SMPL

M.H. MacDougall, *Simulating Computer Systems Techniques and Tools*, The MIT Press, 1987

SMPL

- É uma extensão funcional de uma linguagem de programação de propósito geral (no caso, C).
- Estas extensões tomam a forma de um conjunto de funções de biblioteca: o subsistema de simulação **smpl**.
- Este subsistema, juntamente com a linguagem hospedeira, compõem uma linguagem de simulação orientada a eventos.

SMPL

- Um modelo de simulação é implementado como um programa da linguagem hospedeira: as operações de simulação são executadas através de chamadas das funções do subsistema de simulação.
- Adequado para modelos de simulação pequenos ou médios.

A visão dos sistemas da smpl

- **Entidades:**
  - Recursos,
  - fichas e
  - eventos.

Recursos (*facilities*)

- Um sistema é composto por uma coleção interconectada de recursos.
- Os recursos podem ser, por exemplo, uma CPU, um barramento ou chave de proteção num sistema operacional.
- Funções relacionadas a recursos: definição, reserva, liberação, preempção e status.
- A interconexão entre recursos não é explícita, é determinada pelo roteamento feito pelo modelo das fichas entre os recursos.

Fichas (*tokens*)

- Representam as entidades ativas do sistema; o comportamento dinâmico do sistema é modelado pelo movimento das fichas entre um conjunto de recursos.
- Uma ficha pode representar, por exemplo:
  - uma tarefa
  - um pacote
  - um acesso à memória
  - um cliente

Fichas

- Uma ficha pode reservar recursos e pode programar atividades com diversas durações. Se ela tentar reservar um recurso que já se encontra ocupado, ficará enfileirada até que o recurso fique disponível para ela.
- O que a ficha representa depende do modelador; para o **smpl**, ela é apenas um inteiro. O único atributo conhecido pelo subsistema é a sua prioridade.

Eventos

- Mudança de estado em qualquer entidade do sistema.
- Contém funções para programar a ocorrência de eventos e selecionar (causar) a sua execução.
- Do ponto de vista do subsistema de simulação, um evento é identificado pelo seu número, o instante de tempo em que deve ocorrer e possivelmente a identidade da ficha envolvida com o evento.

Funções do *smpl*

- Inicialização do modelo:

```
smpl(m,s);
   int m; char *s;
reset();
```

Na implementação disponível, `m` deve ser sempre `0`.

`s` é um ponteiro para o nome do modelo.

Funções do *smpl*

- Criação de um recurso:

```
f=facility(s,n);
   char *s; int n;
```

f é um descritor do recurso utilizado em outras operações.

n é o número de servidores do recurso.

Funções do *smpl*

- Pedido de reserva de um recurso:

```
r=request(f,tkn,pri);
   int f,tkn,pri;
```

  - Quanto maior o valor de `pri`, maior a prioridade.
  - Se houver um servidor livre, esta função retorna o valor `0`.
  - Cada recurso possui uma fila ordenada de acordo com as prioridades e ordem de chegada. às vezes, as prioridades são utilizadas para implementar políticas diferentes para a fila.
  - Se uma dada ficha for enfileirada, quando entrar em atendimento, será repetida a rotina que estava sendo executada até este pedido.

Funções do *smpl*

- Pedido de reserva de um recurso com preempção:

```
r=preempt(f,tkn,pri);
   int f,tkn,pri;
```

  - O atendimento de um usuário com menor prioridade pode ser interrompido pelo pedido de reserva de um usuário com maior prioridade.
  - O usuário interrompido entra na fila com uma indicação do tempo restante de atendimento necessário.

Funções do *smpl*

- Liberação do servidor de um recurso:

```
release(f,tkn);
   int f,tkn;
```

Funções do *smpl*

- Funções de obtenção de status e medidas de desempenho:

  `n=inq(f)`

  - retorna o número de fichas que se encontram na fila de um recurso (sem incluir as que se encontram em serviço).

  `r=status(f)`

  - retorna 1 se o recurso estiver ocupado e 0 se pelo menos um servidor estiver livre.

Funções do *smpl*

- Funções de obtenção de status e medidas de desempenho (cont.):

```
u=real U(f)
b=real B(f)
l=real Lq(f)
   int f;
```

  - retornam, respectivamente, a utilização média, o período médio ocupado e o comprimento médio da fila.

