170 ELSE IF
(LS(NX)=0) AND (NG(NX)=0) THEN GOSUB260:GOTO170
160 IF NG(NX)=0 THEN IG(NX)=NT:LG(NX)=NT:IT(NT,0)=9999:NG(NX)=NG(NX)+1:GOSUB210
ELSE IT(LG(NX),0)=NT:LG(NX)=NT:IT(NT,0)=9999:NG(NX)=NG(NX)+1:GOSUB210
170 IF(LX<IS)OR(NG(LX)=0)THEN-RETURN
180 NT=IG(LX):IF NG(LX)=1 THEN IG(LX)=0:LG(LX)=0 ELSE IG(LX)=IT(NT,0)
190 RT(NT,1)=TM:NG(LX)=NG(LX)-1:NX=IT(NT,5):GOSUB210:GOSUB260:RETURN
200 REM *** line queue ***
210 IJ=NG(NX):LOCATE40,NX+8:PRINTUSING"###":NG(NX);
220 IFIJ<>0THENNY=IG(NX):IFIJ>=12THENIJ=12
230 FOR I=1 TO IJ+1:II=5*I+7:JJ=5*NX+8:IFI>IJ THEN FORJ=1TO3:LOCATE II,JJ+J:PRIN
TSPC(5):NEXTJ:NEXTI:RETURN ELSE IFI>12THEN NEXTI:RETURN
240 COLOR CL(IT(NY,4)):LOCATEII,JJ+1:PRINTA$:LOCATEII,JJ+2:PRINTUSINGB$:IT(NY,1
),IT(NY,2):LOCATEII,JJ+3:PRINTC$:COLOR7:NY=IT(NY,0):NEXTI:RETURN
250 REM *** line send ***
260 COLOR CL(IT(NT,4)):NN=NX*26-1:LOCATENN,2:PRINTA$:LOCATENN,3:PRINTUSINGB$:IT
(NT,1),IT(NT,2):LOCATENN,4:PRINTC$:COLOR7:LS(NX)=1:IT(NT,3)=2:RT(NT,1)=TM+.04#
:AP(NX)=AP(NX)+1:GOSUB300:RETURN
270 REM *** event10 ***
280 MX=IT(NT,4):FORI=0TO5:IT(NT,I)=0:NEXTI:FORJ=0TO2:RT(NT,J)=0:NEXTJ:IT(NT,0)=N
F:NF=NT:IF (NQ(MX)=0) OR (NW(MX)>MW(MX)) THENNW(MX)=NW(MX)-1:RETURNELSEIFNQ(MX)=
1 THEN NT=IQ(MX):IQ(MX)=0:LQ(MX)=0 ELSE NT=IQ(MX):IQ(MX)=IT(NT,0):RT(NT,1)=TM
290 NQ(MX)=NQ(MX)-1:LOCATE66,MX+8:PRINTUSING "###":NQ(MX):IS=IT(NT,1):ID=IT(NT,
2):LX=IT(NT,5):IT(NT,5)=LX+1:NX=LX+1:MX=IT(NT,4):GOSUB140:RETURN
300 REM *** sched1 ***
310 IFIP=9999THENIP=NT:IT(NT,0)=9999:RETURNELSEIFRT(NT,1)<RT(IP,1)THENIT(NT,0)=I
P:IP=NT:RETURNELSEIZ=IP
320 IFIT(IZ,0)=9999THENIT(IZ,0)=NT:IT(NT,0)=9999:RETURNELSEIY=IZ:IZ=IT(IY,0)
330 IF RT(NT,1)>=RT(IZ,1)-THEN-GOTO320 ELSEIT(IY,0)=NT:IT(NT,0)=IZ:RETURN
340 REM
350 FORI=1TO3:MW(I)=M1(I):LOCATE14*I+16,23:PRINTUSING"###":MW(I):NEXTI:RETURN
360 FORI=1TO3:MW(I)=M2(I):LOCATE14*I+16,23:PRINTUSING"###":MW(I):NEXTI:RETURN
370 LOCATE31,23:INPUTMW(1):LOCATE45,23:INPUTMW(2):LOCATE59,23:INPUTMW(3)
380 LOCATE10,23:PRINT"WINDOW SIZE : (1-2): (1-3): (2-3):";
390 FORI=1TO3:LOCATE14*I+16,23:PRINTUSING"###":MW(I):NEXTI:RETURN

```

図2. SSQ(BASIC版)プログラムリスト

```

400 REM *** initialize ***
410 WIDTH80,25:CONSOLE0,25,0,0:COLOR7:DEFINT I-N:DEFSNG A-H,0-Z
420 GOSUB430:GOTO610
