

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

**Um estudo sobre protocolos
de segurança em redes Ad Hoc**

Afonso Kazuo Takahashi

Ruy Osório de Freitas Neto

Florianópolis - SC

2006/1

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA E ESTATÍSTICA
CURSO DE CIÊNCIAS DA COMPUTAÇÃO

**Um estudo sobre protocolos
de segurança em redes Ad Hoc**

Afonso Kazuo Takahashi

Ruy Osório de Freitas Neto

Trabalho de conclusão de curso
apresentado como parte dos requisitos
para obtenção do grau de
Bacharel em Ciências da Computação

Florianópolis - SC

2006/1

Afonso Kazuo Takahashi

Ruy Osório de Freitas Neto

**Um estudo sobre protocolos
de segurança em redes Ad Hoc**

Trabalho de conclusão de curso apresentado
como parte dos requisitos para obtenção do
grau de Bacharel em Ciências da Computação.

Profº Dr. Carlos Becker Westphall
Orientador

Banca Examinadora

Profª Drª. Carla Merckle Westphall

Profº Dr. Mario Antônio Ribeiro Dantas

Bacharel Darlan Vivian

LISTA DE SIGLAS

2D	<i>Two Dimensional</i>
3D	<i>Three Dimensional</i>
ALOHA	<i>Areal Locations of Hazardous Atmospheres</i>
CCK	<i>Complementary Code Keying</i>
CDMA	<i>Code Division Multiple Access</i>
CSMA	<i>Carrier Sense Medium Access</i>
CSMA/CA	<i>Carrier Sense Medium Access with Collision Avoidance</i>
DoS	<i>Denial of Service</i>
DSDV	<i>Destination-Sequenced Distance-Vector Routing</i>
DSR	<i>Dynamic Source Routing</i>
Ghz	<i>Giga Hertz</i>
IEEE	<i>The Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
IP	<i>Internet Protocol</i>
Kbps	<i>Kilo bits per second</i>
KBps	<i>Kilo bytes per second</i>
LAN	<i>Local Area Network</i>
MANET	<i>Mobile Ad hoc Network</i>
NAM	<i>Network Animator</i>
Mbps	<i>Mega bits per second</i>
NS	<i>Network Simulator</i>
Otcl	<i>Object Tool Command Language</i>
PC	<i>Personal Computer</i>
PDA	<i>Portable Digital Assistant</i>
PDR	<i>Packet Delivery Ratio</i>
PRNET	<i>Packet Radio Networks</i>
QoS	<i>Quality of service</i>
SEAD	<i>Secure Efficient Ad hoc Distance vector routing protocol</i>
TCL	<i>Tool Command Language</i>
TCP	<i>Transmission Control Protocol</i>
UDP	<i>User Datagram Protocol</i>
WLAN	<i>Wireless Local Area Network</i>
WRP	<i>Wireless Routing Protocol</i>

Sumário

AGRADECIMENTOS.....	7
RESUMO.....	8
ABSTRACT.....	9
1. INTRODUÇÃO.....	10
1.1. Motivação.....	10
1.2. Objetivos.....	11
1.3. Organização do trabalho.....	12
2. REDES AD HOC.....	13
2.1. Introdução.....	13
2.2. História.....	13
2.3. Descrição.....	14
2.4. O padrão 802.11.....	17
2.4.1. 802.11a.....	19
2.4.2. 802.11b.....	19
2.4.3. 802.11g.....	20
3. PROTOCOLOS.....	21
3.1. Roteamento.....	21
3.2. Protocolos de Roteamento.....	21
3.3. Protocolos Ad Hoc.....	22
3.3.1 On-demand.....	23
3.3.1.1 Dynamic Source Routing.....	23
3.3.1.2 ARIADNE.....	24
3.3.2. Table-driven.....	24
3.3.2.1 Destination-Sequenced Distance-Vector Routing.....	25
3.3.2.2 SEAD.....	25
3.3.3. Hybrid.....	25
4. FERRAMENTAS DE SIMULAÇÃO E ANÁLISE.....	26
4.1. Network Simulator 2.....	26
4.1.1. Características.....	27
4.2. Trace graph.....	27
5. SIMULAÇÃO.....	29
5.1. Parâmetros Fixos.....	29
5.2. Parâmetros Variáveis.....	32
5.3. Prós da simulação.....	34
5.4. Contras da simulação.....	34
6. RESULTADOS.....	36
6.1. Resultados DSR.....	38
6.1.1. 16KBps.....	38
6.1.2. 32KBps.....	38
6.2. Resultados Ariadne.....	39
6.2.1. 16KBps.....	39
6.2.1. 32KBps.....	39
6.3. Resultados DSDV.....	40
6.3.1. 16KBps.....	40
6.3.2. 32KBps.....	40
6.4. Resultados SEAD.....	41
6.4.1. 16KBps.....	41

6.4.2. 32KBps.....	41
6.5. Análise dos Resultados.....	42
6.5.1. Número de Pacotes Gerados.....	42
6.5.2. Número de Pacotes Enviados.....	44
6.5.3. Número de Pacotes Descartados.....	47
6.5.4. Número de Pacotes Perdidos.....	50
6.5.5. Número de Pacotes Recebidos.....	52
6.5.6. PDR (Packet Delivery Ratio).....	55
6.5.7. Número de Bytes Enviados.....	58
6.5.8. Delay.....	61
6.5.9. Throughput.....	64
6.5.10. Porcentagem de Pacotes Perdidos.....	66
6.5.11. Throughput Efetivo.....	69
7. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS.....	73
7.1 Trabalhos Futuros.....	74
REFERÊNCIAS PESQUISADAS.....	75
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	77
ANEXO I – Arquivos de Simulação.....	78
ANEXO II – Artigo.....	106

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer aos nossos familiares, pelo apoio ou pela não perturbação do andamento desse trabalho, a todos que nos cercam diariamente e que de alguma forma nos ajudaram ou deixaram de atrapalhar nessa etapa de desenvolvimento desse estudo.

Eu Ruy gostaria de agradecer nominalmente minha mãe Adelia Souza dos Santos, minha irmã Sabrina Santos de Freitas e meu pai Roberto Cardozo Ferraz do Amaral, pois se não fosse o apoio e suporte deles durante todo o curso não sei se seria possível estar me formando nesse momento.

Agradecemos aos colegas de turma, aos colegas de curso, aos colegas de futebol, aos nossos amigos aqueles que podem até não saber nada sobre o desenvolvimento deste trabalho, mas que graças a essas interações construíram ideais e valores que permearam o presente estudo.

Aos membros da banca, Professora Carla Merckle Westphall, Professor Mario Antônio Ribeiro Dantas e Graduando Darlan Vivian, por prontamente terem aceitado fazer parte como membros da banca e no caso específico do Darlan Vivian por toda sua ajuda como Co-Orientador.

Finalmente agradecemos nosso orientador, Professor Carlos Becker Westphall, por todo o tempo que disponibilizou para auxiliar o desenvolvimento desse trabalho, bem como pelo conhecimento e discernimento transmitido.

RESUMO

O uso de aparelhos de comunicação sem fio e internet está crescendo exponencialmente, e a ainda recente parceria formada por essas duas tecnologias está abrindo portas a cada vez mais pessoas.

A popularização causada por esse efeito e as facilidades de instalação, entre outros fatores, permitem que tanto pessoas leigas quanto pessoas com maior conhecimento operem esses aparelhos, o que evidencia o problema da segurança emergente nessas redes.

Uma rede estruturada já possui diversas vulnerabilidades mesmo quando bem configurada, essas mesmas vulnerabilidades continuam existindo em uma rede *Ad Hoc* com o agravante que em redes *Ad Hoc* não existe a necessidade, por exemplo, de algum usuário mal intencionado entrar fisicamente em sua rede para vir a causar danos.

Isso porque para permitir a fácil usabilidade, uma velocidade de transmissão mais alta ou uma disponibilidade maior, os métodos que esse aparelho usa para se comunicar podem se enfraquecer em segurança.

Nesse trabalho exploramos os métodos de comunicação, chamados protocolos de roteamento, combinados a ferramentas de simulação e análise de dados, com a finalidade de se estudar o impacto causado pela adição e remoção de segurança em redes *Ad Hoc*.

As simulações foram realizadas utilizando o *Network Simulator 2*, tendo sua saída sendo interpretada com auxílio do *Trace graph*, gerando assim um relatório que servirá de guia para todos aqueles que desejarem saber qual o melhor protocolo a ser aplicado para determinada qualidade de serviço esperada.

Palavras chave: redes Ad Hoc, *wireless*, segurança, QoS, protocolo de roteamento

ABSTRACT

The use of wireless devices and Internet is growing exponentially, and the still recently partnership formed by these two technologies is opening doors to more and more people.

The popularization caused by this effect and the easy installation among other factors, allow that even dummies or people with a little more knowledge to use such devices, which points to the emergent security problem of these networks.

A structured network already has lots of vulnerabilities when it is well configured, that same vulnerabilities remain existing on a Ad Hoc network with the aggravation that in such networks there is no need for example to some badly intended user to walk physically into your network to cause harms.

To grant easy usability, a higher transmission speed or a higher availability, the methods that this device uses to communicate are sometimes weakened in security.

On this work we explored the communications methods, called routing protocols, combined with simulation and analysis tools, with the intend to study the impact caused by the addition or removal of security in Ad Hoc networks.

These simulations were made using the Network Simulator 2 having it's output interpreted with the help of the Trace Graph tool, generating a report that will act as a guide to everyone that wishes to know which is the best protocol to be applied to obtain a expected quality of service.

Key words: Ad Hoc network, wireless, security, QoS, routing protocol

1. INTRODUÇÃO

As redes sem fio têm sido a grande novidade da nova era da internet e da comunicação, tendo recebido grandes investimentos em novas tecnologias e novos protocolos Ad Hoc.

Dentro das redes sem fio existem atualmente dois tipos de redes: as hierárquicas e as não hierárquicas (Redes Ad Hoc que são conhecidas também como MANET).

Dentro da classe de redes hierárquicas a questão da segurança está já em estado bastante avançado, isto porque as velocidades estão em patamares próximos a redes com fio e este tipo de rede já está em bastante uso.

Nas redes Ad Hoc a questão da segurança ainda está em estágio de desenvolvimento, por este motivo optamos pelo estudo deste tipo de rede e os protocolos envolvidos no roteamento delas.

1.1. *Motivação*

Escolhemos como objeto de estudo do nosso trabalho a segurança em redes wireless. Após essa decisão podíamos escolher entre dois tipos de redes diferentes as redes Ad Hoc ou as redes hierárquicas (com a presença de um ponto centralizador).

Ao analisarmos a classe de redes hierárquicas percebemos que esse tipo de rede teve um grande investimento e desenvolvimento na busca de melhores velocidades e segurança, pois este tipo de rede foi usado primeiramente em escala comercial, o que atraiu a atenção das empresas para um maior desenvolvimento desta área.

Dessa forma, como as velocidades dessas redes centralizadas alcançam patamares de redes ethernet comuns (cerca de 108 Mbps compartilhados entre os

ocupantes da rede), então é possível a aplicação de técnicas de criptografia ou outras formas de segurança sem grande perda de velocidade e/ou impossibilitação do uso devido a ficar muito lento.

Por outro lado as redes Ad Hoc têm ainda deficiências na questão de velocidades e segurança, o que gerou um maior interesse nosso para a realização de um trabalho de estudo sobre essas redes. Isto porque atualmente ela opera ainda em velocidades mais baixas e não existem grandes estudos sobre a maioria dos protocolos de segurança.

Dessa forma percebemos que as redes Ad Hoc têm uma gama de estudo bem maior e mais complexa para um trabalho de conclusão de curso, motivando assim nossa escolha.

1.2. Objetivos

Como objetivo principal do trabalho temos o estudo das diferenças entre protocolos de roteamento seguros e comuns, verificando aspectos do comportamento da rede com cada protocolo e se os protocolos de roteamento realmente cumprem com seus objetivos. Para isso analisaremos em cada protocolo estudado e simulado, métricas como:

- *PDR Packet Delivery Ratio*
- *Delay*
- *Packet Lost*
- *Throughput Efetivo*

Analisaremos essas e outras métricas, bem como o comportamento dos protocolos de roteamento em relação ao número de pacotes e se o protocolo realmente desempenha a função desejada.

Baseado nessas análises poderemos concluir quais protocolos de roteamento são mais aconselháveis para implementação em um ambiente real, além de ser possível uma definição sobre como esses protocolos se comportariam em um sistema real.

1.3. Organização do trabalho

O trabalho foi organizado de maneira a obter o mais rápido acesso às informações que o leitor necessita. Dessa forma, o trabalho foi dividido em tópicos gerais, a partir de uma breve introdução.

Após a introdução, o trabalho pode ser dividido em dois grupos, o primeiro trata sobre redes e protocolos, cada um com seu tópico específico, já o segundo trata sobre os aspectos da simulação.

Dentro do grupo de redes e protocolos falamos sobre redes *Ad Hoc* dando uma visão geral e descrevendo seu funcionamento. Já sobre protocolos, começamos com uma breve introdução sobre roteamento e seus protocolos e depois falamos sobre protocolos de roteamento *Ad Hoc*.

No grupo de aspectos da simulação, falamos sobre o simulador e o programa que analisa os dados das simulações.

Após a apresentação da teoria do trabalho, estabeleceremos um estudo de caso, pelo qual iremos analisar as métricas estudadas sobre esse caso, e definiremos qual o protocolo mais apropriado para este estudo de caso. Por fim teremos uma breve conclusão sobre o estudo.

2. REDES AD HOC

2.1. Introdução

Com a diminuição do tamanho dos microprocessadores e com o aumento da vida útil das baterias, foi possível o desenvolvimento de sistemas de comunicação embarcados em aparelho de pequenas dimensões, tais como: PDA's, aparelhos celulares, dentre outros. Com o advento dessa tecnologia, foi necessária a criação de um novo tipo de comunicação sem fio que são as redes Ad Hoc (MANET).

2.2. História

A história das redes *Ad Hoc* começa no ano de 1972 com o nome de PRNET, que com o protocolo CSMA e ALOHA, criou-se um protocolo de vetor de distância com controle de acesso ao meio, que permitindo uma nova forma de rede em campos de batalha.

Como o início das redes *Ad Hoc* foi com o pensamento para fins militares até o ano de 1990, todo seu desenvolvimento foi baseado para a criação de um campo de batalha "móvel" sem nenhuma infra-estrutura de rede fixa. Dessa maneira, foi desenvolvido equipamentos de redes menores, mais baratos e resistentes a ataques elétricos e eletrônicos.

A partir de 1990, iniciou-se o desenvolvimento comercial das redes *Ad Hoc*, sendo que esse nome só foi adotado no momento em que o sub-comitê da IEE 802.11 aprovou este. Desde então vêm sendo feitos inúmeros trabalhos na área para o melhor funcionamento da coleção de nodos, os quais estar presentes em uma área de rede *Ad Hoc*.

2.3. Descrição

As redes Ad Hoc consistem em redes formadas por dispositivos de comunicação wireless sem a necessidade de um ponto centralizador para a comunicação. Essas redes podem ser formadas apenas por dispositivos móveis ou uma combinação de dispositivos móveis com dispositivos estruturados (como PC's) e também criar a interação entre dispositivos móveis e uma rede *ethernet*.

Atualmente, existem duas linhas de pesquisas básicas dentro das redes MANET, que são o uso delas em ambientes hostis com a presença apenas de dispositivos móveis e outra é a integração entre dispositivos móveis e dispositivos estruturados em um espaço determinado.

No primeiro caso, podemos citar locais onde há a necessidade de coleta de informações, mas não é possível seres humanos abrangerem toda a área. Podemos citar como um exemplo disso. o monitoramento de informações em uma área de floresta com a presença de milhares de nodos espalhados em uma área pré-determinada, colhendo informações enquanto durarem as baterias, e enquanto as informações são colhidas essas são repassadas para uma base localizada na área de apenas um ou poucos nodos.

Já no segundo caso, temos um sistema onde existe uma quantidade de nodos móveis e estruturados e é necessário que os nodos possam se comunicar entre-si, em qualquer ponto da área e que todos tenham acesso a internet também, o que torna a necessidade de ter um desenvolvimento de protocolos de roteamentos de forma a garantir essa comunicação em ambos os casos.