Funções do *smpl*

- Programação de eventos:

```
schedule(ev,te,tkn);
    int ev,tkn; real te;
```

  - `te` é o intervalo de tempo a partir do instante atual, para o qual deve ser programado o evento.
- Recuperação do próximo evento da lista:

```
cause(ev,tkn);
    int *ev,*tkn;
```

  - O tempo de simulação é avançado automaticamente para o instante de ocorrência do evento recuperado.

Funções do *smpl*

- Cancelamento de eventos:

```
tkn=cancel(ev);
   int tkn;
```

  - Esta função retorna o valor da ficha associada ao evento cancelado. Se o evento não for encontrado, ela retorna `-1`. Se houver múltiplas ocorrências do mesmo evento, apenas o próximo será cancelado.

- Tempo atual de simulação:

```
t=real time();
```

  - A unidade de tempo é estabelecida implicitamente pelos valores utilizados na simulação.

Funções do *smpl*

- Geração de valores aleatórios

```
r=real ranf();
```

  - Retorna um valor pseudo-aleatório distribuído uniformemente entre 0 e 1.
  - É a única função da **smpl** que é dependente da máquina.

- Seleção de seqüências aleatórias:

```
i=stream(n)
   int n;
```

  - A **smpl** fornece 15 seqüências aleatórias, que na implementação do livro corresponde a uma distância de 100.000 amostras.

Funções do *smpl*

- Geração de valores aleatórios

```
r=real expntl(x);
r=real erlang(x,s);
r=real hyperx(x,s);
r=real normal(x,s);
   real x,s;
```

- Distribuições uniformes:

```
r=real uniform(a,b);
   real a,b;
k=random(i,j);
   int i,j;
```

Recomendações para a smpl

- Não utilize valores numéricos no código, use os recursos de macros em C.
- Todas as definições de recursos devem ser feitas antes de qualquer outra operação com recursos ou operações com eventos; caso contrário, ocorrerá um erro.
- Separe o evento de chegada do pedido de servidor, dado que a rotina correspondente ao pedido do servidor será reexecutada após a liberação do servidor.

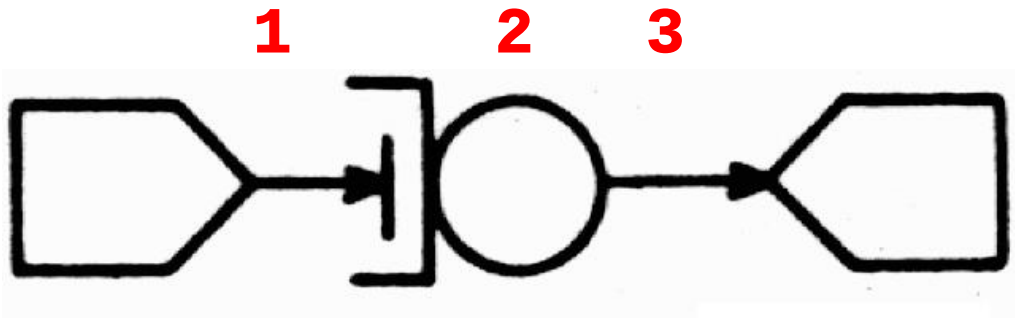
Recomendações para a smpl

- O programa de simulação não deve transferir o controle diretamente entre rotinas de tratamento de eventos, mesmo se os eventos devem ser executados no mesmo instante de tempo. O controle deve sempre ser transferido através de chamadas de `schedule()`.
- Fichas que utilizam recursos que podem ser “preemptados" devem possuir apenas um evento agendado por vez para elas.

Recomendações para a smpl

- O relatório deve não só apresentar os resultados, mas também os parâmetros de entrada.
- Deve-se ter cuidado especial com a modelagem de estruturas de dados: freqüentemente ocorrem erros na alocação e liberação dinâmica de atributos das fichas e, em particular, no gerenciamento de índices e ponteiros.

