Universidade de Brasília
Engenharia de Software
Professor: Fernando William Cruz
Aluno: Luan Guimarães Lacerda
Matrícula: 12/0125773

Implementação da comunicação entre processos independentes usando os mecanismos de filas de mensagens, sockets e memória compartilhada

Github: https://github.com/luanguimaraesla/unix-messenger

12 de abril de 2016

0. Objetivos

O objetivo desse trabalho é a implementação da comunicação entre processos independentes usando os mecanismos de filas de mensagens, sockets e memória compartilhada. Levando em consideração a elaboração eficiente de uma esquemática na qual permita o pleno funcionamento de vários desses recursos em conjunto de forma que, ao final do projeto, o conhecimento de tais estruturas seja sólido e passível de aplicações em projetos futuros.

1. Desenvolvimento

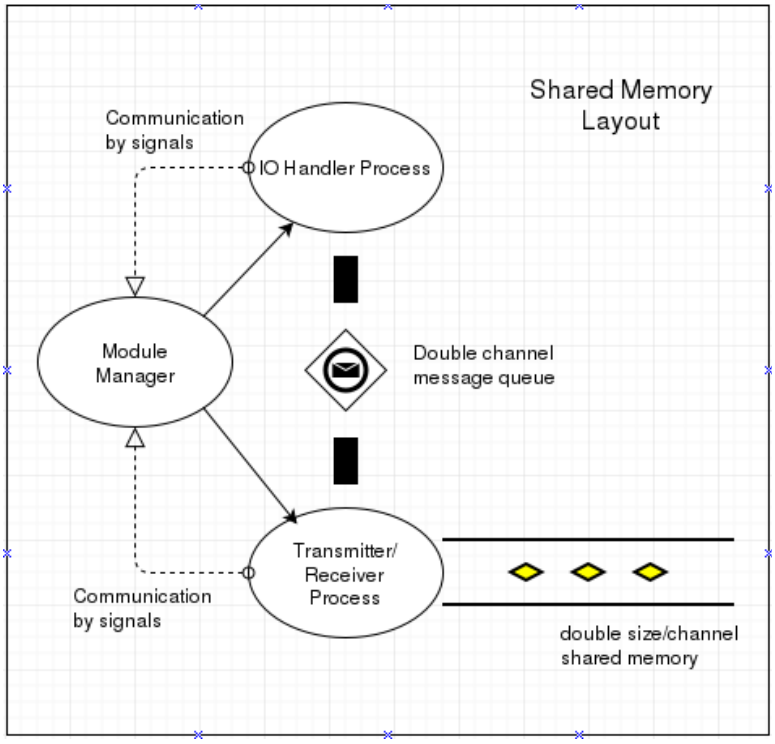
As aplicações foram desenvolvidas utilizando a linguagem C o que aproximou o software de camadas dos modelos reais implementados fazendo-se o uso de funções do próprio sistema operacional.

Diversas estratégias foram estudadas ao longo das atividades. Várias delas podem ser encontradas nos arquivos das pastas “shared_memory/learning” e “socket/learning”. Entretanto, apenas aquelas que se encaixaram de forma adequada no escopo do projeto foram escolhidas para compor o software.

Bem sucedidas, foram as escolhas tomadas, levando a conclusão da implementação duplex tanto utilizando memória compartilhada como socket, cada uma delas com soluções apropriadas para gerir a complexa trama de processos e threads.

1.1 Memória Compartilhada

A soulação apresentada contém 3 processos em cada módulo criado. Isto é, além dos dois processos da camada N e N-1, optou-se por instanciar outro cuja função seria facilitar o gerenciamento da comunicação e paralelismo entre os outros dois, possibilitanto a manutenção eficaz de casos de prioridade, eventos assíncronos, falhas inesperadas, etc, sem necessariamente prejudicar o fluxo de cada um dos filhos. Segue a esquemática elaborada:



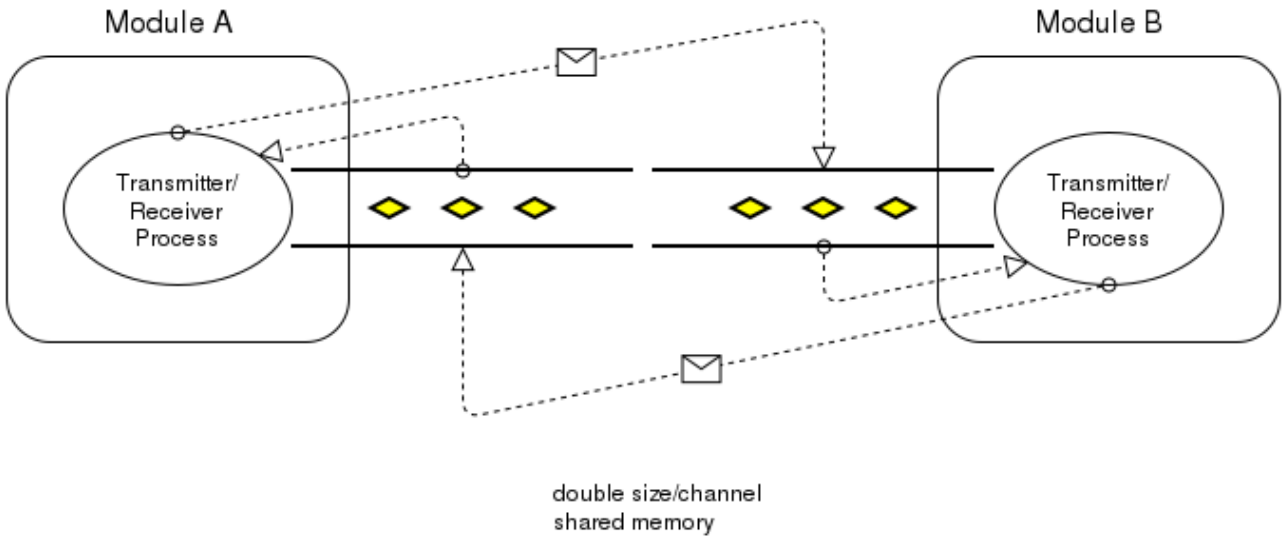
O procedimento de leitura e escrita é simples, e será a base para o entendimento tanto da aplicação que utiliza memória compartilhada, como da aplicação que utiliza socket. Simularemos passo-a-passo uma situação de inicialização de um módulo para seguir em uma linha de raciocínio construtivista.

1. A inicialização se dá pela chamada de função “void init_messenger_module(void)”, na qual primeiramente 4 sinais de controle são definidos no processo Module Manager, são eles:

a) SIGNAL_MESSAGE_TO_TRANSMIT
   Sinal de alerta que o processo IO Handler emite assim que escreve uma mensagem na fila.
b) SIGNAL_MESSAGE_TO_WRITE
   Sinal de alerta que o processo Transmitter/Receiver emite assim que uma mensagem da memória compartilhada é escrita na fila de mensagens.
c) SIGNAL_TO_FINISH
   Sinal de controle que informa ao módulo de gerenciamento que o usuário deseja finalizar o programa.
d) SIGNAL_TO_KILL_EVERYTHING
   Sinal definido para que, em caso de algum erro, o usuário possa invocar um “kill -12 <pid>”, forçando a finalização correta do programa.

2. Uma fila de mensagens é então inicializada com dois canais de comunicação, RECEIVE_CHANNEL, no qual o processo Transmitter/Receiver escreve mensagens que chegaram a partir da memória compartilhada e, SEND_CHANNEL, no qual o processo IO Handler envia as mensagens que o usuário digitou para serem transmitidas.

3. Uma memória compartilhada é então criada. Nessa etapa, optou-se por criar uma memória de tamanho 2 x MSG_SIZE, de forma que os processos Transmitter/Receiver pudessem ler e escrever ao mesmo tempo, sem necessariamente, ter que disputar a escrita de um segmento.



4. Duas chamadas fork() são realizadas para criar os processos IO Handler e Transmitter/Receiver, cada um deles inicialmente define dois sinais pelos quais serão informados de que algum evento ocorreu.