O grande problema da comunicação dentro desse tipo de rede é que na maioria das vezes um dispositivo tem de se comunicar com um outro, o qual não está em um raio

de distância diretamente alcançável. Dessa maneira, são necessários protocolos de comunicação que controlem essa comunicação de forma a todos os pontos poderem se comunicar de forma confiável e com controle de erros.

Para essa comunicação existem os protocolos de roteamento de redes Ad Hoc, que controlam a comunicação e conhecem as rotas para os nodos de destino. Dentro desses protocolos, como serão explicados no âmbito próximo capítulo, temos três tipos: os table-driven, os protocolos on-demand e os protocolos híbridos. Cada um tem sua forma de agir, bem como descobrir o local dos outros nodos da rede e esses métodos serem explicados no próximo capítulo.

Há a necessidade também de se entender os diversos tipos de ataques que podem ocorrer em uma rede Ad Hoc. A maioria dos ataques em redes Ad Hoc tem como base o uso de um nodo malicioso dentro da rede, tentando modificar alguma informação nessa rede ou agir sobre esta. Podemos citar alguns tipo de ataque:

- Ataque de buraco negro (“BlackHole”) – Esse tipo de ataque consiste em um nodo malicioso dizer que ele é o menor caminho ou a melhor rota para alguns ou muitos nodos da rede, dessa forma esse nodo irá concentrar grande parte do tráfego da rede. Esse nodo ao receber todo o tráfego, começa a descartar os pacotes e não repassa-los, podendo acarretar o travamento de sua rede se esse nodo conseguir anunciar que é o melhor caminho para muitas rotas dentro de sua rede.[LUD00],[ALB00]
- Ataque de Homem no meio (“Man in the middle”) - A primeira parte desse ataque também consiste no envenenamento de rotas, com o nodo malicioso dizendo que é o melhor caminho, após isso em vez desse nodo descartar os pacotes ele pega as informações importantes e repassa os pacote. É um dos ataques mais perigosos em redes Ad Hoc, já que pode não se identificar este tipo de ataque.[LUD00]

- “Overflow” de tabela de rotas (“Routing table overflow”) – Esse ataque consiste em um nodo malicioso criar diversas tabelas de rotas falsas de modo a impedir que novas rotas sejam criadas, e/ou criar uma sobrecarga nos protocolos, e/ou nodos para a criação de novas rotas. Protocolos do tipo table-driven são mais suscetíveis a este tipo de ataque, já que este tipo de protocolo aceita atualização passivas de tabelas. Já nos protocolos on-demand esse tipo de ataque é mais complicado, pois seriam necessários 2 nodos maliciosos, contaminando as rotas para este tipo de ataque funcionar. [ALB00]
- Ataque de consumo de bateria (“Sleep deprivation”) – Esse tipo de ataque visa consumir a bateria de um nodo Ad Hoc a partir do envio de pacotes desnecessários para esse nodo. Isto forçaria o nodo a transmitir dados desnecessários e consumir assim mais rapidamente sua bateria, podendo levar o desligamento do nodo. [ALB00]
- Descobrir a localização do nodo (“Location Disclosure”) - Esse ataque visa basicamente descobrir a localização de um determinado nodo na rede, pode ser comparada com o comando traceroute do Linux. Esse ataque usa basicamente do envio de pacotes com um valor de salto (“hop value”) errado, fazendo assim que os nodos no caminho (entre o nodo malicioso e o nodo que se deseja descobrir a localização) respondam com pacotes de ICMP erro, possibilitando assim descobrir a localização do nodo desejado. [ALB00]

Como podemos ver redes Ad Hoc são redes extremamente poderosas em relação à liberdade dos nodos, já que a movimentação é praticamente livre, necessitando apenas estar na área de cobertura de outro nodo, mas também existem grande deficiências em relação à segurança. Por essa razão vamos estudar o comportamento de protocolos não

seguros com seguros, e ver se a introdução da segurança além de garantir que esses ataques não ocorram também possibilite que a rede funcione sem grandes perdas.

2.4. O padrão 802.11

O comitê da IEEE 802.11 foi constituído para criar as definições de redes sem fio para criar os padrões para esses tipos de redes. Foram definidos diversos padrões para diferentes tipos de redes entre eles, os mais importantes podem ser destacados: o 802.11a, 802.11b e 802.11g.

Segundo a wikipedia [WIK00] existe a seguinte cronologia para o estabelecimento dos padrões 802.11:

- *1989: o Federal Communications Commission (FCC), órgão americano responsável pela regulamentação do uso do espectro de freqüências, autorizou o uso de três faixas de freqüência;*
- *1990: o Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) instaurou um comitê para definição de um padrão para conectividade sem fio;*
- *1997: após sete anos de pesquisa e desenvolvimento, o comitê de padronização da IEEE aprovou o padrão IEEE 802.11; nessa versão inicial, as taxas de transmissão nominal atingiam 1 e 2 Mbps;*
- *1999: foram aprovados os padrões IEEE 802.11b e 802.11a, que usam as freqüências de 2,4 e 5 GHz e são capazes de atingir taxas nominais de transmissão de 11 e 54 Mbps, respectivamente. O padrão 802.11b, apesar de atingir taxas de transmissão menores, ganhou fatias maiores de mercado do que 802.11a; as razões para isso foram basicamente duas: primeiro, as interfaces 802.11b eram mais baratas do que as 802.11a e, segundo, as implementações de 802.11b foram lançadas no mercado antes do que as implementações de 802.11a. Além disso, nesse ano foi criada a Wireless Ethernet Compatibility Alliance (WECA), que se organizou com o*

objetivo de garantir a interoperabilidade entre dispositivos de diferentes fabricantes;

- *2000: surgiram os primeiros hot spots, que são áreas públicas onde é possível acessar a Internet por meio das redes IEEE 802.11. A WECA lançou o selo Wireless Fidelity (Wi-Fi) para atestar a aderência dos produtos às especificações; mais tarde o termo Wi-Fi tornou-se um sinônimo de uso abrangente das tecnologias IEEE 802.11;*
- *2001: a companhia americana de cafeterias Starbucks implementou hot spots em sua rede de lojas. Os pesquisadores Scott Fluhrer, Itsik Mantin e Adi Shamir demonstraram que o protocolo de segurança Wired Equivalent Privacy (WEP) é inseguro;*
- *2002: a WECA passou a se chamar Wi-Fi Alliance (WFA) e lançou o protocolo Wi-Fi Protected Access (WPA) em substituição ao protocolo WEP;*
- *2003: o comitê de padronização da IEEE aprovou o padrão IEEE 802.11g que, assim como 802.11b, trabalha na frequência de 2,4 GHz, mas alcança até 54 Mbps de taxa nominal de transmissão. Aprovou também, sob a sigla IEEE 802.11f, a recomendação de práticas para implementação de handoff;*
- *2004: a especificação 802.11i aumentou consideravelmente a segurança, definindo melhores procedimentos para autenticação, autorização e criptografia;*
- *2005: foi aprovada a especificação 802.11e, agregando qualidade de serviço (QoS) às redes IEEE 802.11. Foram lançados comercialmente os primeiros pontos de acesso trazendo pré-implementações da especificação IEEE 802.11e;*
- *2006: surgiram as pré-implementações do padrão 802.11n, que usa múltiplas antenas para transmissão e recepção, Multiple-Input Multiple-Output (MIMO), atingindo taxa nominal de transmissão de até 600 Mbps.*

Padrão	Ano de Definição	Frequência de Operação	Largura de Banda	Alcance em ambientes fechados
802.11a	1999	5GHz	54Mbps	Aproximadamente 30mts
802.11b	1999	2,4GHz	11Mbps	Aproximadamente 30mts
802.11g	2003	2,4GHz	54Mbps	Aproximadamente 30mts

2.4.1. 802.11a

A definição do 802.11a ocorreu no mesmo ano do 802.11b. Ela utiliza uma faixa de frequência mais alta que o 802.11b e também mais limpa, pois poucos equipamentos operam na faixa de 5GHz de frequência.

No início esse padrão não foi muito difundido, ficando restrito a locais que geravam grande interferência no 802.11b, ou por “pessoas” que necessitavam uma maior largura de banda já que o 802.11a pode operar até 54Mbps, mas dificilmente alcançando essa velocidade, sendo que na realidade ele realmente trabalha em torno de 20Mbps.

2.4.2. 802.11b

O padrão 802.11b foi definido no ano de 1999, sendo rapidamente aceito pela comunidade de fabricantes que começaram a fabricar e vender equipamentos com essa tecnologia. Esse padrão utiliza o protocolo CSMA/CA, sendo que na sua implementação utiliza-se o CCK que é uma variação do modelo CDMA já utilizado amplamente para celulares.

Podemos citar como a única falha inerente da definição e implementação do padrão 802.11b é que, como o CSMA/CA possui um grande overhead no protocolo, as velocidades máximas atingíveis pelo 802.11b são de 5.9Mbps no protocolo TCP e de 7.1Mbps no protocolo UDP.

2.4.3. 802.11g

O padrão 802.11g foi o último a ser definido, em 2003, ele foi definido basicamente pela necessidade de se trabalhar a maiores velocidades, na faixa de 2.4GHz. Esse padrão aceita uma velocidade máxima nominal de 54Mbps, mas trabalha, assim como o 802.11a, geralmente em 20Mbps.

Com a definição desse padrão e o surgimento de novas redes sem fio os fabricantes começaram a criar equipamentos “tri-band” que seriam equipamentos que entendem a modulação e sabem operar tantos em redes 802.11a, 802.11b, 802.11g.

3. PROTOCOLOS

3.1. Roteamento

Designa a maneira pela qual as redes de computadores localizam o caminho em que a informação pode ser enviada, em geral roteamento pode ser classificado em dois tipos: - *Adaptative Routing* - mudanças na topologia da rede são adaptadas de acordo com a estratégia de roteamento.

- *Not-Adaptative Routing* - o roteamento é realizado usando tabelas fixas.

Routing define a direção lógica pela qual os pacotes transitam em busca de seu destino final através de nodos intermediários conhecidos como *routers*. Essa ação usualmente é feita com o uso das chamadas *routing tables* construídas pelos *routers* ao longo do caminho.

Essas tabelas mantêm um registro das melhores rotas para diversos locais de redes, logo o objetivo primário do roteamento é a geração dessas tabelas. Note que para redes Ad Hoc apenas o uso de *Adaptative Routing* nos interessa, uma vez que com tabelas fixas uma rede móvel não iria operar nunca.

3.2. Protocolos de Roteamento

Facilitam a troca de informação a respeito do roteamento entre redes, permitindo que os *routers* construam as tabelas de roteamento dinamicamente.

Apesar de soar complexo o protocolo pode ser muito simples. Os protocolos de roteamento padrões utilizam o padrão *next-hop routing*, onde o roteador apenas precisa saber a destinação final do pacote e não o caminho inteiro pelo qual ele deverá percorrer.

Os protocolos de roteamento que serão descritos neste trabalho *Ad Hoc* trabalham

em redes com pouca ou nenhuma infra-estrutura.

3.3. Protocolos Ad Hoc

Em uma rede *Ad Hoc* os nodos de rede não têm uma noção da topologia ao seu redor, então de alguma forma eles precisam descobri-la. Para isso cada novo nodo anuncia sua presença na rede e espera que outros nodos também transmitam o anúncio de suas presenças na devida rede.

O nodo em questão aprende sobre a existência dos outros nodos e as maneiras que existem de alcançá-los. Em algum tempo todos os nodos se conhecem e sabem quem alcança quem, podendo assim determinar a maneira pela qual o roteamento será realizado. O principal problema dos protocolos Ad Hoc é a constante movimentação dos nodos presentes nessa rede, além disso ainda existe o problema adicional para se determinar quem pertence ou não pertence a essa rede.

De um protocolo Ad Hoc se espera que ele consiga manter as rotas de envio de pacotes ao longo do tempo em que os nodos de sua rede permanecerem comunicáveis possuir controle de errose tendo tempo de resposta razoável. De um protocolo Ad Hoc seguro se espera que ele além de possuir as características anteriores, possa autenticar os nodos e pacotes pertencentes a essa rede, isso sem degradação de desempenho, logo dependendo de métodos de cifragem ou criptografia simples.

Nesse trabalho o estudo foi direcionado a protocolos *On-Demand* e *Table Driven*. Na família dos pró-ativos, foram analisados os protocolos DSDV (Destination Sequenced Distance Vector) e SEAD (Secure Efficient Ad Hoc Distance vector routing), e na família dos reativos, foram analisados os protocolos DSR (Distance Source Routing) e ARIADNE.

Os protocolos *Ad Hoc* para melhor compreensão serão classificados em três tipos

a fim de facilitar seu entendimento, bem como para auxiliar a consulta desse trabalho e também a compreensão da análise de segurança desses protocolos.

3.3.1 On-demand

Também conhecido como protocolo reativo, o que significa que somente as rotas as quais forem requisitadas serão construídas, e implica que os nodos só irão conhecer as rotas que os conectam ao nodo alvo quando um pedido de envio for solicitado, por exemplo. Nesse tipo de protocolo o nodo não se esforça para guardar a informação de como alcançar esse nodo resultante.

3.3.1.1 Dynamic Source Routing

O protocolo DSR é composto por dois mecanismos que trabalham juntos permitindo a descoberta e manutenção de rotas na rede Ad Hoc:

Descobrimto de Rota é o mecanismo pelo qual um nodo **E** que deseja enviar um pacote a um nodo destino **D** obtém uma rota para **D**.

Manutenção de Rota é o mecanismo pelo qual o nodo **E** pode detectar, enquanto está usando a rota para **D**, se a topologia da rede foi modificada a ponto de não poder usar a rota para **D** porque a conexão dessa rota não funciona mais. Quando “Manutenção de Rota” indica que uma rota foi perdida, **E** pode tentar utilizar outra rota que possa conhecer para **D**, ou pode invocar novamente o Descobrimto de Rota para encontrar uma nova rota. O mecanismo de Manutenção de Rota é usado apenas quando **E** está enviando pacotes a **D**. [DSR00]

Graças a atuação desses dois mecanismos o DSR é dito inteiramente *On-Demand* uma vez que seus dois mecanismos são ativados justamente quando um nodo envia um

pedido de envio de pacotes.

Além desses mecanismos o DSR conta com outro meio de obter conhecimento de rotas. Existe um modo de operação do DSR onde é possível que um nodo “escute” a rota de outros nodos, podendo assim guardar essa informação para utilizá-la junto ao método de manutenção de rotas, obtendo um certo ganho de performance sem grande degradação de desempenho.

3.3.1.2 ARIADNE

O Ariadne se baseia no protocolo DSR [DSR00], e o seu diferencial está no sistema de segurança baseado em criptografia simétrica, usando o protocolo de broadcast e autenticação chamado TESLA. [TES01]

A segurança no Ariadne se fundamenta no segredo e autenticidade das chaves guardadas nos nodos.[ARI01] Assim cada nodo pertencente à rede deixa sua assinatura nos pacotes que circulam dentro dessa rede, ainda por contar com um sistema de sincronia dos relógios, o que poderá facilmente vir a descartar pacotes gerados por nodos maliciosos.

3.3.2. Table-driven

Todas as rotas são calculadas desde o início mesmo que não desejadas, e existe um esforço por parte do protocolo para que os nodos possuam as rotas calculadas a qualquer hora. Essa tabela de rotas pode ser atualizada dirigida a eventos, onde assim que uma mudança de topologia for detectada a tabela inteira é novamente calculada, ou mesmo periodicamente.

3.3.2.1 Destination-Sequenced Distance-Vector Routing

O DSDV é um protocolo Table-Driven baseado no mecanismo Distance Vector de Bellman-Ford, para sua concepção tentou-se corrigir dois problemas encontrados no DV. O primeiro problema era que o DV gerava loops, o segundo problema era a velocidade de adaptação a mudanças na topologia da rede.

