

Investigação do protótipo IRATI usando *testbed* FIBRE

Djalma A. Lima Filho, José A. Suruagy Monteiro

Centro de Informática – Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

Recife - PE - Brasil

dalf@cin.ufpe.br, suruagy@cin.ufpe.br

Abstract. *Internet architecture has limitations that interfere with its development. RINA is a clean slate proposal for the Internet of the future that propose solutions to solve the limitations in the structure of the Internet, while FIBRE is a network of experimentation that allows to work with new proposals of architectures. In this context, this article describes a work with the purpose of investigating access control in the RINA architecture using the prototype of the IRATI project on the FIBRE environment using the UFPE island. An experiment will be carried out that aims to evaluate in a practical way the operation of access control, besides presenting solutions proposed by the architecture to solve the current limitations.*

Resumo. *Arquitetura da Internet apresenta limitações que interferem no seu desenvolvimento. RINA é uma proposta clean slate para a Internet do futuro que propõem soluções para resolver as limitações na estrutura da Internet, enquanto que o FIBRE é uma rede de experimentação que permite trabalhar com novas propostas de arquiteturas. Neste contexto, esse artigo descreve um trabalho com finalidade de investigar o controle de acesso na arquitetura RINA utilizando o protótipo do projeto IRATI sobre o ambiente FIBRE utilizando a ilha UFPE. Será abordado experimento realizado que visa avaliar de maneira prática o funcionamento do controle de acesso, além de apresentar soluções propostas pela arquitetura para solucionar as limitações atuais.*

1. Introdução

A Internet tem crescido e o seu uso está mais diversificado, desempenhando um papel cada vez mais importante e fundamental na sociedade. Formada por uma gama de redes diferenciadas e interconectadas, sua estrutura foi projetada em camadas empilhadas [Moreira, 2009]. Neste contexto, um dos modelos de referência de camadas da Internet é TCP/IP (*Transmission Control Protocol / Internet Protocol*) que é dividido em várias camadas distintas cada qual com funcionalidades e protocolos diferenciados.

A arquitetura convencional da Internet requer constantes mudanças, apresenta pouca flexibilidade para prover novos serviços e atender novas demandas de aplicações além disso, é insegura e tem se tornado cada vez mais complexa [Grasa et al., 2011].

Devido à complexidade de prover novos serviços, a Internet atual apresenta limitações na sua estrutura o que dificulta seu crescimento. Diante disso, RINA (*Recursive InterNetworking Architecture*), aparece como uma arquitetura alternativa e inovadora, no contexto de Internet do Futuro, cujo princípio básico é a comunicação de processos IPC (*InterProcess Communication*) e, que pode solucionar muito dos

problemas da arquitetura convencional. O modelo de camadas é um dos problemas, pois em sua estrutura é necessário implementar funcionalidades para atender as novas demandas das aplicações. Outro fator limitador é a falta de um processo formal de inscrição que envolva autenticação. [Day, 2008].

2. A arquitetura RINA

Os princípios dessa arquitetura foram apresentados em 2008 por *John Day* em seu livro "Padrões de Arquitetura de Rede: Um retorno aos fundamentos" [Day, 2008]. A razão que levou aos estudos dessa nova arquitetura é a forma de repensar nas premissas básicas de comunicação das redes. Diferente da arquitetura convencional que divide a estrutura da rede em várias camadas com diferentes funções, RINA defende o uso de uma única camada denominada DIF (*Distributed IPC Facility*) cujo propósito é oferecer serviço de comunicação entre processos, IPC, de maneira distribuída e se repete provendo as mesmas funções e mecanismos, porém em escopos diferentes.

Na RINA, de acordo com a sua característica recursiva, a convenção é tomar o ponto de vista da camada atual e chamá-la de camada-(N) ou N-DIF. As camadas superior e inferior são denominadas, respectivamente, como (N+1)-DIF e (N-1)-DIF [Day,2008]. A Figura 1 apresenta a convenção de camadas na arquitetura RINA.