No processo IO Handler:

a) SIGNAL_MESSAGE_TO_WRITE

Sinal que informa o processo que há mensagens na fila aguardando para serem exibidas para o usuário.

b) SIGNAL_TO_FINISH

Sinal que informa o processo IO Handler para se auto-finalizar.

No processo Transmitter/Receiver:

a) SIGNAL_MESSAGE_TO_TRANSMIT

Sinal que informa o processo de que há mensagens na fila para serem transmitidas através da memória compartilhada.

b) SIGNAL_TO_FINISH

Faz o mesmo que no processo IO Handler

5. Cada um dessses dois processos entra em um laço infinito de acordo com sua função:

IO Handler:

Escaneia o teclado e então, assim que recebe uma mensagem de entrada, a escreve na fila de mensagens, informa ao Manager que existe uma nova mensagem para ser transmitida e volta a escanear o teclado.

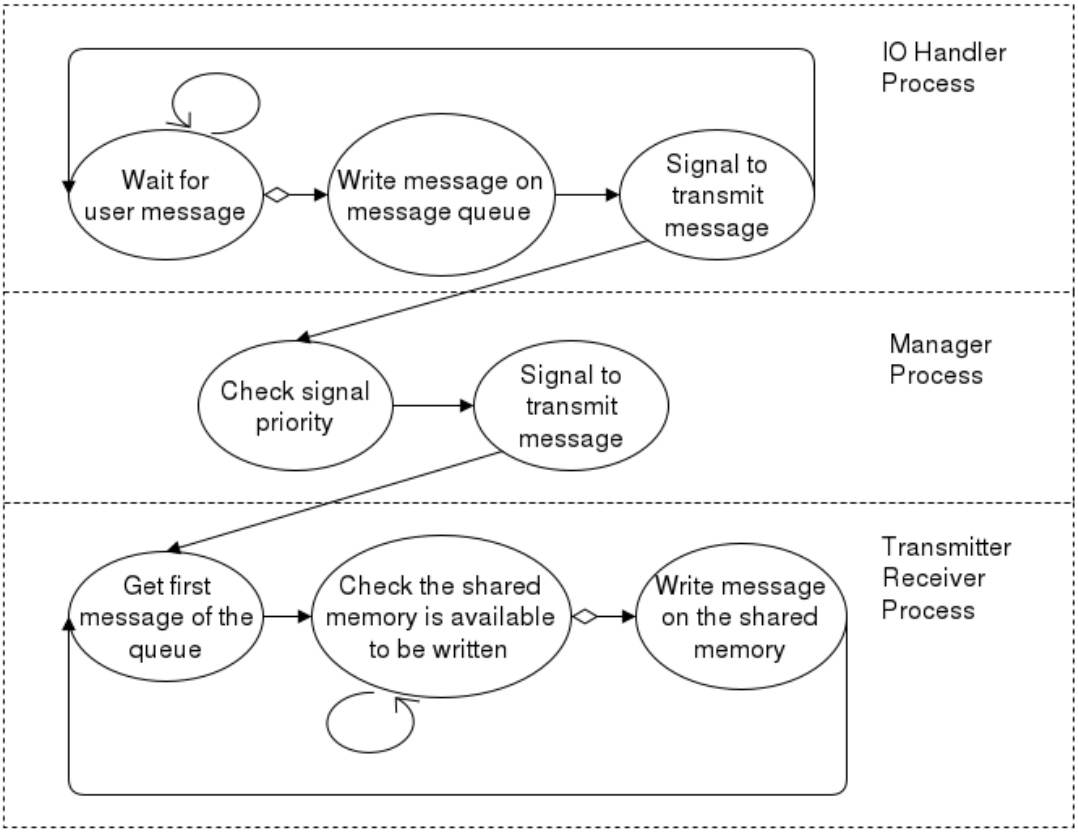
Eventualmente, quando acionado pelo Manager via sinal, recupera uma mensagem da fila e imprime para que o usuário veja.