Como solução para o problema dos loops foi acrescentada a tabela de roteamento uma coluna referente a um número sequencial de identificação, possibilitando assim conhecer quem fez a alteração e quando foi feita. Para o segundo problema a solução encontrada foi a atualização periódica das tabelas de rota sendo essas anunciadas constantemente.

3.3.2.2 SEAD

O Sead é baseado no protocolo DSDV e o seu diferencial está na atualização das tabelas de rotas, que não é feita baseada em um tempo médio como no DSDV.

Cada nodo no SEAD usa um esquema de correntes hash em cada update de rota realizado, sendo que assim esse esquema permite que um outro nodo possa apenas aumentar a métrica existente ao longo do percurso e não diminuí-la como seria realizado por nodos maliciosos.

3.3.3. Hybrid

Como o nome sugere o protocolo híbrido é um protocolo on-demand e table-driven simultaneamente, e esse modo de operação somente poderá ser explicado de acordo com cada protocolo híbrido estudado, não podendo ser feitas as generalizações impostas aos protocolos anteriores.

4. FERRAMENTAS DE SIMULAÇÃO E ANÁLISE

Para realizar os testes sobre os protocolos de roteamento e fazer as observações do comportamento dos diferentes protocolos frente aos cenários que podem ser criados em ambientes reais, fazemos o uso de simulações de forma a testar o ambiente real sem a necessidade de compra de equipamentos ou a implementação em sistemas reais.

4.1. Network Simulator 2

Para a realização dessas simulações foi usado o simulador Network Simulator 2, o qual é um simulador baseado em eventos discretos, que a partir de um arquivo de configuração se pode setar diversos parâmetros para a rede e configurações possíveis.

O NS foi escolhido como a ferramenta de simulação para nosso trabalho, pois ele é amplamente utilizado em simulações de redes por todo o mundo, além de conter diversas fontes de dados e informações para geração de cenários diferentes. Também há uma ampla base de dados de suporte dele, o que facilita na busca de dados ao confrontar eventuais problemas.

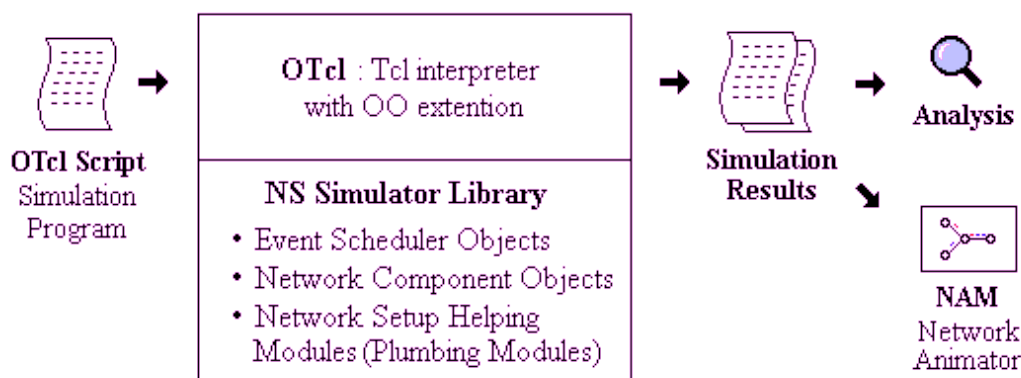


Fig. 1 – Esquema de funcionamento do NS2.

4.1.1. Características

O NS é escrito em C++, mas para a criação dos scripts ele usa a linguagem tcl, pois é de mais fácil entendimento, além de permitir um maior poder de criação de simuladores de novos protocolos e formas de roteamento.

Além disso, o este simulador contém amplo suporte para simulação de roteamento, protocolos multicast, protocolos IP, TCP, UDP e muitos outros tipos de simulação. Ele também permite a simulação de redes com fio ou sem fio, sendo o segundo tipo o objeto de estudo deste trabalho .

Para as redes sem fio, o network simulator oferece grande suporte para a simulação de redes Ad Hoc, permitindo a criação de múltiplos nodos e o estabelecimento da movimentação desses nodos sobre um plano. Dentro da criação dos nodos pode-se também estabelecer o tipo de comunicação entre os nodos e o tempo dessa comunicação, além de como já foi dito o protocolo utilizado.

4.2. Trace graph

Entretanto só o simulador não é suficiente para a análise dos dados, já que após a simulação estes, que são o resultado da simulação, estão em uma forma a qual não permite a leitura humana de forma direta, então quando é gerado o arquivo com o resultado da simulação esse arquivo é lido por um programa que interprete estes resultados e gere a saída de uma forma que possamos entender e analisar estes dados.

Para a análise dos dados temos a opção de usar diversos programas, dentre estes testamos o xgraph e o Trace graph, após analisar os dois optamos pelo o uso do Trace graph.

O Trace graph foi criado por um estudante de graduação da Polônia e suporta

diversos tipos de “tracefiles” geradas pelo network simulator, dentre elas:

- De redes sem fio (formato novo e velho do “tracefile”)
- Redes com fio e sem fio juntas
- Redes com fio

Após a análise do “tracefile” o Trace graph pode gerar:

- 238 tipos de gráficos 2D
- 12 gráficos 3D
- Informações sobre delay, jitter, tempo de processamento, número de nós intermediários, gráficos de throughput e estatísticas desses dados
- Os resultados podem ser salvos em arquivos de texto, gráficos ou arquivos de imagem
- E tem scripts de processamento para fazer a análise automática dos dados

Frente a tantos aspectos de processamento que o Trace graph permite utilizar, escolhemos este para a análise dos dados do network simulator.

5. SIMULAÇÃO

As simulações foram efetuadas utilizando o NS-2, que já foi explicado em capítulo anterior, com os dados sendo analisados pelo tracegraph. Os parâmetros da simulação foram passados para o network simulator usando um script Otcl (anexo) padrão.

Nesta simulação foram utilizados os seguintes parâmetros:

Tipo de canal: Wireless Channel	Tipo de tráfego: Dados – CBR
Modelo de propagação: Two Ray Ground	Largura de banda: 2 Mbps
Tipo de interface: Wireless Phy	Protocolo Roteamento: SEAD, <i>Ariadne</i> , DSDV, DSR
Tipo de MAC: 802.11b	Número de estações móveis: 50
Tipo de camada de ligação: LL	Tamanho dos pacotes: 512 bytes , 1024bytes
Modelo de antena: Omni Antenna	Tipo de Fila: FIFO
Dimensões do ambiente: 1500 X 300m	Número máximo de pacotes na fila: 50
Modelo de mobilidade: Random Trip Model	Tempo de pausa: 0s, 30s, 60s, 120s, 300s, 600s
Protocolo de conexão: UDP	Tempo de simulação: 600s
Taxa de Transmissão: 16kbps, 32kbps	

5.1. Parâmetros Fixos

- Tipo de canal: O tipo de canal implementado na simulação, por se tratar de uma rede Ad Hoc, é o canal do tipo de redes sem fio (*Wireless Channel*), sendo que estes tipos de canal implementam totalmente as especificações da IEEE 802.11 com DCF (*Distributed Coordination Function*).
- Modelo de propagação: O modelo *Two Ray Ground* define um melhor comportamento da propagação incluindo interferências do ambiente e atraso da

propagação. Sendo que ele é considerado um melhor modelo de propagação para simulação de ambientes maiores do que em pequenos ambientes. [MNS00]

- Tipo de interface: Como estamos trabalhando em redes sem fio, o tipo de interface é uma interface wireless seguindo os padrões *Lucent 914MHz WaveLAN*.
- Tipo de MAC: O tipo de MAC segue o padrão da IEEE 802.11b, sendo que as características de enlace e rede implementadas por esse padrão já foi explicada anteriormente.
- Dimensões do ambiente: Esse parâmetro define o tamanho do ambiente e o tipo do ambiente que o nodos da simulação podem se mover, no nosso caso definimos um retângulo de 1500m por 300m, já que ficou caracterizado por estudos que em um ambiente retangular o número de saltos intermediários para um pacote chegar até o nodo final é maior.
- Modelo de mobilidade: O modelo de mobilidade escolhido, o *Random Trip Model*, é um modelo de movimentação mais genérico e próximo ao real, consistindo de períodos de pausa e outros de movimentação com velocidades entre 0m/s e 20m/s. Este modelo generaliza os modelos *Random Waypoint* e *Random Action* para um cenário mais real, sendo que ele tem uma “inicialização perfeita” não necessitando de de um tempo de transição. [RTM00]
- Protocolo de conexão: O protocolo de conexão estudado e usado na simulação foi o UDP. Foi selecionado esse protocolos pois como ele não faz checagem de ordem

dos pacotes, nem checa se todos os pacotes chegaram, ele se torna um protocolo mais leve e eficiente que o TCP.[RFC00] Dessa forma facilitando assim o seu uso em sistemas Ad Hoc já que estes podem não possuir poder de processamento e/ou bateria suficientes.

- Tipo de tráfego: O tipo de tráfego simulado foi o CBR (*Constant Bit Rate*).
- Largura de banda: A largura de banda usada foi a padrão do modelo 802.11b para redes Ad Hoc, que seria de 2Mbps, no caso a largura de banda seria o máximo de quantidade de dados que pode ser transferida de um nodo ao outro.
- Número de estações móveis: Neste caso, temos a quantidade de nodos presentes no sistema que possam se comunicar entre si. No nosso caso teremos 50 nodos fazendo a comunicação entre eles e o roteamento de pacotes para outros nodos do sistema.
- Tipo de fila: O tipo de fila trata como os pacotes recebidos pelos nodos são tratados para reenvio ou envio, no caso o tipo de fila FIFO determina que os pacotes que primeiro chegarem ou forem gerados no nodo serão enviados primeiro para o próximo nodo e/ou nodo de destino.
- Número máximo de pacotes na fila: Esse parâmetro trata do tamanho máximo da fila de pacotes dentro do nodo, sendo que os pacotes que chegarem excedendo o tamanho máximo de fila serão descartados. No nosso caso deixamos um número máximo de 50 pacotes na fila de cada nodo.

- Tempo de simulação: O tempo de simulação define o tempo máximo que o Network Simulator irá coletar dados sobre a simulação. Definimos um tempo máximo de 600 segundos.

5.2. Parâmetros Variáveis

Para variação de parâmetros, foram criados arquivo de tráfego e cena, pois cada tipo de variação precisa de um diferente tipo de arquivo.

O tipo de protocolo simulado é variado no próprio arquivo Otcl padrão, para variação do tempo de pausa. Foi criado um arquivo de cena para cada tempo de pausa:

- Tempo de pausa: O tempo de pausa define o comportamento da movimentação dos nodos dentro da simulação, com um tempo de pausa baixo os nodos estão em constante movimento, já um tempo de pausa de 600 segundos são nodos praticamente sem movimentação. Sendo que os nodos aguardam o tempo de pausa antes de iniciar uma nova movimentação, e cada movimentação tem uma velocidade entre 0m/s e 20m/s, seguindo sempre o *Random Trip Model*.
- Arquivo de cena: Os arquivos de cena contêm a movimentação dos nodos dentro do espaço determinado nos parâmetros de acordo com o tempo, além de estabelecer o comportamento desses nodos no tempo de pausa.

Já para a variação do tamanho dos pacotes e da taxa de transmissão foram criados um arquivo de tráfego para cada combinação:

- Tamanho do pacote: Esse parâmetro se refere ao tamanho que os pacotes com dados vão ter no sistema simulado, sendo que no nosso caso variamos esse tamanho com 512bytes e 1024bytes.
- Taxa de transmissão: A taxa de transmissão se refere a quantidade de bits que o sistema é capaz de transmitir, sendo que na nossa simulação é de 16KBps e 32KBps.
- Arquivos de tráfego: Estes arquivos contêm as informações referentes ao tamanho do pacote e taxa de transmissão e como será feita a comunicação entre os nodos, sendo que essa comunicação no momento que se gera o arquivo é feita de forma aleatória, sendo assim qualquer nodo tem a mesma probabilidade de estabelecer uma comunicação com outro nodo qualquer. Esses dados são passados para o simulador dentro do script Otcl (exemplo desse arquivo nos anexos). No total foram gerados 4 arquivos de tráfegos, um para cada possível par, entre tamanho de pacote e taxa de transmissão.

Para nossa simulação utilizamos para média dos dados um arquivo de tráfego para cada situação e três arquivos de cena diferentes. Os dados da média das três simulações efetuadas encontram-se expressos na tabela.

Sendo que vamos utilizar de uma simulação temos de deixar claro os prós e contras desta e porque escolhemos simular em vez de implementar um ambiente real.

5.3. Prós da simulação

- Não há necessidade de possuir o ambiente real: Nas simulações não há necessidade de você comprar equipamentos, possuir um ambiente para efetuar a simulação, nem criar uma movimentação de nodos. Além de não precisar implantar os protocolos dentro do dispositivo móvel. Isso tudo facilita a análise dos dados.
- Menor necessidade de tempo: Como não há necessidade de possuir o ambiente real na simulação há a possibilidade de obter uma quantidade maior de dados em um menor tempo, o que é crucial para trabalhos de estudo.
- Facilidade de análise de resultados: Como o simulador permite exportar dados direto para um programa que consegue analisar estes dados e passá-los de forma amigável a quem simula isso ajuda, já que não precisa, por exemplo, implantar um nodo que seja alcançável pelos outros nodos apenas para coleta de dados.

5.4. Contras da simulação

- Não há conhecimento do ambiente real: Com a simulação não é possível a definição de um ambiente específico de simulações criando, por exemplo, alguns pontos de interferência ou o que aconteceria se acabasse a bateria de um nodo.
- Não é possível aplicar um movimento determinístico nos nodos: Com o uso do network simulator não é possível você determinar um movimento específico para um nodo, como dizer que em um determinado momento ele faria uma curva de

noventa graus, criando assim dificuldade se houver necessidade de movimentos específicos.

6. RESULTADOS

Para análise dos seguintes resultados foi pensado um ambiente de simulação onde existem 50 aviões do tipo caça não tripulados. Estes aviões coletam informações sobre os inimigos e seu local de vôo e repassam para outros caças que podem ajudar no ataque ou na defesa.

Estes caças não podem ter sua comunicação interceptada nem podem ser tomados pelo inimigo (se tornariam nodos maliciosos então). A partir desses dados poderemos analisar o comportamento de cada dado analisado bem como o comportamento dos protocolos.

Não houve também a simulação de nodos maliciosos no nosso caso, pois visamos estudar o desempenho dos protocolos baseados nas métricas estudadas, e ver se a implementação de protocolos seguros causou uma grande degradação de desempenho ou é passível a utilização destes.

Na simulação tempo de pausa irá representar um tempo em que os caças estariam sobrevoando a área coletando informações, passando informações sobre posições de inimigos e suas posições mas ainda não atacando, nem computando dados sobre o ataque. Já a variação de taxa de transmissão e tamanho do pacote seria referente à possibilidade de dados que os caças transmitiriam entre si.

Pode ser pensado antes dos resultados algumas idéias básicas sobre o comportamento dos protocolos que serão analisados nos resultados. Podemos imaginar que, com a implementação de protocolos criptográficos, a comunicação irá apresentar uma maior quantidade de dados transmitidos, dessa forma aumentando o throughput, além de que a partir dos estudos dos protocolos pode ser suposto que o delay irá diminuir também com o uso da criptografia.

Além disso podemos também supor que ao aumentar o tamanho do pacote e/ou a taxa de transmissão haverá um aumento do número de pacotes gerados e enviados, pois há um aumento do tamanho da taxa de transmissão real (como visto anteriormente).