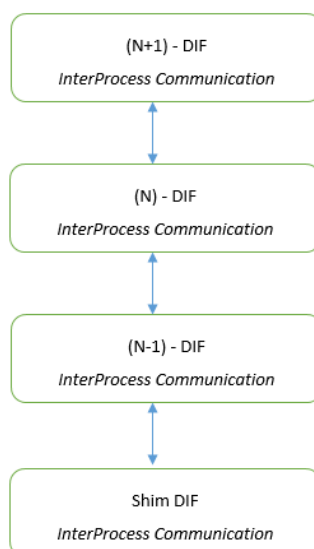


Figura 1: Convenção de camadas na RINA

A comunicação de dois ou mais processos IPC que cooperam em um ou mais sistemas de processamento com finalidade de trocar informações e compartilhar mensagens é conhecida como DAF (*Distributed Application Facility*) [Veselý,2015].

Cada processo IPC que precisa estabelecer um fluxo de comunicação, tem que fazê-lo através de um outro processo subjacente pertencente a DIF. Cada processo consiste em três conjuntos distintos de tarefas que são: transferência de dados IPC, transferência de controle e gestão IPC [Van Leur, 2016].

O processo de transferência de dados permite que os processos IPCs compartilhem informações de maneira confiável ou não, enquanto que a gestão IPC é

responsável por monitorar todas as informações de cada processo IPC e essas informações são armazenadas em uma base de dados designada como RIB (*Resource Information Base*).

Por questões de compatibilidade, a camada mais baixa é implementada para operar com outras tecnologias legadas e, é conhecida como *shim DIF*. RINA apresenta em sua estrutura um conceito de mecanismos e políticas de formas separadas. O mecanismo é a parte invariável da estrutura, enquanto que a política pode ser programada em diferentes DIFs. Além do mais à RINA apresenta apenas dois protocolos conhecidos como CDAP (*Common Distributed Application Protocol*) e o EFCP (*Error and Flow Control Protocol*) que apresentam mecanismos na sua estrutura. O controle de fluxos é um mecanismo implementado no EFCP, em contrapartida a alocação desses fluxos são as políticas. Referente ao protocolo CDAP o controle de acesso como também a autenticação são mecanismos, enquanto que o tipo de criptografia adotada na comunicação dos processos IPCs refere-se à políticas. Diante disso, devido a sua estrutura recursiva à arquitetura se torna menos complexa em relação ao modelo convencional [Day, 2008].

Alguns trabalhos como os de [Vrijders, 2014], [Bergesio,2013] e [Wang et al, 2013] foram realizados para explorar as funcionalidades da arquitetura RINA. Nos trabalhos de [Vrijders, 2014] e [Bergesio,2013], especificamente, os autores abordaram toda implementação do protótipo IRATI fazendo uma avaliação da arquitetura RINA através do mesmo.

3. Protótipo IRATI no *testbed* FIBRE

Esforços para trabalhar com protótipos no ambiente FIBRE têm sido realizados. Como exemplo temos a replicação da utilização do protótipo ProtoRina executado no *testbed* GENI com objetivo de explorar as funcionalidades e verificar comportamento da arquitetura RINA [Luiz; Monteiro,2016].

Os trabalhos com protótipos na RINA tiveram início em 2010, com o objetivo principal de testar, analisar e aprimorar os componentes da arquitetura e suas especificações. Esses trabalhos apresentam diferentes graus de maturidade e estão disponíveis em [Grasa et al,2012], [Wang et al, 2013] e [Vrijders, 2014]. Neste contexto, esse trabalho utilizou o protótipo do projeto IRATI [Bergesio,2013] no *testbed* FIBRE através da ilha UFPE¹ que utiliza o *framework* OCF (*Ofelia Control Framework*) o qual possibilita realizar o gerenciamento dos recursos utilizados no ambiente.

O projeto IRATI² teve como propósito investigar arquitetura RINA como uma alternativa para o modelo tradicional. Diante disso, foi desenvolvido um protótipo que recebeu nome do projeto o qual ficou conhecido como protótipo IRATI e tem como alvo as plataformas de sistemas operacionais GNU/Linux. Mesmo com projeto IRATI finalizado os estudos continuam no intuito de propor melhorias e novas implementações de acordo com a especificação da arquitetura. A Figura 2 apresenta a arquitetura do protótipo IRATI o qual é dividido em espaço do kernel e espaço do usuário.