Transmitter/Receiver:

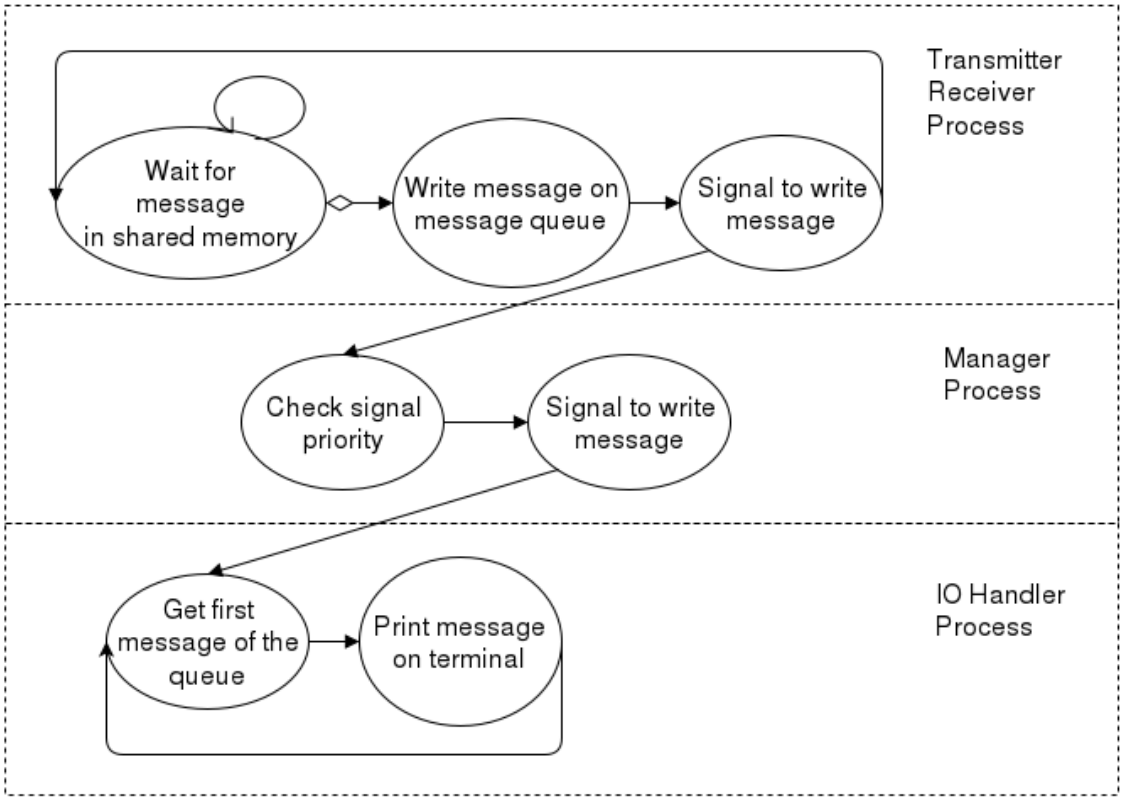
Verifica a cada segundo se há alguma nova mensagem na seu espaço de leitura da memória compartilhada, quando existe, bloqueia a escrita, a copia para a fila de mensagens e então libera a escrita no seu espaço de leitura na memória compartilhada.

Eventualmente, quando assionada pelo Manager via sinal, recupera uma mensagem da fila de mensagens e tenta escreve-la no espaço de leitura do outro módulo, para que o mesmo possa tratá-la.

Dessa forma, o processo de escrita pode ser ilustrado da seguinte maneira.



O processo de leitura é descrito da seguinte maneira:



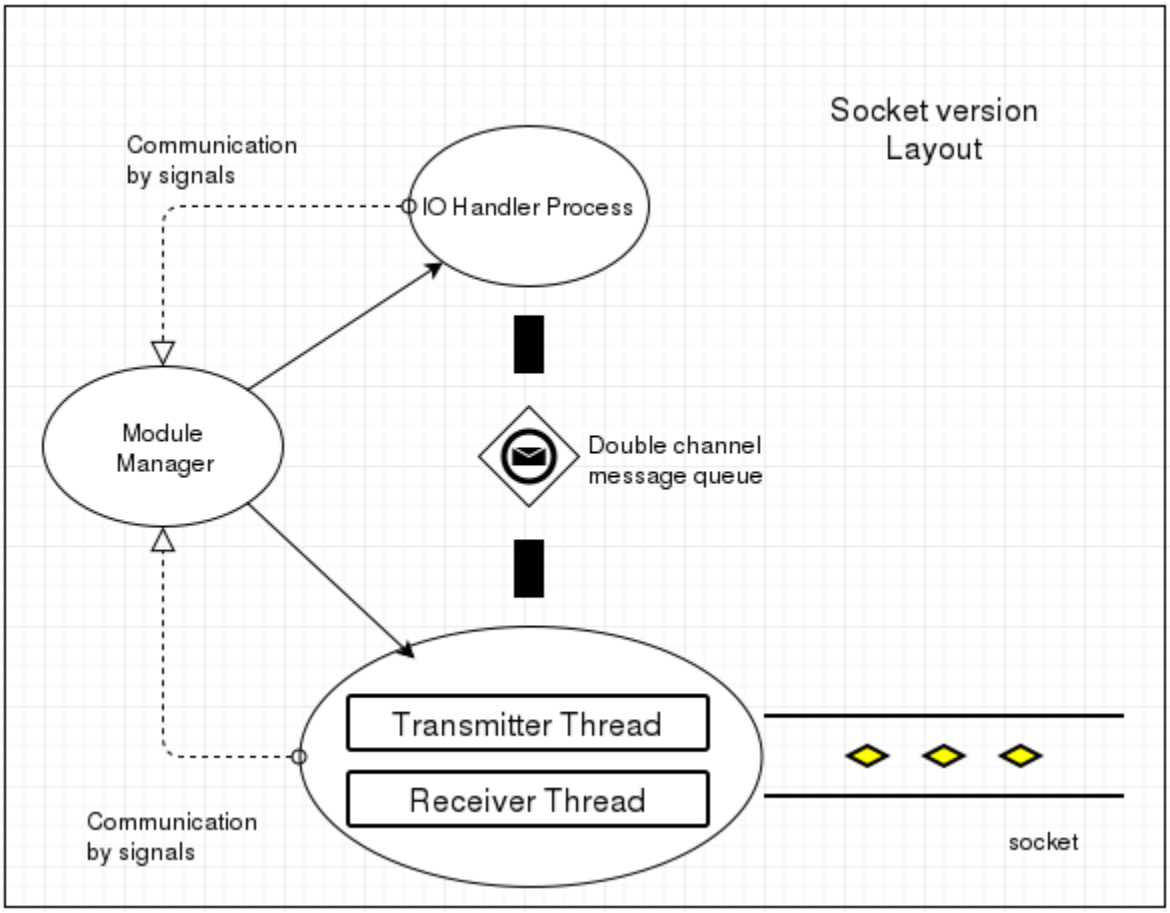
1.2 Socket

Devido a alta modularização do projeto desde o início, a implementação do compartilhamento de mensagens por socket foi de simplicidade considerável. Basicamente alterou-se o módulo chamado “fso_shared_memory_controller” para “fso_socket_controller” na versão servidor e “fso_socket_client_controller” na versão do cliente. A organização do projeto permaneceu idêntica, já que a versão em memória compartilhada já apresentava a característica de ser duplex. Entretanto, algumas melhorias foram realizadas para melhor favorecer a comunicação via protocolo TCP no modelo servidor/cliente.

Essas melhorias incluíram além de novas chamadas de controle a criação de uma thread específica para a escuta na porta definida, de forma que a thread principal possa ficar somente a cargo do envio de mensagens.

O comportamento do software manteve a orientação à eventos e a manipulação dos mesmos por meio do uso de sinais. Portanto, nesta sessão não haverá uma descrição minunciosa dos processos e suas funções, já que são idênticos, com exceção do uso de socket, à versão com memória compartilhada.

O diagrama a seguir define a organização do sistema.



A utilização de uma variável identificadora foi necessária para que a sincronização entre a escrita na fila de mensagens e a chegada de mensagens via socket se mantesse adequada à configuração do sistema anterior, de modo que as chamadas de funções fossem as mesmas. Uma variável intermediária foi utilizada para o armazenamento temporário das mensagens que chegavam.