Simulação de uma fila M/M/1



Eventos:

- 1: Chegada de cliente
- 2: *Request* servidor
- 3: *Release* servidor

Simulação de uma fila M/M/1

- Evento 1 deve chamar evento 2 e gerar novo evento 1
- Evento 2 deve chamar evento 3 (se servidor livre)
- Evento 3 é o último, não gera novos eventos
- As estatísticas de interesse devem ser atualizadas nos eventos adequados

mm1.pdf

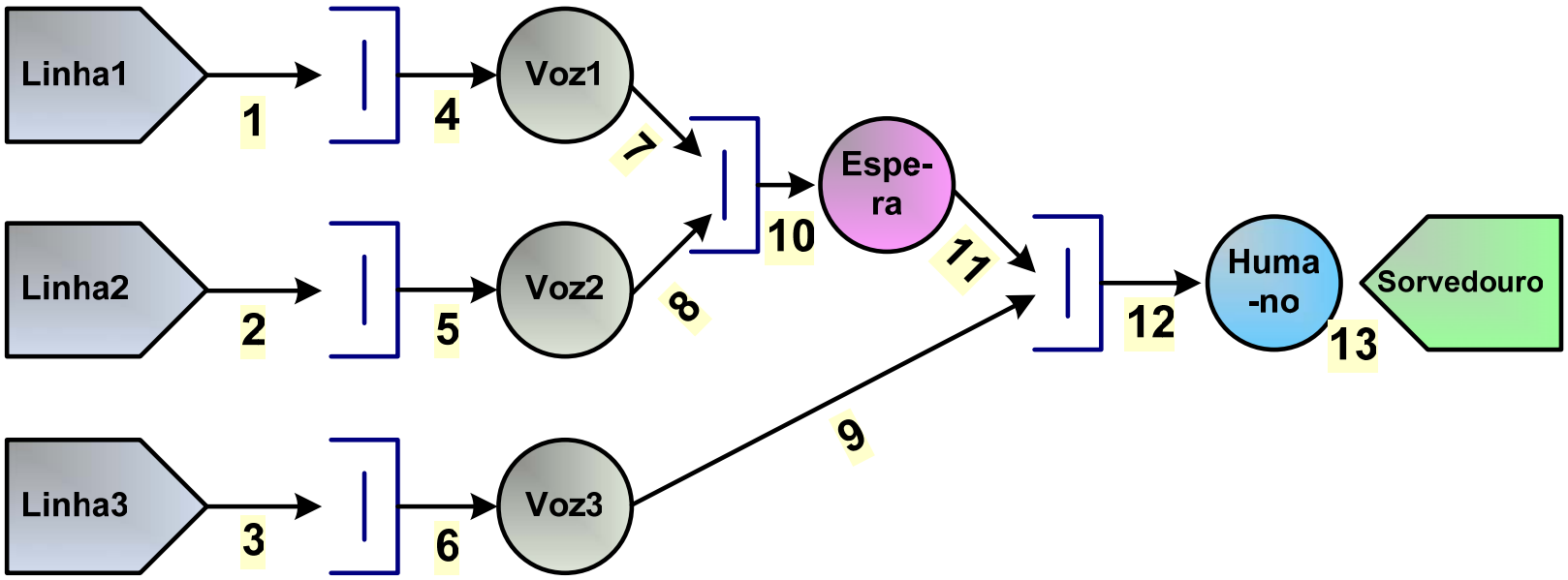
```
/*  Simulação de uma fila M/M/1

    2004 by Marcos Portnoi
 */

 #include <stdio.h>
 #include "smpl.h"
 #include <stdlib.h>
 /*#include "bmeans.c"
 #include "rand.c"
 #include "smpl.c"
 */

 void main()
 {
    real Ta=0.4,Ts=0.1,te=200000.0;
    int customer=1,event,server;
    int n_tot_cheg=0, tam_max_fila=0, num_job_serv=0, n_jobs_gerados=0,
maxjobs=600000.0;
    float tx_cheg;
```

```
smpl(0,"M/M/1 Queue");
    server=facility("server",1);
    schedule(1,0.0,customer);
    while (stime()<te && n_jobs_gerados < maxjobs)
      {
       cause(&event,&customer);
       switch(event)
         {
          case 1:  /* arrival */
            schedule(2,0.0,customer);
            n_tot_cheg++; //incrementa acumulador de jobs que chegaram para a fila de destino
            n_jobs_gerados++;  //incrementa acumulador de jobs gerados
            schedule(1,expntl(Ta),customer);
            break;
          case 2:  /* request server */
            if (request(server,customer,0)==0)
               schedule(3,expntl(Ts),customer);
            else
            {
              if (inq(server) > tam_max_fila) tam_max_fila = inq(server); //atualiza tamanho máximo
de fila
            }
            break;
```

```
case 3:  /* release server */