6.1. Resultados DSR

6.1.1. 16KBps

1 - DSR PROTOCOL (600s 16kbps 512bytes)											
tempo pausa	pkt gen	pkt send	pkt drop	pkt lost	pkt rcv	send bytes	PDR	delay	throughput (kbps)	% pkt lost	Throughput Efetivo
0s	51789	25466	48967	13870	37919	14702536	1,49	8,6302213	23,93	0,27	17,52
30s	51741	29780	41981	14086	37655	16144448	1,26	5,5803589	26,28	0,27	19,12
60s	51751	32148	40393	16004	35747	17319844	1,11	7,0336718	28,19	0,31	19,47
120s	51760	32471	39993	16912	34848	17312696	1,07	5,2293426	28,18	0,33	18,97
300s	51747	41761	27814	17121	34626	21458888	0,83	3,6604719	34,93	0,33	23,37
600s	51716	37908	33166	17972	33744	19727736	0,89	6,0887386	32,11	0,35	20,95

1 - DSR PROTOCOL (600s 16kbps 1024bytes)											
tempo pausa	pkt gen	pkt send	pkt drop	pkt lost	pkt rcv	send bytes	PDR	delay	throughput (kbps)	% pkt lost	Throughput Efetivo
0s	161964	47963	160163	29567	132397	28176428	8,63	8,6274946	45,86	0,18	37,42
30s	162146	54376	161687	37025	125121	31753288	2,30	8,4656627	51,68	0,23	39,88
60s	161836	57809	152528	34945	126891	32911532	2,20	6,7947209	53,57	0,22	42,00
120s	162124	64189	148777	42448	119676	35077300	1,86	6,3099640	57,09	0,26	42,14
300s	162270	75577	142331	49001	113269	40729048	1,50	6,0110007	66,29	0,30	46,27
600s	162338	77873	132112	44001	118337	41232004	1,52	4,2921578	67,11	0,27	48,92

6.1.2. 32KBps

1 - DSR PROTOCOL (600s 32kbps 512bytes)											
tempo pausa	pkt gen	pkt send	pkt drop	pkt lost	pkt rcv	send bytes	PDR	delay	throughput (kbps)	% pkt lost	Throughput Efetivo
0s	162204	48525	161160	29933	132271	28192668	2,73	10,1644447	45,89	0,18	37,42
30s	162244	54613	162158	36796	125448	31775544	2,30	8,1123909	51,72	0,23	39,99
60s	162297	61603	150285	37748	124549	33698352	2,02	6,7584702	54,85	0,23	42,09
120s	162189	63874	150528	41550	120639	34830536	1,89	5,4012299	56,69	0,26	42,17
300s	162469	78322	140125	50362	112107	40667788	1,43	5,8793398	66,19	0,31	45,67
600s	162486	81518	131287	46483	116003	41791300	1,42	4,0933964	68,02	0,29	48,56

1 - DSR PROTOCOL (600s 32kbps 1024bytes)											
tempo pausa	pkt gen	pkt send	pkt drop	pkt lost	pkt rcv	send bytes	PDR	delay	throughput (kbps)	% pkt lost	Throughput Efetivo
0s	324716	57833	329393	38327	286389	33976256	4,95	8,7360749	55,30	0,12	48,77
30s	324574	65362	329606	48602	275972	37656944	4,22	8,0400148	61,29	0,15	52,11
60s	324538	73035	312735	47765	276773	39460716	3,79	6,7187926	64,23	0,15	54,77
120s	324696	77864	314814	55265	269431	42442288	3,46	5,7674946	69,08	0,17	57,32
300s	324548	85485	306683	57944	266604	46680832	3,12	6,8029378	75,98	0,18	62,41
600s	324604	96533	288443	55017	269587	51423460	2,79	3,7107334	83,70	0,17	69,51

6.2. Resultados Ariadne

6.2.1. 16KBps

1 - Ariadne PROTOCOL (600s 16kbps 512bytes)											
tempo pausa	pkt gen	pkt send	pkt drop	pkt lost	pkt rcv	send bytes	PDR	delay	throughput (kbps)	% pkt lost	Throughput Efetivo
0s	51746	29029	41516	14893	36853	14303520	1,27	4,1353636	23,28	0,29	16,58
30s	51721	32043	36021	13196	38525	15911164	1,20	2,9203336	25,90	0,26	19,29
60s	51729	30488	37603	13380	38349	15124104	1,26	3,3178086	24,62	0,26	18,25
120s	51649	29114	39448	13657	37992	14437016	1,30	3,7603246	23,50	0,26	17,28
300s	51734	34593	29815	10421	41313	17314876	1,19	2,2903701	28,18	0,20	22,50
600s	51659	32056	35463	13533	38126	15997620	1,19	3,8943860	26,04	0,26	19,22

1 - Ariadne PROTOCOL (600s 16kbps 1024bytes)											
tempo pausa	pkt gen	pkt send	pkt drop	pkt lost	pkt rcv	send bytes	PDR	delay	throughput (kbps)	% pkt lost	Throughput Efetivo
0s	162488	51957	142171	27178	135310	24093756	2,60	4,4537805	39,22	0,17	32,66
30s	162342	53256	138177	25193	137149	24938660	2,58	3,4308515	40,59	0,16	34,29
60s	162202	58794	133717	26763	135439	27995136	2,30	3,6812194	45,57	0,16	38,05
120s	162358	58361	132836	25544	136814	27695236	2,34	3,5486979	45,08	0,16	37,98
300s	162034	64175	123307	23276	138758	30902732	2,16	3,0230397	50,30	0,14	43,07
600s	162176	67509	122626	25741	136435	32690248	2,02	3,1000839	53,21	0,16	44,76

6.2.1. 32KBps

1 - Ariadne PROTOCOL (600s 32kbps 512bytes)											
tempo pausa	pkt gen	pkt send	pkt drop	pkt lost	pkt rcv	send bytes	PDR	delay	throughput (kbps)	% pkt lost	Throughput Efetivo
0s	162097	52746	141824	28318	133779	24086824	2,54	4,1651747	39,20	0,17	32,35
30s	162076	54670	137828	26459	135617	25296356	2,48	3,3471586	41,17	0,16	34,45
60s	162391	58785	135278	28220	134171	27418716	2,28	3,8750670	44,63	0,17	36,87
120s	162255	60136	133131	27912	134343	28306196	2,23	3,3694507	46,07	0,17	38,15
300s	162078	64629	125594	25787	136291	30697080	2,11	3,2489907	49,96	0,16	42,01
600s	162293	69182	122174	26836	135457	32864688	1,96	2,9309065	53,49	0,17	44,65

1 - Ariadne PROTOCOL (600s 32kbps 1024bytes)											
tempo pausa	pkt gen	pkt send	pkt drop	pkt lost	pkt rcv	send bytes	PDR	delay	throughput (kbps)	% pkt lost	Throughput Efetivo
0s	324550	69498	292871	34138	290412	29760660	4,18	3,0189715	48,44	0,11	43,34
30s	324182	69939	291259	32901	291281	30448460	4,16	3,0706479	49,56	0,10	44,53
60s	324532	77972	287872	37561	286971	34684756	3,68	3,0149255	56,45	0,12	49,92
120s	324504	75704	291236	38887	285617	33611888	3,77	3,3410016	54,71	0,12	48,15
300s	324618	86795	277024	36628	287990	39699316	3,32	3,3022662	64,61	0,11	57,32
600s	324166	95989	266244	35987	288179	44399500	3,00	2,5800285	72,26	0,11	64,24

6.3. Resultados DSDV

6.3.1. 16KBps

1 - DSDV PROTOCOL (600s 16kbps 512bytes)											
tempo pausa	pkt gen	pkt send	pkt drop	pkt lost	pkt rcv	send bytes	PDR	delay	throughput (kbps)	% pkt lost	Throughput Efetivo
0s	51725	35586	27615	10787	40938	18251460	1,15	2,1255779	29,71	0,21	23,51
30s	51741	33887	29851	11446	40295	17273176	1,19	2,6868904	28,11	0,22	21,89
60s	51646	33672	28731	10065	41581	17237816	1,23	2,8226643	28,06	0,19	22,59
120s	51766	36147	31808	14784	36982	18914828	1,02	1,8876824	30,79	0,29	21,99
300s	51626	39824	26006	12416	39210	21061796	0,98	1,5000194	34,28	0,24	26,04
600s	51627	37672	27088	11855	39772	19663628	1,06	3,0419331	32	0,23	24,66

1 - DSDV PROTOCOL (600s 16kbps 1024bytes)											
tempo pausa	pkt gen	pkt send	pkt drop	pkt lost	pkt rcv	send bytes	PDR	delay	throughput (kbps)	% pkt lost	Throughput Efetivo
0s	162204	59218	136880	25129	137075	33697628	2,31	3,5843429	54,85	0,15	46,35
30s	162062	64460	135693	30188	131874	36101788	2,05	3,1286095	58,76	0,19	47,81
60s	162060	56554	142075	24885	137175	33655744	2,43	3,7285294	54,78	0,15	46,37
120s	162004	70635	127204	27668	134336	39354488	1,90	4,4750928	64,05	0,17	53,11
300s	162136	72656	133734	33602	128534	41739356	1,77	3,5115878	67,94	0,21	53,86
600s	162058	70358	119705	20725	141333	38900316	2,01	3,8541586	63,31	0,13	55,22

6.3.2. 32KBps

1 - DSDV PROTOCOL (600s 32kbps 512bytes)											
tempo pausa	pkt gen	pkt send	pkt drop	pkt lost	pkt rcv	send bytes	PDR	delay	throughput (kbps)	% pkt lost	Throughput Efetivo
0s	162272	51473	139376	20827	141445	28053384	2,75	4,3581061	45,66	0,13	39,80
30s	162214	56405	140691	25947	136267	31274252	2,42	4,2686513	50,9	0,16	42,76
60s	162263	57168	140650	24063	138200	32966820	2,42	3,2433988	53,66	0,15	45,70
120s	162123	66397	139741	32664	129459	37813408	1,95	3,4016998	61,55	0,2	49,15
300s	162387	90241	109391	30591	131796	48125896	1,46	2,4967661	78,33	0,19	63,57
600s	162150	74784	116120	20372	141778	40780580	1,90	3,4093483	66,37	0,13	58,04

1 - DSDV PROTOCOL (600s 32kbps 1024bytes)											
tempo pausa	pkt gen	pkt send	pkt drop	pkt lost	pkt rcv	send bytes	PDR	delay	throughput (kbps)	% pkt lost	Throughput Efetivo
0s	324172	60542	309449	21544	302628	40748792	5,00	3,6332608	66,32	0,07	61,92
30s	324662	58986	312121	21921	302741	39857548	5,13	3,9676828	64,87	0,07	60,49
60s	323822	56277	312133	15140	308682	40680656	5,49	3,7446572	66,21	0,05	63,12
120s	324514	56295	320551	20381	304133	42492604	5,40	3,8623531	69,16	0,06	64,82
300s	324300	78407	280368	15806	308494	48405108	3,93	4,0108000	78,78	0,05	74,94
600s	324444	84179	283226	24784	299660	51377696	3,56	4,2279972	83,62	0,08	77,23

6.4. Resultados SEAD

6.4.1. 16KBps

1 - SEAD PROTOCOL (600s 16kbps 512bytes)											
tempo pausa	pkt gen	pkt send	pkt drop	pkt lost	pkt rcv	send bytes	PDR	delay	throughput (kbps)	% pkt lost	Throughput Efetivo
0s	51726	46567	37464	32280	19446	23753096	0,42	0,2038388	38,66	0,6	14,53
30s	51688	48824	36818	33960	17728	24940448	0,36	0,0200752	40,59	0,7	13,92
60s	51555	47265	38908	34608	16947	24119404	0,36	0,0409158	39,26	0,7	12,90
120s	51651	48076	39966	36387	15264	24543252	0,32	0,0180294	39,95	0,7	11,81
300s	51596	49354	32777	30539	21057	25224328	0,43	0,0110682	41,06	0,6	16,76
600s	51658	49648	41592	39582	12076	25379416	0,24	0,0117209	41,31	0,8	9,66

1 - SEAD PROTOCOL (600s 16kbps 1024bytes)											
tempo pausa	pkt gen	pkt send	pkt drop	pkt lost	pkt rcv	send bytes	PDR	delay	throughput (kbps)	% pkt lost	Throughput Efetivo
0s	162028	72262	139598	42432	119596	39127740	1,66	2,0490575	63,68	0,3	47,01
30s	162134	92763	135608	59720	102414	49412984	1,10	1,0699197	80,42	0,4	50,80
60s	162006	82141	137858	49598	112408	44806628	1,37	1,2570411	72,93	0,3	50,60
120s	161898	87235	144084	61332	100566	47229380	1,15	1,3762013	76,87	0,4	47,75
300s	162214	110904	128172	71760	90454	58520952	0,82	0,8756903	95,25	0,4	53,11
600s	161922	98314	128763	59460	102462	52205592	1,04	1,0687037	84,97	0,4	53,77

6.4.2. 32KBps

1 - SEAD PROTOCOL (600s 32kbps 512bytes)											
tempo pausa	pkt gen	pkt send	pkt drop	pkt lost	pkt rcv	send bytes	PDR	delay	throughput (kbps)	% pkt lost	Throughput Efetivo
0s	162302	78356	135704	44648	117654	42023708	1,50	1,3106094	68,4	0,28	49,58
30s	162339	81528	144276	56230	106109	43776824	1,30	1,1819504	71,25	0,35	46,57
60s	162240	82632	137475	49493	112747	44942704	1,36	1,1815006	73,15	0,31	50,83
120s	161962	90058	142757	64585	97377	47835472	1,08	1,4082948	77,86	0,40	46,81
300s	162339	81528	144276	56230	106109	43776824	1,30	1,1819504	71,25	0,35	46,57
600s	162168	97999	129554	59237	102931	51997980	1,05	1,0089836	84,63	0,37	53,72

1 - SEAD PROTOCOL (600s 32kbps 1024bytes)											
tempo pausa	pkt gen	pkt send	pkt drop	pkt lost	pkt rcv	send bytes	PDR	delay	throughput (kbps)	% pkt lost	Throughput Efetivo
0s	324818	60909	320816	23350	301468	44585608	4,95	2,5481395	72,57	0,07	67,35
30s	324046	68811	323396	33990	290056	49090252	4,22	1,6899180	79,90	0,10	71,52
60s	324390	75603	317596	35214	289176	52326380	3,82	2,0122062	85,17	0,11	75,92
120s	324172	84783	319361	49810	274362	55891512	3,24	2,0350561	90,97	0,15	76,99
300s	323958	107208	291433	52934	271024	64589688	2,53	1,6483144	105,13	0,16	87,95
600s	324238	98211	292292	43397	280841	60287272	2,86	1,5514926	98,12	0,13	84,99

Baseado nessas tabelas temos alguns parâmetros de comparação e que podem ser analisados entre os protocolos, nossa análise e irá contemplar uma comparação entre

os protocolos seguros e inseguros do mesmo tipo, ou seja, table-driven (DSDV e SEAD) e on-demand (DSR e Ariadne).

Iremos analisar os dados a partir de gráficos comparativos entre os protocolos e baseados nos resultados e nas premissas que pensamos antes das simulações. Buscaremos o protocolo final que será mais compatível com o caso definido.

6.5. Análise dos Resultados

Nossa análise irá se basear primeiramente em um comparativo dentro da cada métrica estudada. Iremos comparar o comportamento de protocolos seguros e não seguros.

6.5.1. Número de Pacotes Gerados

Essa métrica se refere ao número de pacotes que o simulador gerou na simulação, podemos já adiantar que há um crescimento sempre que se aumenta a taxa de transmissão e/ou o tamanho do pacote.