2. Atividades

Foi solicitado no trabalho uma descrição das atividades e a evolução do software. Felizmente, a utilização da ferramenta Git possibilita uma visão real do desenvolvimento incluindo gráficos precisos sobre cada etapa da construção de códigos. As correções de erros e bugs podem ser rastreadas pelos títulos dos commits assim como os passos incrementais para a elaboração da solução final.

Link: https://github.com/luanguimaraesla/unix-messenger/commits/master

Em resumo, o desconhecimento técnico sobre determinados conceitos tornou o processo de criação do software incremental, isto é, a cada etapa, um novo módulo ou um conjunto de melhorias eram feitas, de forma que tal rítmo de avanços fosse suficiente para cumprir com o prazo estipulado.

Algumas etapas principais foram:

a) Estudo do funcionamento de filas de mensagem.

Nessa etapa, nenhuma maior dificuldade foi encontrada e vários programas teste foram construídos como prova de conceitos. Podem ser encontrados em "shared_memory/learning".

b) Criação dos diretórios de trabalho e do Makefile generalista.

Permitiu que pouquíssimas alterações fossem necessárias no decorrer do projeto para que este funcionasse corretamente. Esse passo foi essencial para a agilidade no desenvolvimento dos projetos.

c) Elaboração de um desenho arquitetural consistente.

Nessa etapa, imaginou-se o melhor plano para a organização modular e arquitetural do software. De forma que mudanças futuras, como já era esperada a reconfiguração de memória compartilhada para socket fossem facilitas.

d) Implementação efetiva da fila de mensagens.

Como mostrada em desenhos anteriores, entre dois processos e um processo gerenciador, que posteriormente poderia ser utilizado como ente para criação de outros chats, cadastro de usuários, etc.

e) Implementação da memória compartilhada full duplex.

Algumas posições foram tomadas para que fosse colocada a utilização de uma memória compartilhada como via dupla. Essa solução já foi explicada e baseia-se na construção de um espaço de endereçamento compartilhado de tamanho referente a duas mensagens.

f) Refatoração do código para substituir a memória compartilhada por socket.

Praticamente, mantendo as chamadas de funções coerentes entre os módulos já existentes para a memória compartilhada, foi relativamente simples a alteração para socket. Nesse ponto, foi necessário o estudo de threads para garantir a escrita e leitura simultaneas entre os processos Transmitter/Receiver.

g) Alterações no Makefile e pratica de DevOps foram aplicadas.

Para uma melhor disponibilização dos recursos construídos, incluindo um notável sistema de logging. Um novo Makefile foi disponibilizado e alguns módulos reorganizados entre os diretórios para permitir mínima duplicação do que já havia sido feito.

3. Melhorias

Diversos pontos de melhorias foram elicitados. Alguns deles são:

a) Salvar os diálogos;
b) Cria contas de usuários;
c) Permitir que o chat funcione para mais de dois módulos;
d) Permitir que o usuário selecione o destino da mensagem;
e) Construir uma interface gráfica que favoreça a visualização;
f) Utilizar instrução 'select' como alternativa às threads.

Vários outros pontos arquiteturais foram observados, entretanto, é necessário se fazer um melhor estudo sobre sockets e comunicação entre diferentes hosts para que possa ser proposta uma melhoria efetiva.

4. Conclusão

A elaboração do projeto foi de grande valia para a absorção dos conteúdos referentes ao gerenciamento de processos em sistemas operacionais UNIX entre eles, destaca-se a importância necessária da extrema atenção ao se codificar softwares multiprogramados, já que é extremamente difícil a depuração do mesmo. Um sistema de log eficiente foi construído para reduzir as horas decorridas na correção de bugs e falhas. A redução foi significativa.

Outro ponto positivo observa-se quando a organização modular favorece intensivamente a alteração de pequenas partes encapsuladas do sistema, facilitando tanto a correção de erros como a evolução geral do programa.

5. Referências

[Tanenbaum, 2003] Tanenbaum, A. Sistemas Operacionais Modernos. 2a. Ed