¹ Ilha UFPE: Disponível em: <https://portal.ufpe.fibre.org.br/LS-WEB/>. Acessado em 24 de abril de 2017.

² Projeto IRATI. Disponível em: <http://irati.eu/>. Acessado em 24 de abril de 2017.

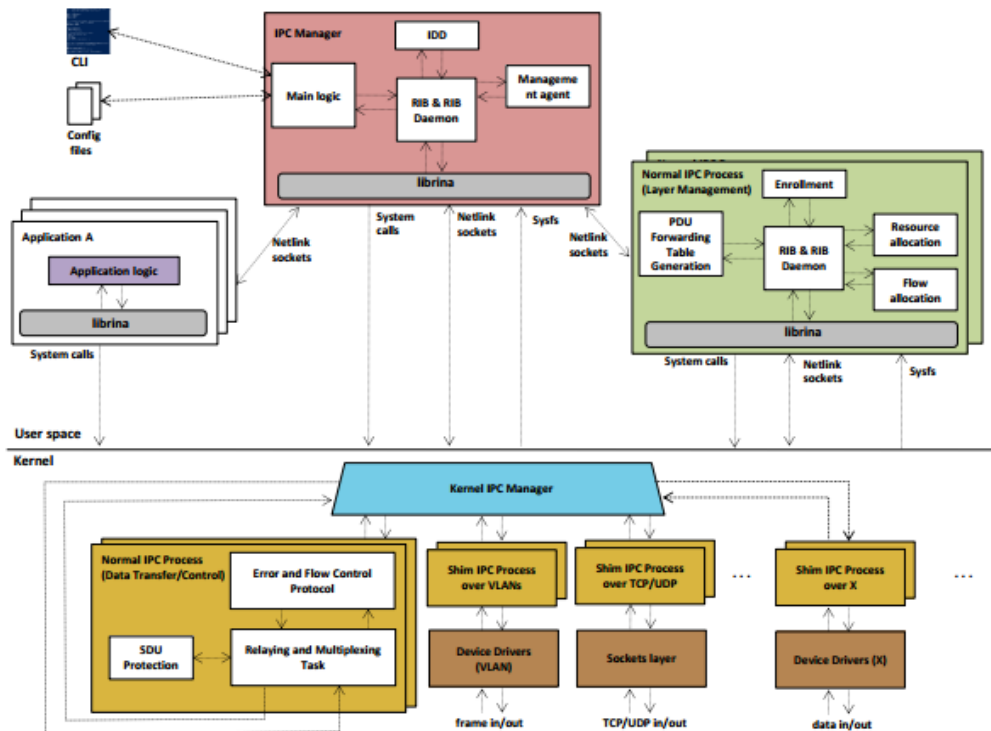


Figura 2: Arquitetura do protótipo IRATI.

Na arquitetura RINA o controle de acesso é realizado através do registro ou inscrição (*enrollment*) realizado por um IPC disponível na DIF. O controle de acesso permite que determinado processo IPC tenha acesso as informações ou objetos de outro processo IPC localizado na mesma DIF. A Figura 3 apresenta o processo de controle de acesso através do registro de dois IPCs. O registro é realizado através da solicitação de um processo (IPC B) já existente na DIF que vai autorizar ou não o solicitante (IPC A) a fazer parte da DIF para compartilhar informações através do protocolo CDAP. O registro é o processo pelo qual um IPC se junta a outro processo IPC com finalidade de compartilhar informações [Amdouni,2016].