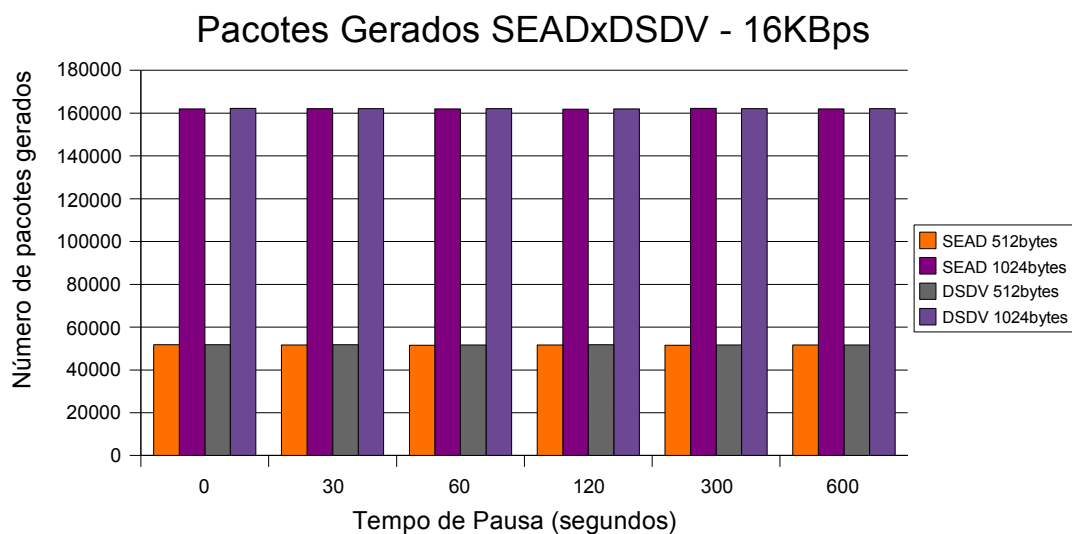


Gráfico 1

Pacotes Gerados ARIADNExDSR - 16KBps

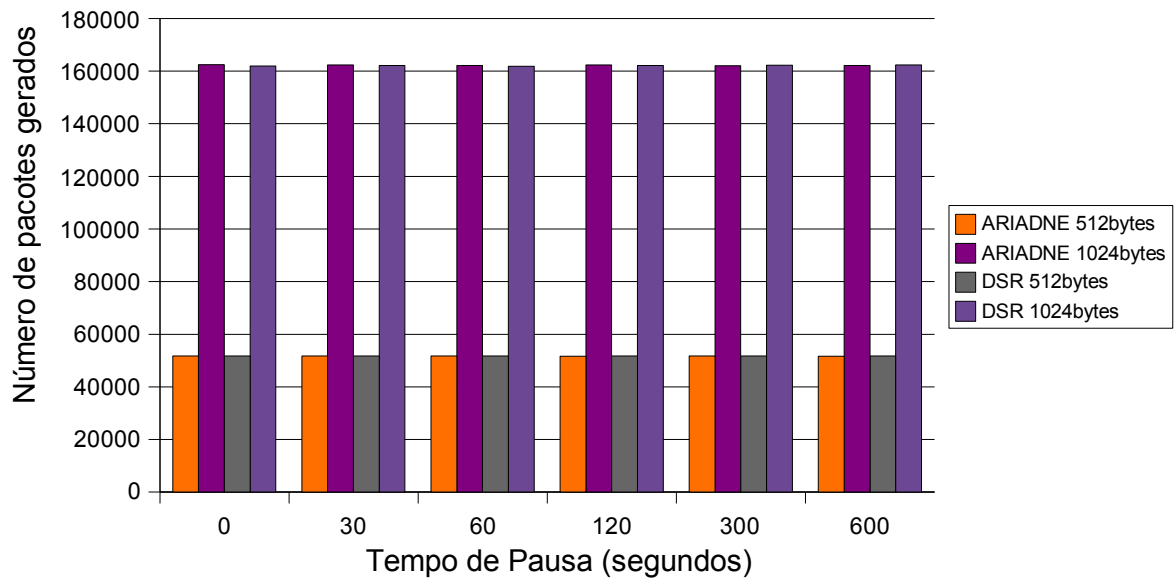


Gráfico 2

Pacotes Gerados SEADxDSDV - 32KBps

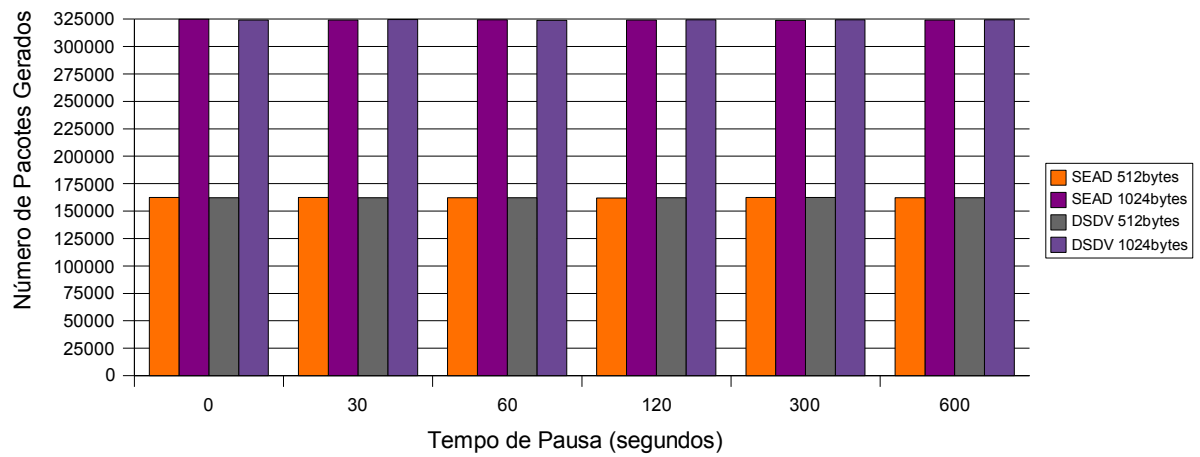


Gráfico 3

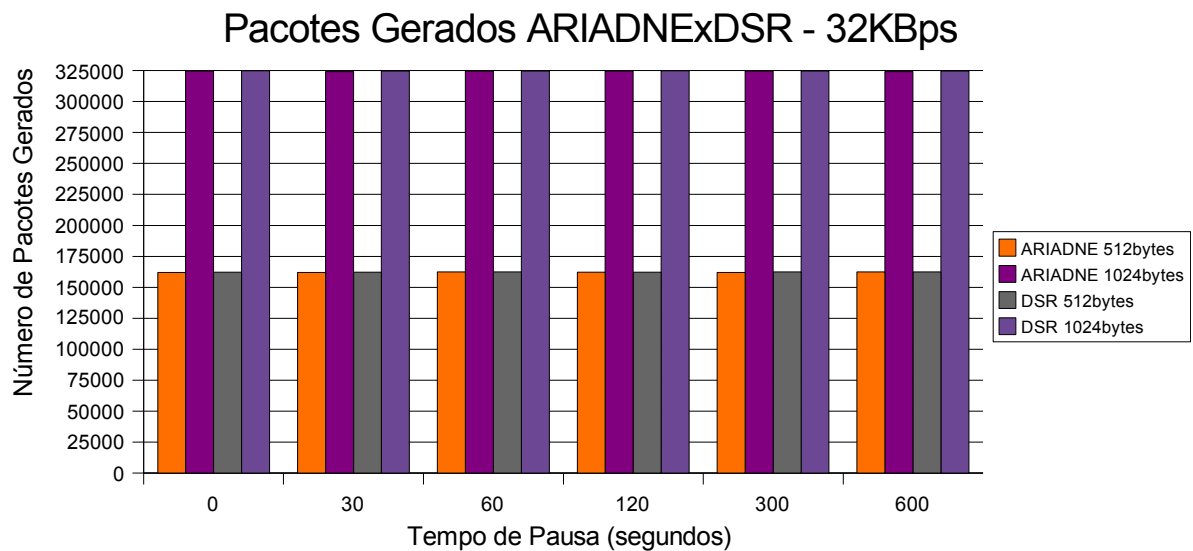


Gráfico 4

Como pode ser visto nos gráficos não há mudança do número de pacotes gerados em relação ao tipo de protocolo, se eles possuem ou não mecanismo de segurança ou se tem um tempo de pausa maior ou menor. Na verdade a mudança de número de pacotes gerados muda de acordo com a variação da taxa de transmissão ou do tamanho do pacote.

6.5.2. Número de Pacotes Enviados

Este valor trata sobre a quantidade de pacotes enviados no sistema, traçando assim uma idéia sobre a possibilidade de vazão de pacotes dentro do sistema, ou seja, a partir dessa métrica podemos ter uma idéia se um protocolo permite o envio maior de pacotes no sistema ou menor, possibilitando assim uma análise de desempenho dos protocolos. Mas dentro dessa análise teremos também de levar em conta que, como protocolos seguros implementam criptografia, pode-se elevar o número de pacotes gerado nesses sistemas.

Pacotes Enviados SEADxDSDV - 16KBps

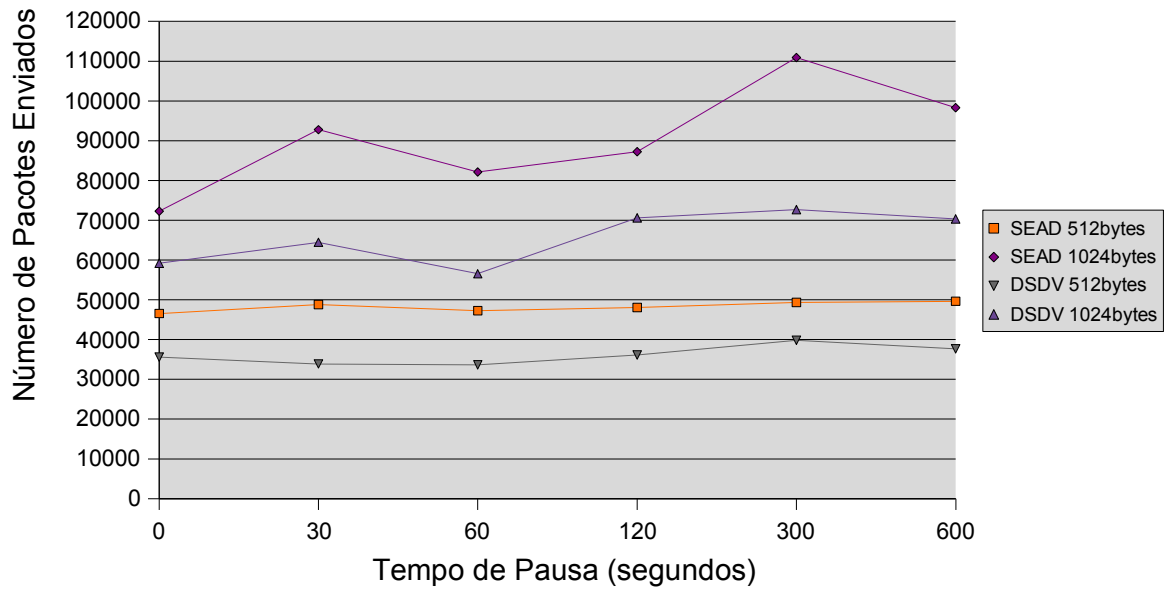


Gráfico 5

Pacotes Enviados SEADxDSDV - 32KBps

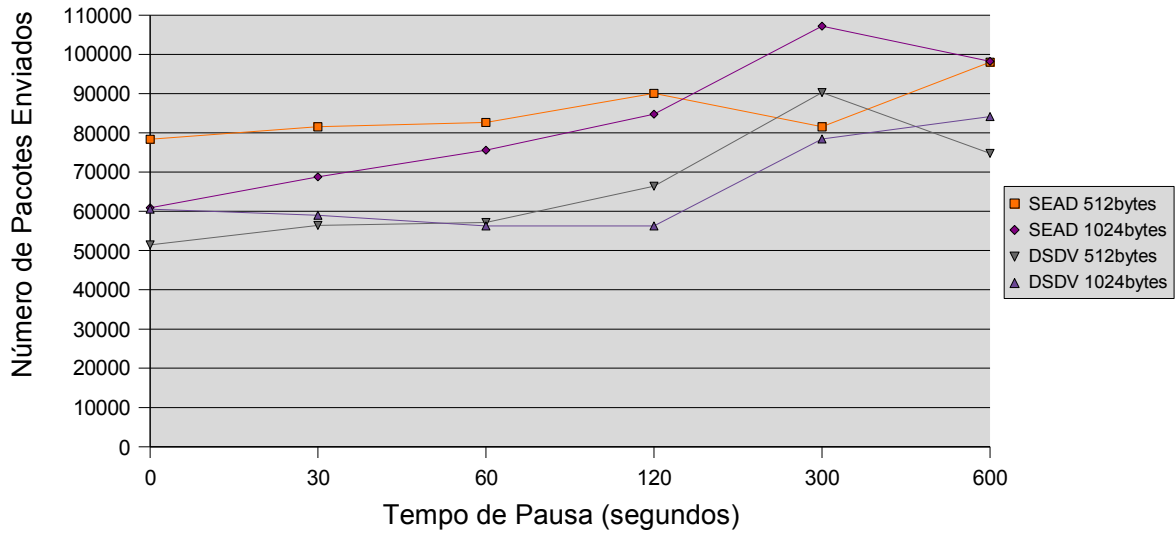


Gráfico 6

Como pode ser observado a partir do comportamento do SEADxDSDV, ao aumentar a taxa de transmissão e com tempos de pausa altos, o valor do número de

pacotes fica quase igual mesmo com um tamanho de pacote diferente. Podemos ver também que a curva entre o DSDV e o SEAD para tamanhos de pacotes iguais é parecida, dessa forma não influenciando a escolha do protocolo, apenas sabendo que o tempo de pausa alto melhora do funcionamento destes protocolos, já que as tabelas podem ser montadas antes.

Pacotes Enviados ARIADNExDSR - 16KBps

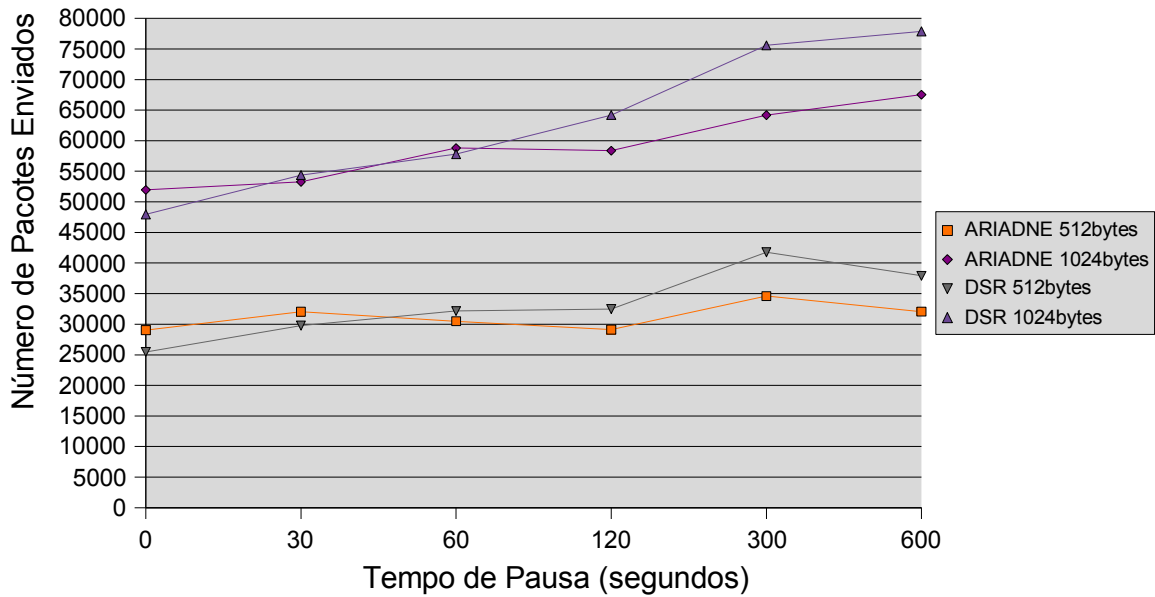


Gráfico 7

Pacotes Enviados ARIADNExDSR - 32KBps

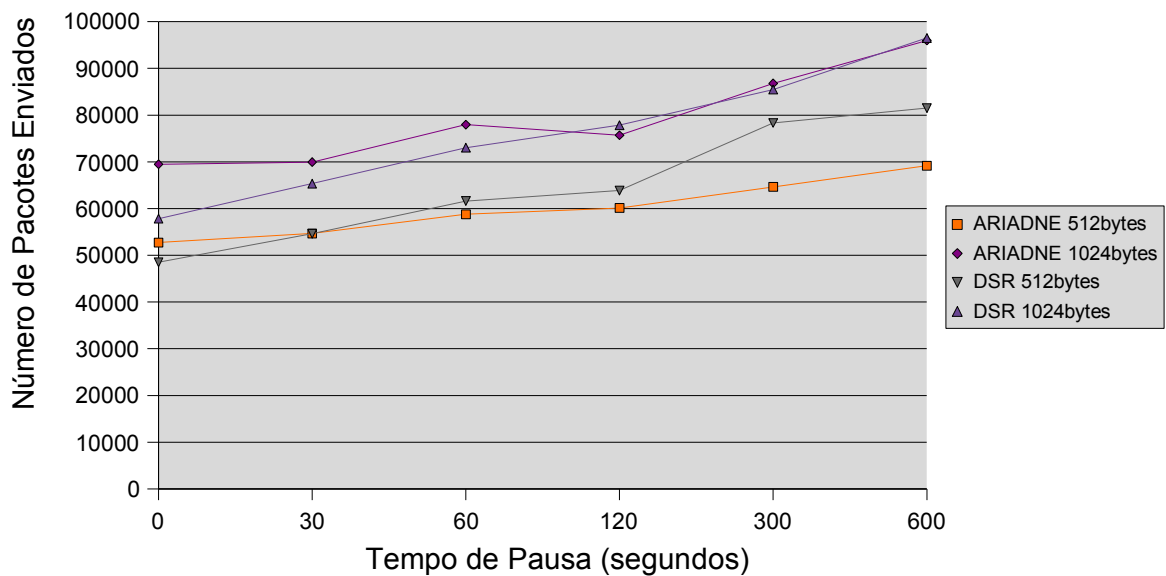


Gráfico 8

O comportamento dos protocolos Ariadne e DSR é muito parecida entre os protocolos, sendo que com taxas de transmissão menores ou pacotes menores há uma leve vantagem para o protocolos sem segurança, o que com o aumento do número de pacotes ou da taxa de transmissão fica menor a diferença. Desta forma podemos destacar o Ariadne como um tipo de protocolo mais indicado para o caso estudado.