            num_job_serv++; //incrementa acumulador de jobs servidos
            release(server,customer);
            break;
         }
      }
   report();

   printf("Fila M/M/1");
   printf("\n\n\nTempo Simulado:        %.2f\nNum. Clientes Gerados:  %d", stime(),
n_jobs_gerados);
   printf("\n\n *** FONTES ***\n\n");
   printf("\nFONTE - NUM.CLIENTE.GER. - TAXA DE GERACAO");
   printf("\n         [clientes]       [uts/cliente]");
   printf("\n-----------------------------------------------------");
   printf("\n    1 %13d       %8.4f", n_jobs_gerados, Ta);


   printf("\n\n\n *** SERVIDORES ***\n\n");
   printf("\nSERV. - UTILIZ. - CLI.SERV. - TX SERVICO - TEMPO SERVICO");
   printf("\n                [clientes] [cliente/uts]  [uts/cliente]");
   printf("\n-----------------------------------------------------");
   printf("\n   1 %11.4f %10d %12.4f   %8.4f", U(server), num_job_serv,
num_job_serv/(stime()*U(server)), Ts);
```

```
printf("\n\n\n *** FILAS ***\n\n");
    printf("\nFILA - TX.CHG. - TAM.MED.FIL - TEM.MED.FIL - TAM.MAX");
    printf("\n     [cli/uts]    [clientes]     [uts]      [clientes]");
    printf("\n-------------------------------------------------------");
    tx_cheg=n_tot_cheg/stime();
    printf("\n   1 %10.4f %10.4f %10.4f %10d", tx_cheg, Lq(server), Lq(server)/tx_cheg,
tam_max_fila);


    printf("\n\nTaxa de Chegada:  %f\n", tx_cheg);
    printf("Tamanho medio de fila:  %f\n", Lq(server));
    printf("Tempo medio em fila:  %f\n", Lq(server)/tx_cheg);
    printf("Tamanho Maximo de Fila:  %d\n", tam_max_fila);
    printf("Utilizacao do servidor:  %f\n", U(server));
    printf("Taxa de Servico:  %f\n", num_job_serv/(stime()*U(server)));
 }
```