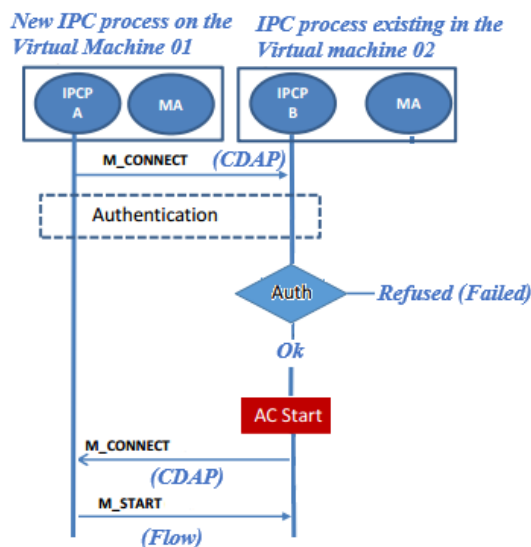


Figura 3: Controle de acesso de um novo processo IPC na DIF.

Para realizar o experimento do controle de acesso na arquitetura RINA foi necessária a instalação do protótipo IRATI nas máquinas virtuais (VMs) da ilha UFPE que compõe a rede FIBRE. Como o protótipo trabalha com os espaços de usuários e kernel foi necessária a instalação dos pacotes de softwares para o funcionamento correto do mesmo.

Diante disso, a Tabela 1 apresenta os pacotes de softwares do espaço do kernel instalados nas máquinas virtuais e que são fundamentais para utilizar os módulos dos componentes da arquitetura RINA. Por outro lado, a Tabela 2 apresenta os pacotes de softwares do espaço do usuário instalados nas VMs que tem como objetivo trabalhar na criação, exclusão, atualização e consulta dos processos IPCs como também utilizar ferramentas de geração de tráfegos de dados na arquitetura. Os pacotes completos bem como os procedimentos de instalação do protótipo podem ser verificados no endereço <https://github.com/IRATI/stack/wiki/Getting-Started>.

Tabela 1: Pacotes de softwares do espaço do kernel instalados nas VMs.

Pacotes de softwares	Finalidade
<i>kernel-package</i>	Pacote necessário para modificar o kernel padrão do sistema operacional para utilizar os módulos da arquitetura RINA.
<i>libncurses5-dev</i>	Pacote que contém bibliotecas estáticas necessárias no desenvolvimento do espaço do kernel.
<i>RINA Support</i>	Módulo que habilita o IPC Manager e demais outros módulos como o shim DIF tcp/udp no protótipo. Disponível no <i>menuconfig</i> .

Tabela 2: Pacotes de softwares do espaço do usuário instalados nas VMs

Pacotes de softwares	Finalidade
<i>Libtool</i>	Disponibiliza os comandos necessários para criar, excluir, atualizar, registrar e consultar processo IPC no IPC Manager
<i>Maven</i>	Ferramenta de compilação necessária para trabalhar com as aplicações <i>rinaperf</i> e <i>rina-echo-time</i> .
<i>Swig</i>	Software para comunicação com a biblioteca librina, principal biblioteca no espaço do usuário, que utiliza ferramentas de comunicação <i>rinaperf</i> e <i>rina-echo-time</i> [Vrijders, 2014]

O trabalho permitiu investigar alguns problemas nos templates das VMs, tais como o tipo de virtualização implementado na ilha UFPE, pois após a instalação do protótipo IRATI as máquinas não inicializavam usando virtualização total (HVM - *Hardware Virtual Machine*). Neste contexto, foi necessária realizar uma customização nos templates das VMs da ilha UFPE, mediante ajuda do suporte da RNP (Rede Nacional de Pesquisa) para que as máquinas virtuais carregassem os principais módulos, *shim-eth-vlan* e *shim-tcp-udp*, do protótipo corretamente. Feita a customização nos templates, as VMs foram inicializadas com o protótipo na versão do kernel 4.1.16. Diante dessa dificuldade encontrada e superada com sucesso, a Figura 4 apresenta a topologia lógica do experimento realizado referente ao controle de acesso na arquitetura RINA.