Para o estudo de caso consideramos o Ariadne como melhor protocolo no geral para esse caso, pois tem um comportamento mais padronizado de acordo com o tempo de pausa e/ou mudança na taxa de transmissão, o que ajuda a prever seu comportamento em outros tipos de configuração.

6.5.3. Número de Pacotes Descartados

O número de pacotes descartados se refere a quantidade de pacotes que foram descartados devido ao tamanho da fila ter sido excedida, dessa forma esse valor poderia diminuir ou aumentar se fosse mexido o tamanho da fila, mas como não foi alterado esse parâmetro podemos concluir que o número de pacotes descartados vai variar de acordo com o número de pacotes gerados, o tamanho do pacote e a taxa de transmissão.

Pacotes Descartados SEADxDSDV - 16KBps

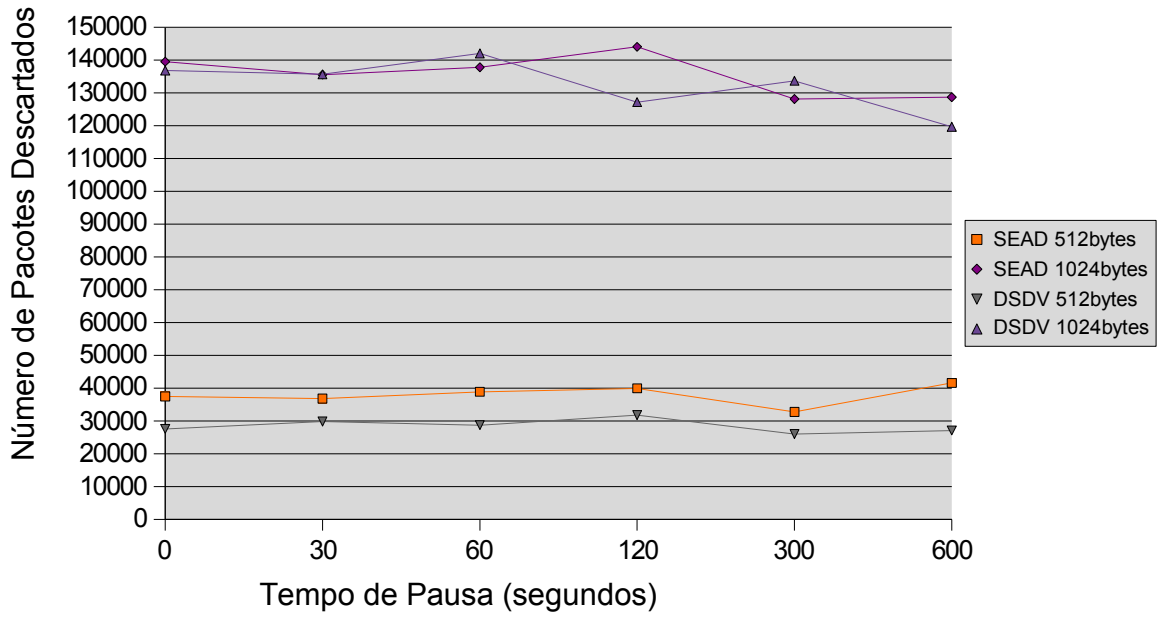


Gráfico 9

Pacotes Descartados SEADxDSDV - 32KBps

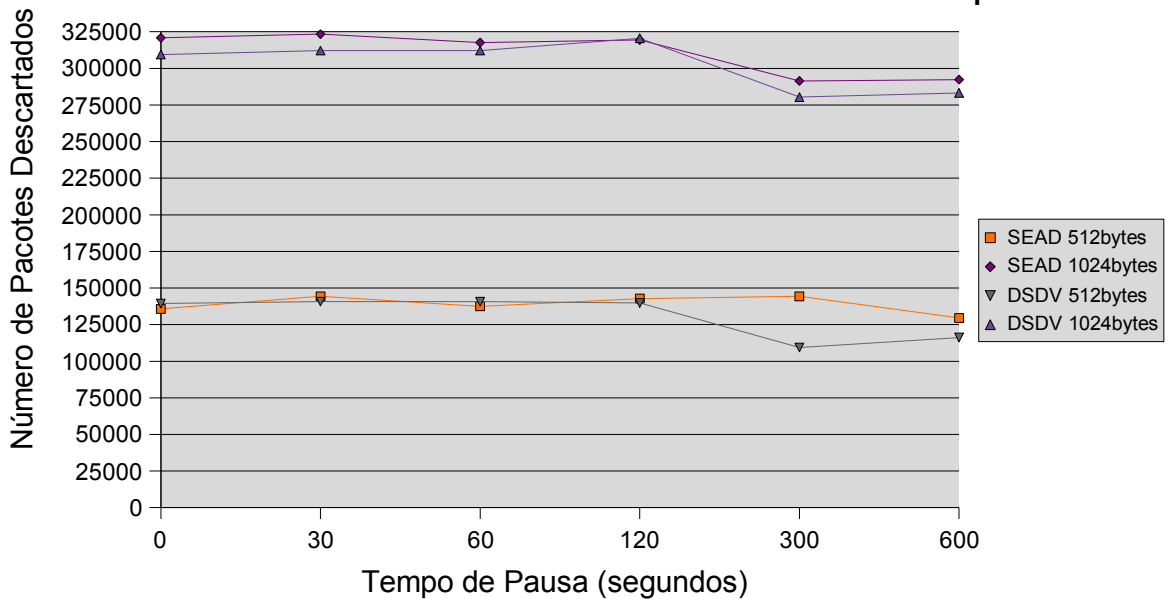


Gráfico 10

Como pode ser observado a relação entre o número de pacotes descartados entre o SEAD e o DSDV é quase igual, não havendo grandes diferenças com a implementação

da criptografia. Isso ocorre porque a fila tem tamanho constante e como não há diferenças de pacotes gerados não é observado também diferenças no tamanho da fila.

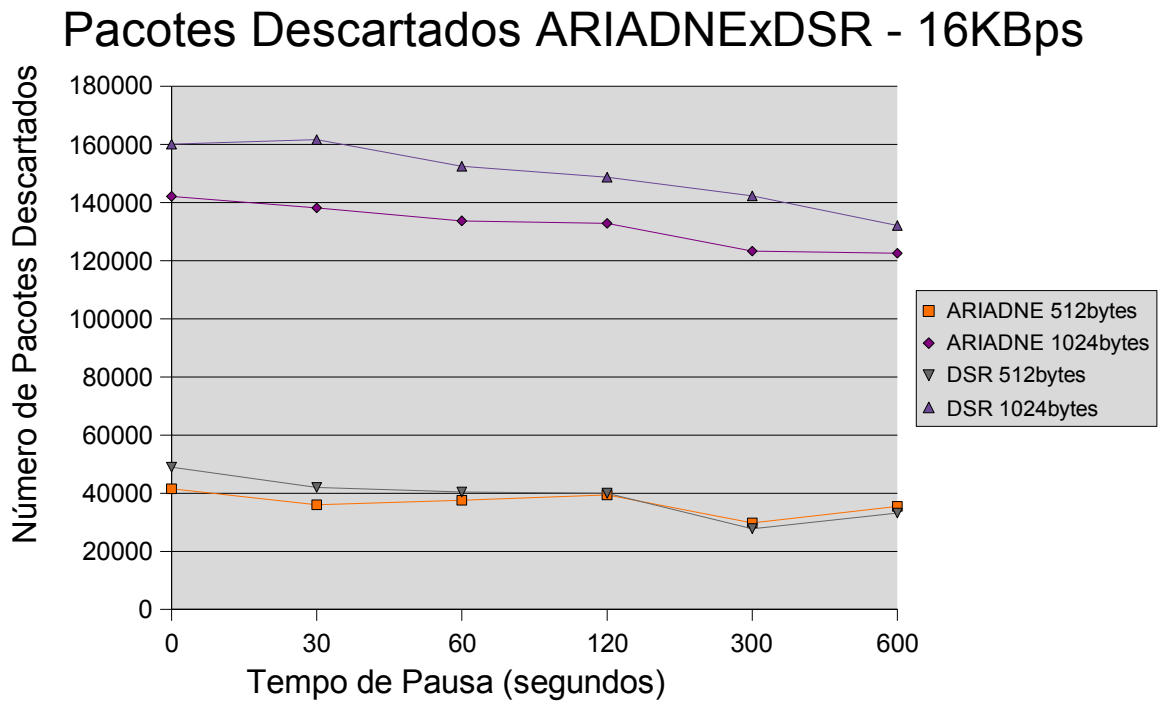


Gráfico 11

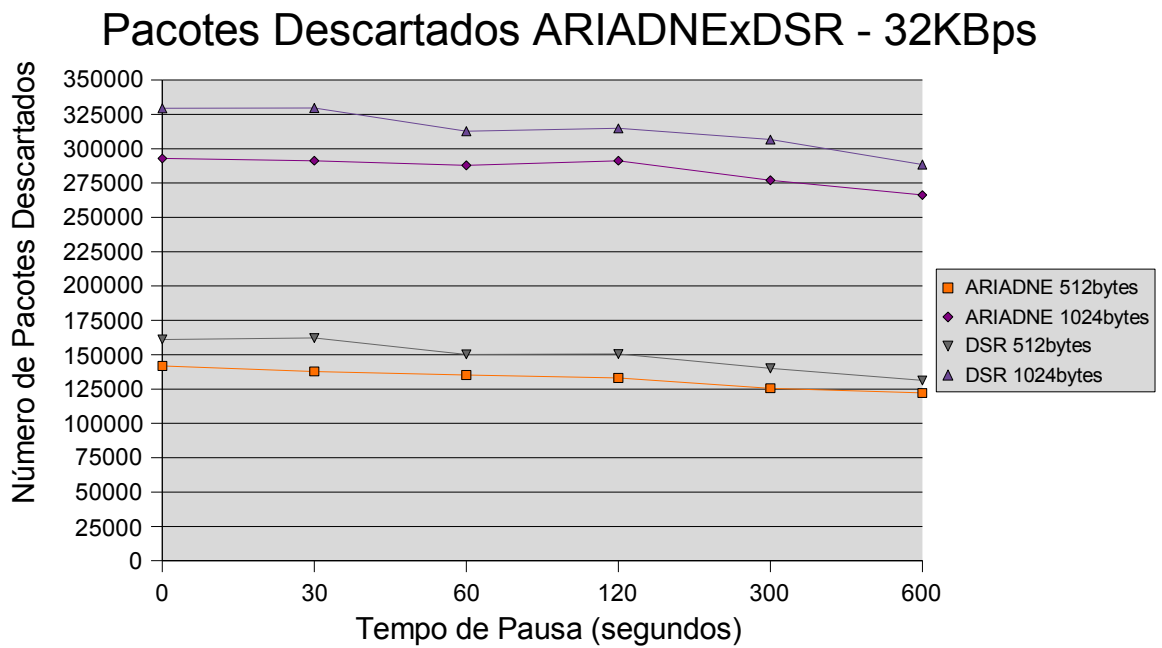


Gráfico 12

Assim como observado no comportamento do DSDV e SEAD, no Ariadne e DSR também não apresenta grandes diferenças no número de pacotes descartados, mas o Ariadne apresenta uma pequena vantagem frente ao DSR por descartar menos pacotes.

No caso desta métrica, mais uma vez o Ariadne se mostrou o melhor protocolo, porque apresenta ligeiramente menos pacotes descartados em relação ao DSDV, então no nosso estudo de caso mais uma vez o protocolo escolhido seria o Ariadne.

6.5.4. Número de Pacotes Perdidos

Essa métrica trata sobre o número de pacotes que foram perdidos durante o caminho entre o nodo de origem e o nodo de destino. Esses pacotes podem ter sido perdidos desde por falhas na transmissão como nodos que saíram do raio de ação de um nodo, mas por falta de alterações na tabela o pacote não pode ser enviado.

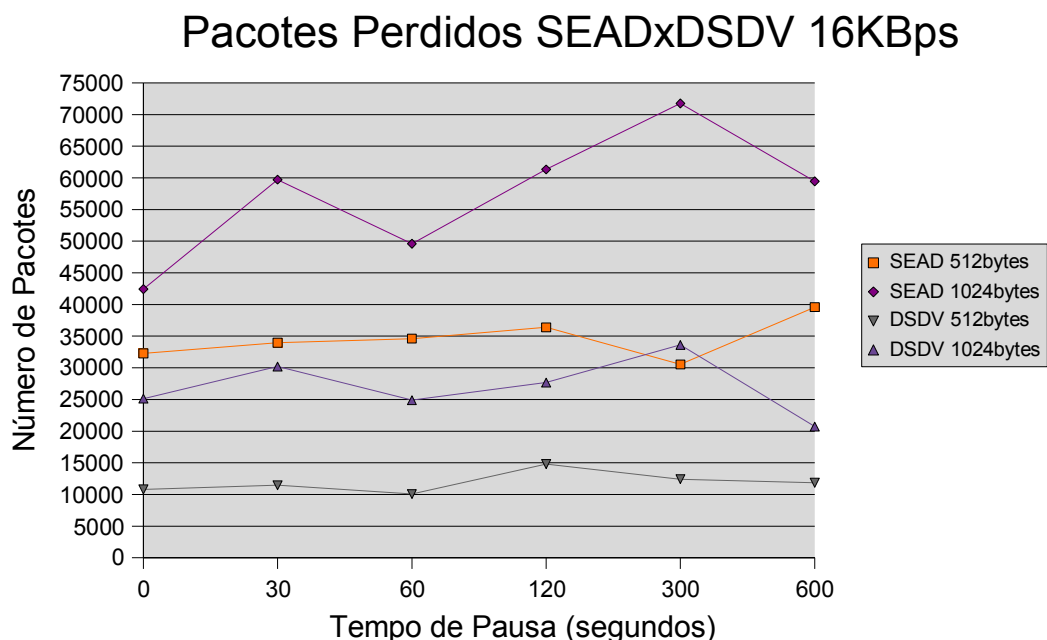


Gráfico 13

Pacotes Perdidos SEADxDSDV 32KBps

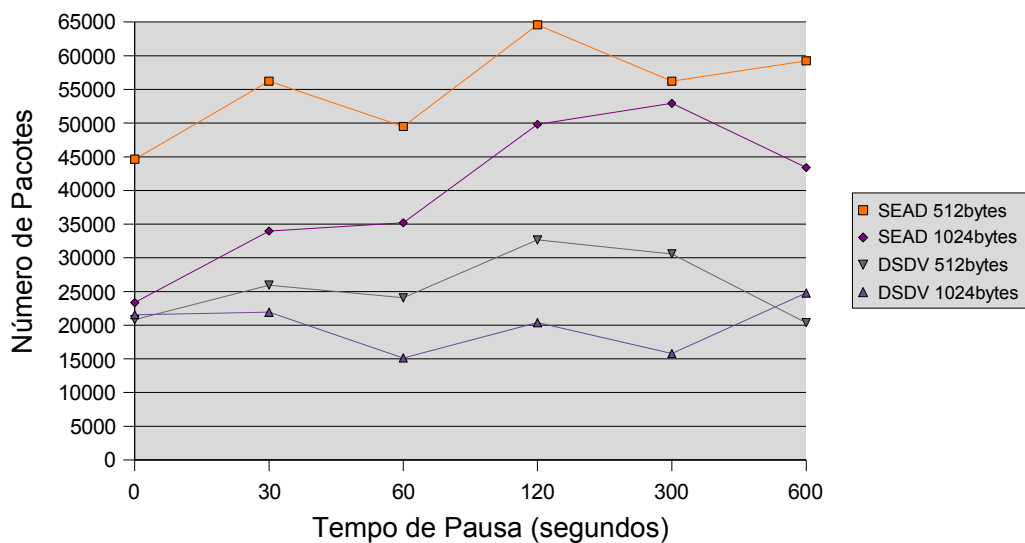


Gráfico 14

Como podemos ver pelos gráficos da comparação entre o DSDV e o SEAD com a implementação de criptografia, bem como o controle de delay no SEAD, ocasiona um aumento do número de pacotes perdidos. Com o aumento da taxa de transmissão e do tamanho do pacote, o número dos pacotes perdidos em proporção ao total de pacotes enviados diminui, já que há uma maior taxa de transmissão total.