430 COLOR4:CLS:LINE(0,0)-(639,199),PSET,7,B:LINE(6,3)-(633,196),PSET,7,B
440 SYMBOL(80,16),"SYSTEM SIMULATOR for QUEUEING",2,3,2
450 SYMBOL(32,48),"SSQ-80 ... VISUAL VERSION (for FM-8)",2,2,5
460 SYMBOL(16,80)," This display shows a packet-switching",2,1,4
470 SYMBOL(16,96),"network under end-to-end window flow",2,1,4
480 SYMBOL(16,112),"control.",2,1,4
490 SYMBOL(304,136),"PROGRAMMED by K.SATO",2,1,3
500 SYMBOL(48,160),"PLEASE WAIT A MOMENT",2,1,6
510 SYMBOL(320,172),"NOW PREPAIRING",2,1,6:RETURN
610 DIM LS(3),IQ(3),LQ(3),NQ(3),IG(3),LG(3),NG(3),NW(3),MW(3),RO(3),AP(3),M1(3),
M2(3),IT(100,5),RT(100,2),CL(3)
620 REM *** initial data ***
630 FORI=0TO100:FORJ=0TO5:IT(I,J)=0:NEXTJ:FORJ=0TO2:RT(I,J)=0:NEXTJ:NEXTI
640 FORI=0TO3:IQ(I)=0:LQ(I)=0:NQ(I)=0:IG(I)=0:LG(I)=0:NG(I)=0:NW(I)=0:LS(I)=0:RO
(I)=0:AP(I)=0:NEXTI:FORI=0TO100:IT(I,0)=I+1:NEXTI
650 RANDOMIZE TIME
720 IP=9999:NF=0:TM=0:TR=12:AT=.02:A$="  " : B$=" |#-#| " : C$="  "
725 CL(1)=6:CL(2)=2:CL(3)=5
730 IS=1:ID=2:GOSUB90:ID=3:GOSUB90:IS=2:GOSUB90
740 M1(1)=4:M1(2)=8:M1(3)=4:FORI=1TO3:MW(I)=1000:M2(I)=1000:NEXTI
750 GOSUB760:RETURN
760 REM *** display ***
770 WIDTH80,25:CLS:COLOR4:LOCATE5,0
780 PRINT"***** SYSTEM SIMULATOR for QUEUEING - WINDOW FLOW CONTROL *****";
790 LOCATE0,2
800 PRINTSPC(11);" NODE1"                NODE2                NODE3 "
810 PRINTSPC(11);" [ ]"                [ ]"                [ ]"
820 PRINTSPC(11);" |"                |"                |"
830 PRINTSPC(11);" |-----|"        |-----|"        |-----|"
840 PRINTSPC(11);" |                |"        |                |"        |"
850 PRINTSPC(11);" [ ]                [ ]"        [ ]                [ ]"
860 FORI=1TO2:LOCATE26*I-1,7:PRINTUSING"#.###";RO(I);:NEXTI
870 LOCATE4,9:PRINTUSING"TIME : #####";TM;
880 FORI=1TO2:LOCATE23,8+I:PRINTUSING"LINE QUEUE (#) : ###";I;NG(I);:NEXT
890 FORI=1TO3:LOCATE46,8+I:PRINTUSING"INPUT QUEUE (#-#) : ###";I+(I>1);I-(I<3);N
Q(I);:NEXTI
900 LOCATE4,14:PRINT"LINE";:LOCATE4,15:PRINT"QUEUE";:LOCATE6,16:PRINT"1";
910 LOCATE4,19:PRINT"LINE";:LOCATE4,20:PRINT"QUEUE";:LOCATE6,21:PRINT"2";
920 LOCATE10,23:PRINT"WINDOW SIZE : (1-2): (1-3): (2-3):";
930 FORI=1TO3:LOCATE14*I+16,23:PRINTUSING"#####";MW(I);:NEXTI:COLOR7:RETURN

```

図2. プログラムリスト(続き)