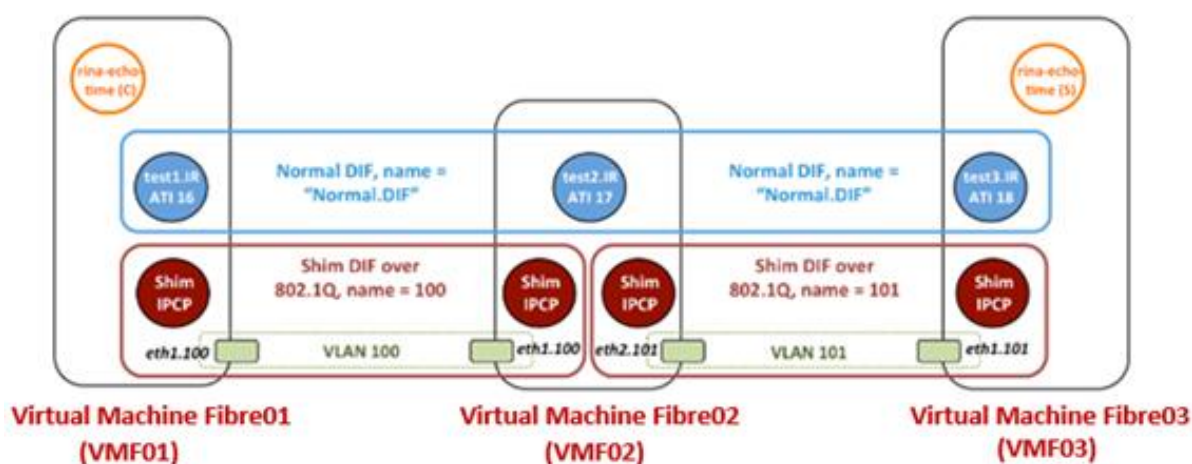


Figura 4: Experimento do controle de acesso solicitado pelo IPC “test3.IRATI” na DIF.

O experimento permitiu uma investigação e validação do controle de acesso dos processos IPCs, além da operação dos elementos da arquitetura através da utilização do protótipo IRATI no ambiente FIBRE. O protótipo apresenta uma console de gerenciamento denominada *IPC Manager* (IPCM) que permite executar diversas funcionalidades com os elementos da arquitetura RINA.

O objetivo do estudo foi avaliar de forma experimental o controle de acesso na DIF solicitado pelo processo “test3.IRATI” como também realizar a comunicação dos processos. A DIF existente “Normal.DIF” apresenta o processo IPC configurado como “test1.IRATI” disponível na VMF01 que autoriza o processo “test2.IRATI” disponível na VMF02. O registro do processo “test3.IRATI” só é validado com autorização dos processos “test1.IRATI” ou “test2.IRATI” que fazem parte da DIF. Após autorização, todos os processos podem compartilhar mensagens. As trocas dessas informações entre os processos IPCs são armazenadas em uma base de dados de cada processo a qual é denominada como RIB, conforme abordado anteriormente.

A Figura 5 apresenta o registro solicitado pelo processo “test2.IRATI” que foi autorizado com sucesso pelo processo IPC “test1.IRATI”, enquanto que a Figura 6 apresenta a consulta realizada na base de dados após a finalização com sucesso do controle de acesso concedido ao processo IPC “test3.IRATI”. Após o controle de acesso aceito com sucesso, os processos IPCs podem se comunicar através de mensagens utilizando o protocolo CDAP como também utilizando o protocolo EFCP.

```
IPCM >>> list-ipcps
Current IPC processes (id | name | type | state | Registered applications | Port-ids of flows provided)
  1 | test-eth-vlan:1:: | shim-eth-vlan | ASSIGNED TO DIF 100 | test1.IRATI-1-- | -
  2 | test1.IRATI:1:: | normal-ipc | ASSIGNED TO DIF normal.DIF | - | -

IPCM >>> enroll-to-dif 2 normal.DIF 100 test2.IRATI 1
DIF enrollment successfully completed
```

Figura 5: Screenshot do registro do processo IPC “test2.IRATI”.