Pacotes Perdidos ARIADNExDSR 16KBps

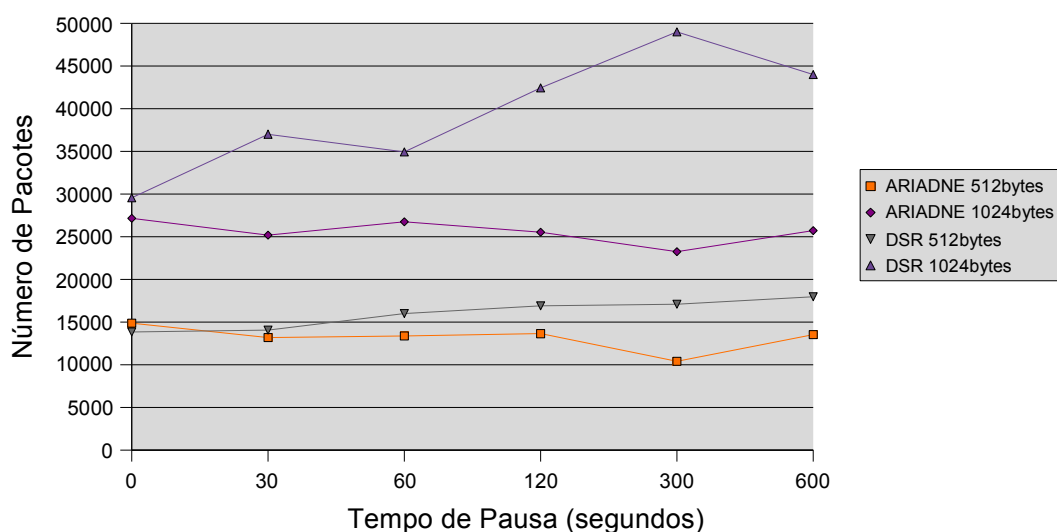


Gráfico 15

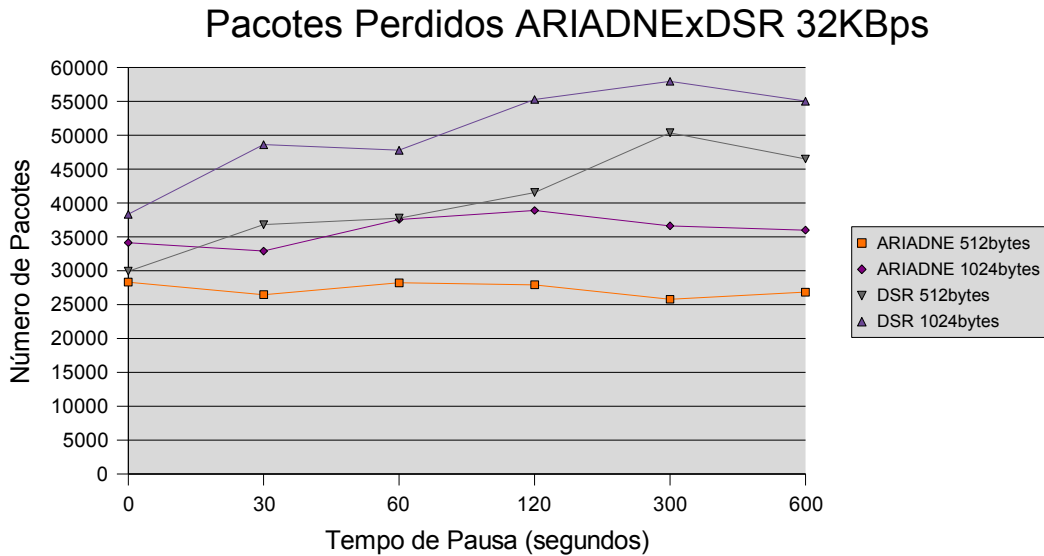


Gráfico 16

Já na comparação entre o Ariadne e o DSR podemos observar que o Ariadne tem um número de pacotes perdidos menor, já que a tabela de rotas é construída on-demand podemos ver que o incremento de criptografia não causa o aumento de pacotes perdidos, e podemos observar que essa diminuição de pacotes perdidos é causado pelo aumento de pacotes descartados, no Ariadne em relação ao DSR.

Em relação a pacotes perdidos e criptografia, podemos considerar que o melhor protocolo a ser implementado no nosso estudo de caso seria o Ariadne, o qual tem uma perda de pacotes menor que os outros, além de implementar criptografia.

6.5.5. Número de Pacotes Recebidos

Essa métrica define o número de pacotes que foram recebidos pelos nodos finais, ou seja, são todos os pacotes que foram enviados e recebidos pelo nodos destinos, assim sendo o número de pacotes que conseguem entregar a informação até seu destino.

Pacotes Recebidos SEADxDSDV - 16KBps

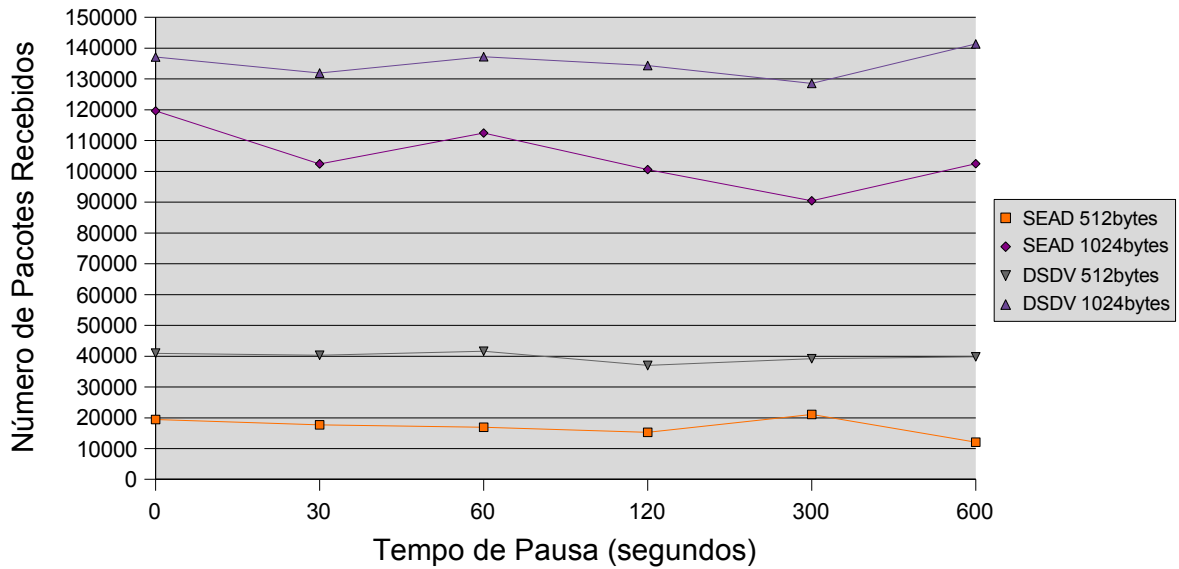


Gráfico 17

Pacotes Recebidos SEADxDSDV - 32KBps

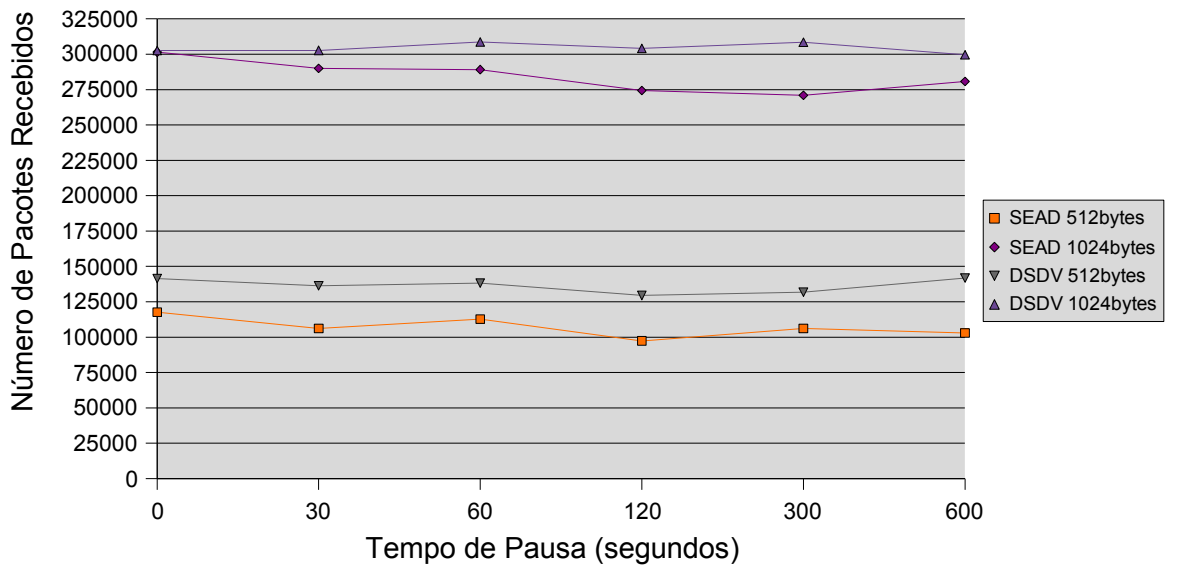


Gráfico 18

Nessa comparação entre o SEAD e o DSDV podemos observar que o SEAD tem uma menor taxa de recebimento de pacotes que o DSDV, sendo que com o aumento da

taxa de transmissão e do tamanho de pacote essa diferença diminui ligeiramente. Isto ocorre porque com a introdução da criptografia o SEAD se torna um protocolo com um controle de delay máximo no qual pode ocorrer perda dos pacotes que possam chegar acima desse delay máximo.

Pacotes Recebidos ARIADNExDSR - 16KBps

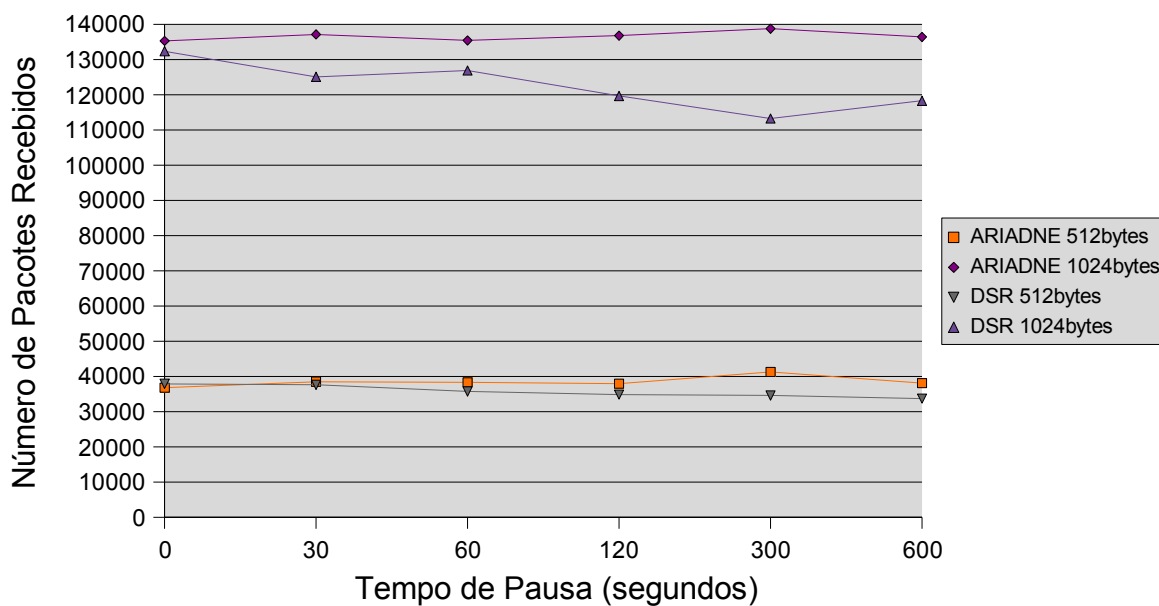


Gráfico 19

Pacotes Recebidos ARIADNExDSR - 32KBps

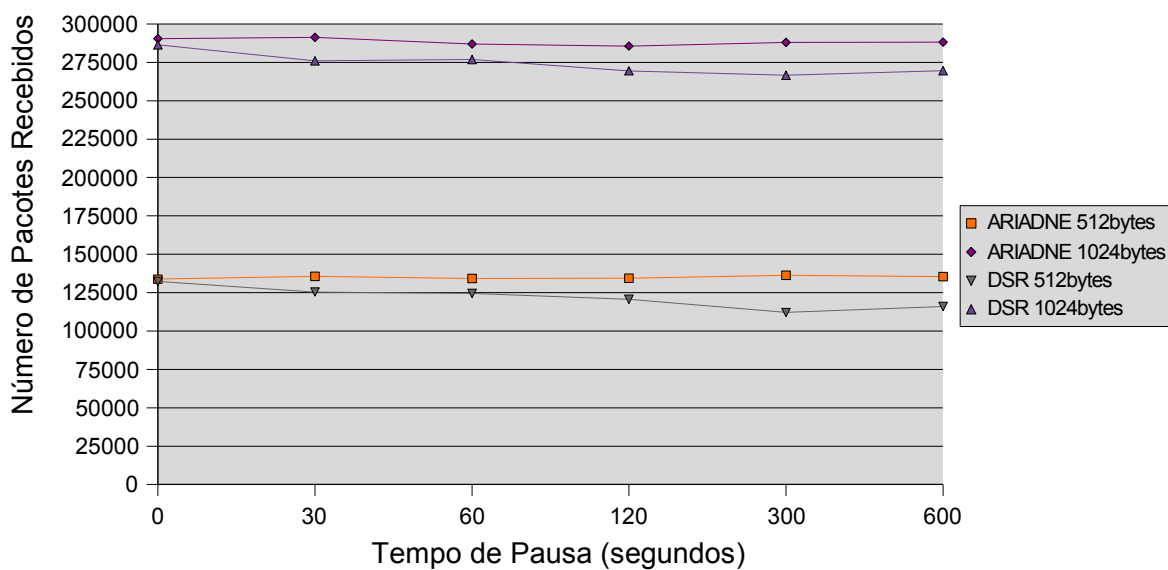


Gráfico 20

Na comparação entre o Ariadne e o DSR pode ser observado que o Ariadne possui uma taxa ligeiramente maior de pacotes recebidos principalmente com o aumento do tempo de pausa. Isto acontece porque como o protocolo é on-demand de acordo que ocorre o aumento do tempo de pausa mais rotas os nodos conhecem. Além disso, por possuir aumento da segurança e o uso de criptografia baseada em tempo, os pacotes têm uma taxa maior de entrega garantida, pois os pacotes que excedem o tempo da criptografia são descartados.