Outro Exemplo: *call center*



call center.pdf

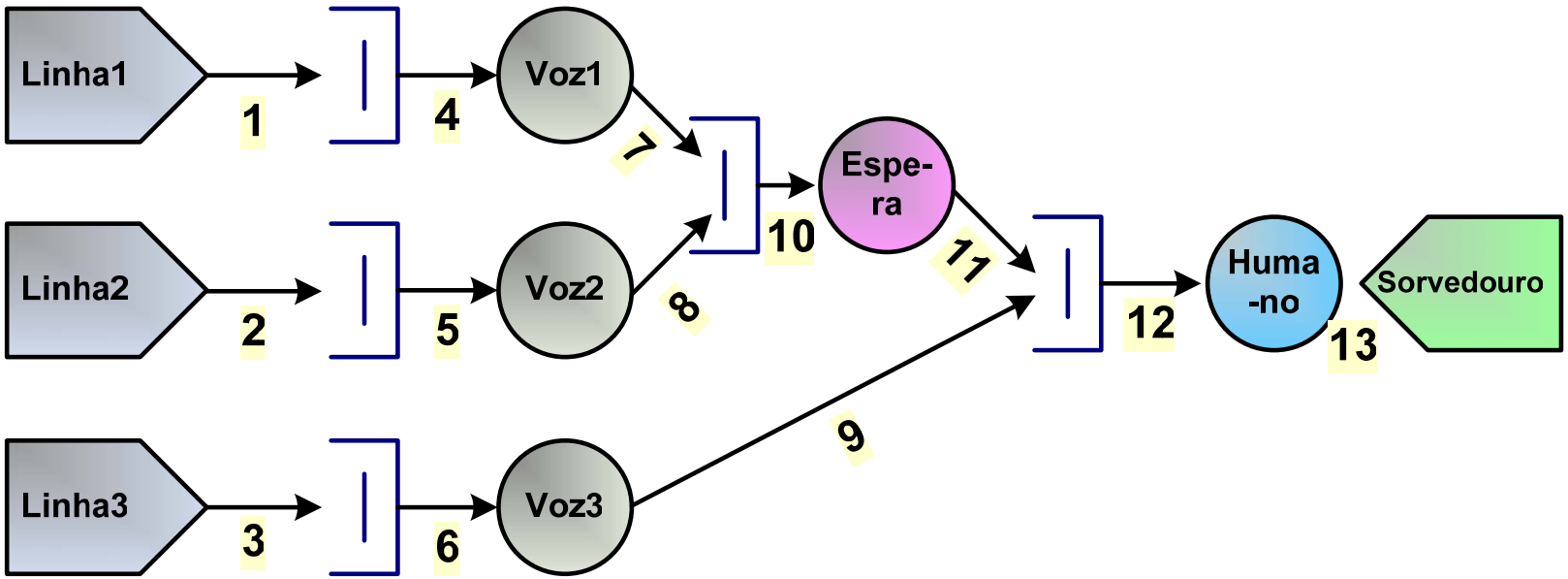
Depuração de Programas de Simulação

- Colocar o SMPL para rodar.
- Sugestão: testar antes o funcionamento de um dos exemplos fornecidos (mm1q2.c ou csqm.c).
- Problemas comuns de compilação:
  - Uso de nomes reservados de rotinas:
    - random() → irandom();
    - time() → stime()
- Problemas comuns de execução:
  - Erro: “Empty Element Pool”
    - Arquivo smpl.c: `#define nl 256 /* element pool length */`
    - Verifique se seu modelo está em *equilíbrio*
  - Ponteiros!

Depuração de Programas de Simulação

- Problemas com o modelo
  - Encadeamento incorreto dos eventos
  - Verifique se todos os eventos estão encadeados corretamente
  - O tratamento de um evento deve gerar outro evento, de forma que o *token* caminhe pelo sistema

Encadeamento de Eventos



Depuração de Programas de Simulação

- Na primeira compilação com sucesso do programa, tente executá-lo.
- Faça com que o programa de simulação execute apenas uma ficha, ligue o depurador, e acompanhe a execução desta ficha. Reveja os dados do trace e verifique se o programa executou corretamente.

Depuração de Programas de Simulação

- Modifique o programa para que execute duas fichas seqüencialmente (de modo que a execução da segunda ficha só inicie após o término da execução da primeira) e acompanhe a execução delas. O objetivo é o de detectar problemas deixados pela primeira ficha, tais como recursos que não foram liberados, elementos de dados que não foram desalocados, etc. A impressão de valores de ponteiros e de índices podem ajudar a identificar estes problemas.

Depuração de Programas de Simulação

- Revise mais uma vez o programa para que execute duas fichas concorrentemente, acompanhe a execução das fichas, e observe problemas na interação das duas fichas. Pode ser necessário iniciar ao mesmo tempo a execução das duas fichas para garantir a ocorrência de enfileiramento, preempção e outros conflitos de recursos.

Depuração de Programas de Simulação

- Continue neste processo de execução controlada se o modelo for complexo. Por exemplo, o programa pode ser modificado para dirigir as fichas para caminhos específicos de execução, ou para examinar condições limites tais como o bloqueio de nós de redes de comunicação.

Depuração de Programas de Simulação

- Quando a execução seletiva não produzir mais erros, tente a execução completa de um número modesto de fichas. Observe o trace para verificar se as filas crescem porque os recursos não estão sendo liberados. Se for identificado um erro, faça com que o trace seja ligado antes da ocorrência do erro.

Depuração de Programas de Simulação

- Os erros encontrados neste estágio são freqüentemente causados por problemas de “fim de jogo": condições atingidas pela primeira vez na execução do programa, tais como a alocação do último elemento numa lista de elementos livres.

Depuração de Programas de Simulação

- Quando o modelo executar até o final sem erros, verifique o relatório de simulação. Observe as utilizações, comprimentos das filas e distribuição dos pedidos entre os recursos para ver se os valores fazem sentido intuitivamente e se eles são consistentes no sentido de uma análise operacional. Se os resultados estiverem operacionalmente corretos mas forem contra-intuitivos, descubra o porquê : pode haver um erro no cálculo do tempo de serviço ou uma situação de atraso imprevisto (mesmo se válida).