Name: /dif/resourceallocation/nminusoneflowmanager/nminusoneflows/1; Class: nminusone flow; Instance: 18
Value: Local app name: test1.IRATI-1--Remote app name: test2.IRATI-1--
N-1 DIF name: 100; port-id: 1
Flow characteristics: Jitter: 0; Delay: 0
In order delivery: 0; **Partial delivery allowed: 1**
Max allowed gap between SDUs: -1; Undetected bit error rate: 0
Average bandwidth (bytes/s): 0; Average SDU bandwidth (bytes/s): 0
Peak bandwidth duration (ms): 0; Peak SDU bandwidth duration (ms): 0

Name: /dif/resourceallocation/nminusoneflowmanager/nminusoneflows/2; Class: nminusone flow; Instance: 22
Value: Local app name: test2.IRATI-1--Remote app name: test3.IRATI-1--
N-1 DIF name: 101; port-id: 2
Flow characteristics: Jitter: 0; Delay: 0
In order delivery: 0; **Partial delivery allowed: 1**
Max allowed gap between SDUs: -1; Undetected bit error rate: 0
Average bandwidth (bytes/s): 0; Average SDU bandwidth (bytes/s): 0
Peak bandwidth duration (ms): 0; Peak SDU bandwidth duration (ms): 0

Figura 6: Consulta na RIB do controle de acesso realizado com sucesso

Finalizado o procedimento que realiza o controle de acesso, foi sucedida a comunicação entre os processos IPCs disponíveis nas VMs. Neste contexto foi realizado a comunicação dos processos IPCs “test1.IRATI” e “test3.IRATI” utilizando o protocolo de transferência de dados e que pode ser visualizada na Figura 7, por outro lado as informações armazenadas na RIB referentes alocação dos fluxos dos processos citados podem ser observadas através da Figura 8.

```
14170(1459868015)#librina.logs (DBG): New log level: INFO
14170(1459868015)#librina.nl-manager (INFO): Netlink socket connected to local port 14170
Flow allocation time = 11.056 ms
SDU size = 20, seq = 0, RTT = 1.7694 ms
SDU size = 20, seq = 1, RTT = 11.649 ms
SDU size = 20, seq = 2, RTT = 17.942 ms
SDU size = 20, seq = 3, RTT = 19.073 ms
SDU size = 20, seq = 4, RTT = 11.801 ms
SDU size = 20, seq = 5, RTT = 12.165 ms
SDU size = 20, seq = 6, RTT = 15.813 ms
SDU size = 20, seq = 7, RTT = 10.781 ms
SDU size = 20, seq = 8, RTT = 12.703 ms
SDU size = 20, seq = 9, RTT = 12.906 ms
SDU size = 20, seq = 10, RTT = 11.019 ms
SDU size = 20, seq = 11, RTT = 3.0129 ms
SDU size = 20, seq = 12, RTT = 15.47 ms
SDU size = 20, seq = 13, RTT = 10.078 ms
SDU size = 20, seq = 14, RTT = 15.415 ms
SDUs sent: 15; SDUs received: 15; 0% SDU loss
Minimum RTT: 1.7694 ms; Maximum RTT: 19.073 ms; Average RTT:12.107 ms; Standard deviation: 4.7546 ms
SDUs sent: 0; SDUs received: 0; 0% SDU loss
Minimum RTT: 2.1475e+09 ms; Maximum RTT: 0 ms; Average RTT:0 ms; Standard deviation: -0 ms
```

Figura 7: Screenshot da comunicação dos processos IPCs.

```

810(1460028952)#ipcp[2].resource-allocator (INFO): IPC Process registered to N-1 DIF 100
810(1460029165)#librina.irm (INFO): Requested the allocation of N-1 flow to application
test2.IRATI-1 through DIF 100
815(1460030143)#ipcp[2].resource-allocator (INFO): IPC Process registered to N-1 DIF 100
815(1460030177)#librina.irm (INFO): Requested the allocation of N-1 flow to application
test2.IRATI-1 through DIF 100
815(1460030389)#librina.irm (INFO): Requested the allocation of N-1 flow to application
test2.IRATI-1 through DIF 100
804(1460029165)#ipcm.flow-alloc (INFO)[flow_allocation_requested_local]: IPC process test-
ethvlan:1:: requested to allocate flow between test3.IRATI:1:: and test1.IRA$

```

Figura 8: Consulta na RIB da comunicação dos processos IPCs

Portanto, o experimento permitiu explorar a base de dados RIB analisando as informações registradas dos processos IPCs, inclusive a solicitação e autorização de acesso na DIF. Além disso, o experimento proporcionou também analisar a proposta RINA utilizando os recursos do ambiente FIBRE através da ilha UFPE como também instigar pesquisadores a trabalhar com a arquitetura proposta para Internet do Futuro em outras frentes de pesquisas que pode ser realizada sobre o ambiente FIBRE.

Neste contexto, as linhas de pesquisas que podem ser trabalhadas são as áreas de roteamento, segurança e controle de congestionamento na arquitetura RINA em múltiplas ilhas que compõe a rede FIBRE. Desta forma, o experimento possibilitou investigar o protótipo IRATI na rede de experimentação com a possibilidade de empilhar diferentes DIFs cada qual oferecendo os mesmos mecanismos relacionados aos protocolos EFCP e CDAP, porém com funcionalidades distintas como, por exemplo, políticas de alocação de fluxos para o protocolo EFCP e mecanismos de controle de acesso referente ao protocolo CDAP.

4. Conclusões e trabalhos futuros

O presente artigo apresentou um estudo realizado com protótipo do projeto IRATI utilizando ambiente FIBRE por intermédio da ilha UFPE com finalidade de demonstrar, através da prática, a operação dos elementos que fazem parte da arquitetura RINA, além disso permitiu investigar a maneira como é realizada o controle de acesso do processo IPC na DIF e, posteriormente, a comunicação dos processos.

Um dos desafios com protótipo IRATI é a criação de cenários mais promissores que permitem analisar outras áreas na arquitetura RINA como segurança, roteamento e *multihoming*. A criação das diversas políticas, como as de roteamento e controle de congestionamento, permitem explorar as funcionalidades da arquitetura aproveitando a infraestrutura do ambiente FIBRE utilizando várias ilhas que compõe a rede.

Como trabalho futuro, pretende-se realizar um estudo comparativo do desempenho do serviço de transferência de dados nas arquiteturas de redes RINA e TCP/IP, além de explorar os mecanismos de transferência de dados nas arquiteturas.

Referências

- Amdouni, Ichrak et al (2016). Exploring the flexibility of network access control in the recursive InterNetwork Architecture. In: Communications (APCC), 2016 22nd Asia-Pacific Conference on. IEEE. p. 559-566.
- Bergesio, Leonardo. Prototipo de RINA sobre Ethernet. 2013. Dissertação de Mestrado. Universitat Oberta de Catalunya.
- Day, J. (2008). Patterns in network architecture: a return to fundamentals. Pearson Education.
- Grasa, E., et al (2011). Design principles of the Recursive InterNetwork Architecture (RINA).
- Grasa, Eduard et al. Developing a RINA prototype over UDP/IP using TINOS. In: Proceedings of the 7th International Conference on Future Internet Technologies. ACM, 2012. p. 31-36.
- Luiz, C., & Monteiro, J. A. (2016). Investigação do Protótipo ProtoRINA utilizando o Ambiente FIBRE. In Anais do WPEIF 2016 Workshop de Pesquisa Experimental da Internet do Futuro (p. 29).
- Moreira, M. D., Fernandes, N. C., Costa, L. H. M. K., & Duarte, O. C. M. B. (2009). Internet do futuro: Um novo horizonte. Minicursos do Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores-SBRC, 2009, 1-59.
- Van Leur, J. Klomp, Recursive InterNetwork Architecture, An Assessment of the IRATI Implementation. (2015) [Online] Disponível em: <http://www.delaat.net/rp/2015-2016/p22/report.pdf>. Acessado em: 10 de outubro de 2016.
- Vesely, Vladimir et al. Your Recursive InterNetwork Architecture Simulator. arXiv preprint arXiv:1509.03550, 2015.
- Vrijders, Sander et al (2014). Prototyping the recursive internet architecture: the IRATI project approach. IEEE Network, v. 28, n. 2, p. 20-25.
- Wang, Yuefeng et al. Recursive InterNetworking Architecture (RINA) Boston University Prototype Programming Manual (version 1.0). Computer Science Department, Boston University, 2013.