Como o Ariadne tem um valor de pacotes recebidos parecidos com o DSDV e o Ariadne possui criptografia, mais uma vez este tipo de protocolo é o mais indicado no caso estudado.

6.5.6. PDR (Packet Delivery Ratio)

Esse valor se refere à quantidade total de pacotes recebidos pelos nodos no sistema e pelo número total de pacotes enviados pelo nodos de origem. No caso quanto maior o PDR significa que é maior o tráfego de dados não relacionados com envios de pacotes e sim com atualização de tabelas, ou dados retransmitidos.

PDR SEADxDSDV - 16KBps

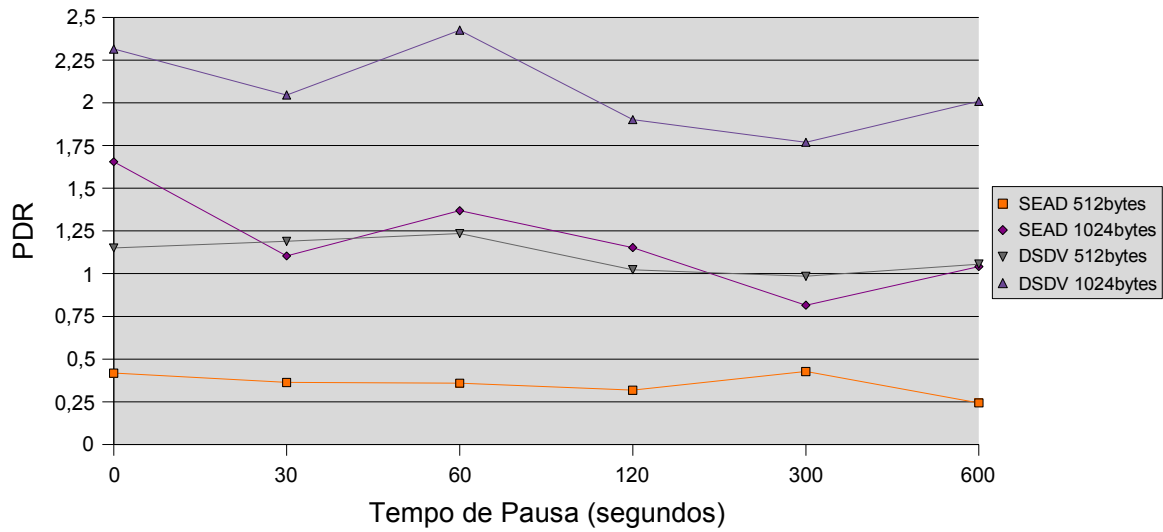


Gráfico 21

PDR SEADxDSDV - 32KBps

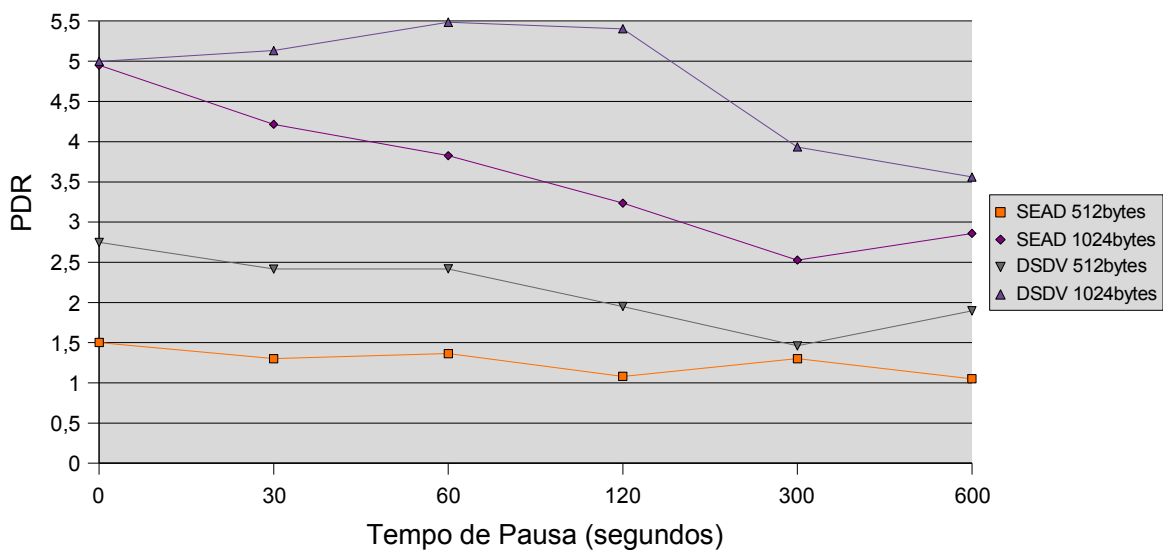


Gráfico 22

Como pode ser observado nessa comparação entre o DSDV e o SEAD podemos verificar que o SEAD tem um PDR menor. Isso se deve porque ocorre menos atualizações de tabelas com o SEAD devido a sua implementação, se tornando um protocolo melhor em relação ao DSDV nesse quesito.

PDR ARIADNExDSR - 16KBps

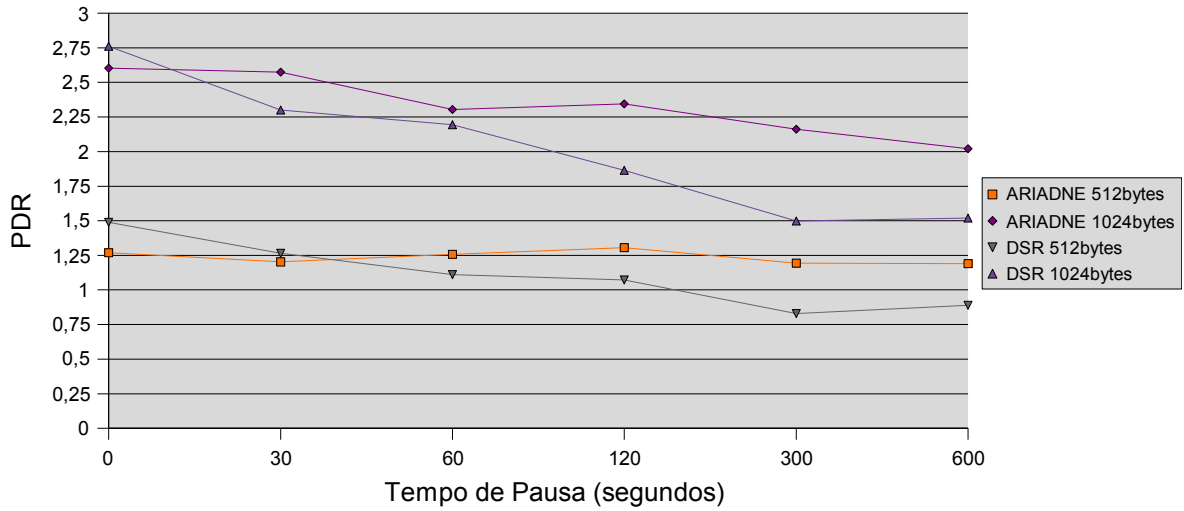


Gráfico 23

PDR ARIADNExDSR - 32KBps

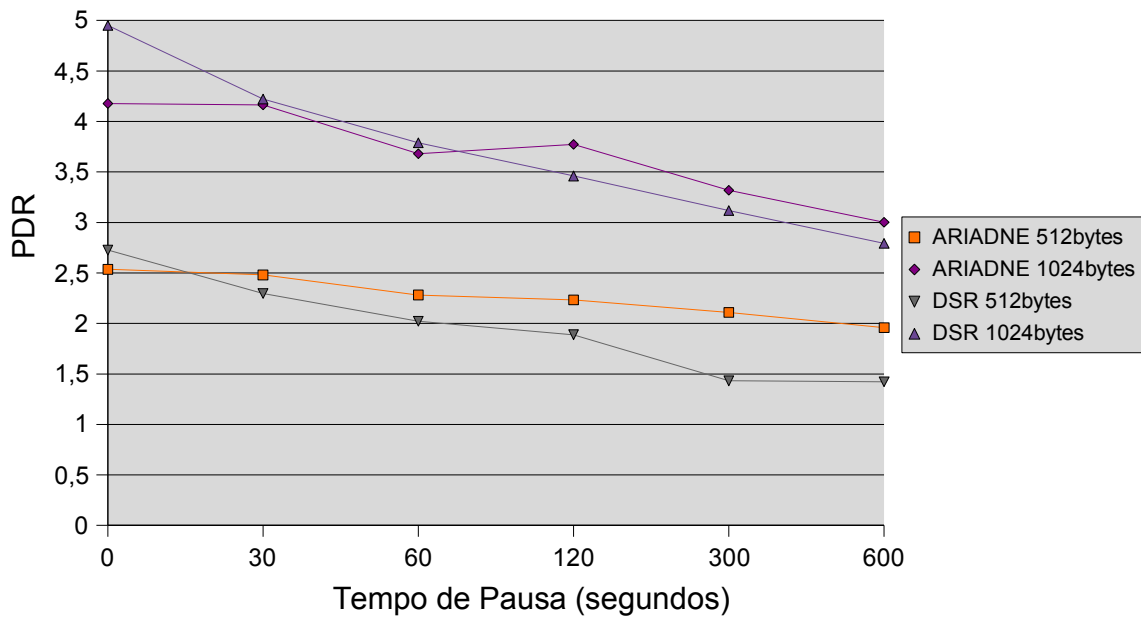


Gráfico 24

Já na comparação entre o Ariadne e o DSR podemos observar que com baixo tempo de pausa o Ariadne tem um PDR menor que o do DSR. Isso acontece porque com a necessidade de achar as rotas assim que inicia a simulação, o Ariadne ganha uma pequena vantagem, mas quando aumenta o tempo de pausa e os nodos começam a

conhecer algumas rotas há um maior PDR no Ariadne. Esse resultado se justifica protocolo utiliza o tempo como processo de criptografia havendo, assim, a necessidade de um maior tráfego de pacotes e comunicação de sincronização.

Nesse quesito podemos observar que, no geral, o SEAD tem um PDR menor além de possuir criptografia de segurança. Nesse caso poderia optar-se pelo SEAD no nosso estudo de caso, conforme estabelecido anteriormente.

6.5.7. Número de Bytes Enviados

O número de bytes enviados refere-se à quantidade total de bytes que trafegou no sistema simulado, levando-se em conta, tanto os bytes dos pacotes como os dados que trafegaram no sistema para atualização de tabelas e/ou rotas.

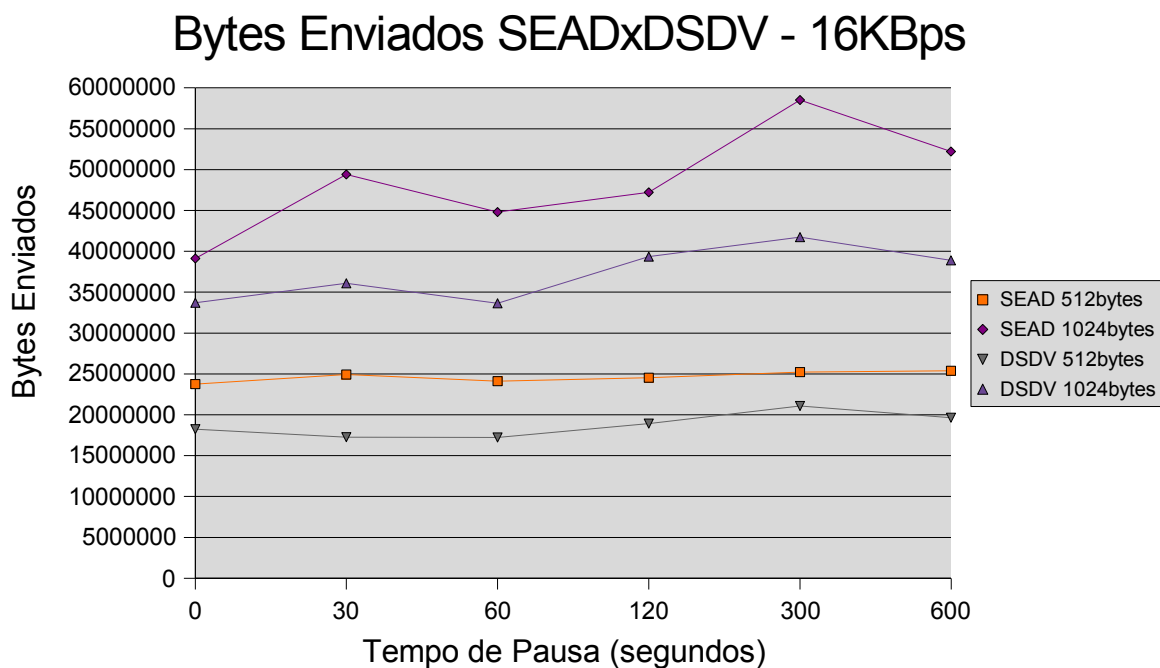


Gráfico 25

Bytes Enviados SEADxDSDV - 32KBps

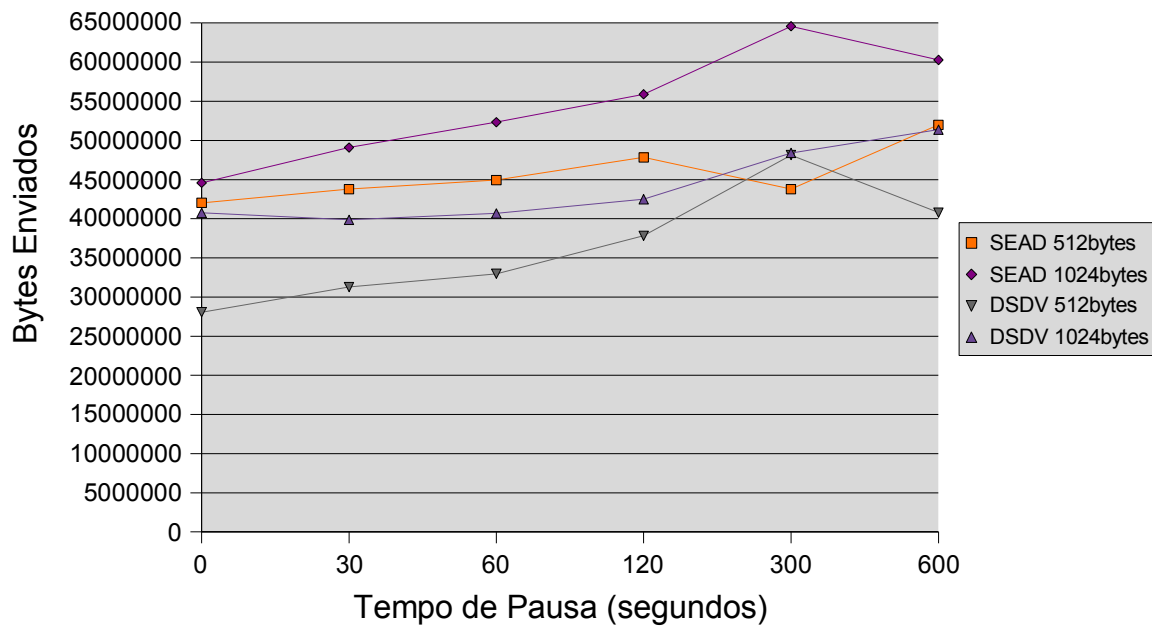


Gráfico 26

No caso de bytes enviados em protocolos table-driven não é possível efetuar uma comparação entre os protocolos de rede seguros e inseguros na mesma categoria, pois com o uso de criptografia haverá uma maior quantidade de bytes trafegando uma vez que o uso de criptografia aumenta o tamanho total dos pacotes pois há a necessidade de implantação do header criptográfico dentro do pacote.

Bytes Enviados ARIADNExDSR - 16KBps

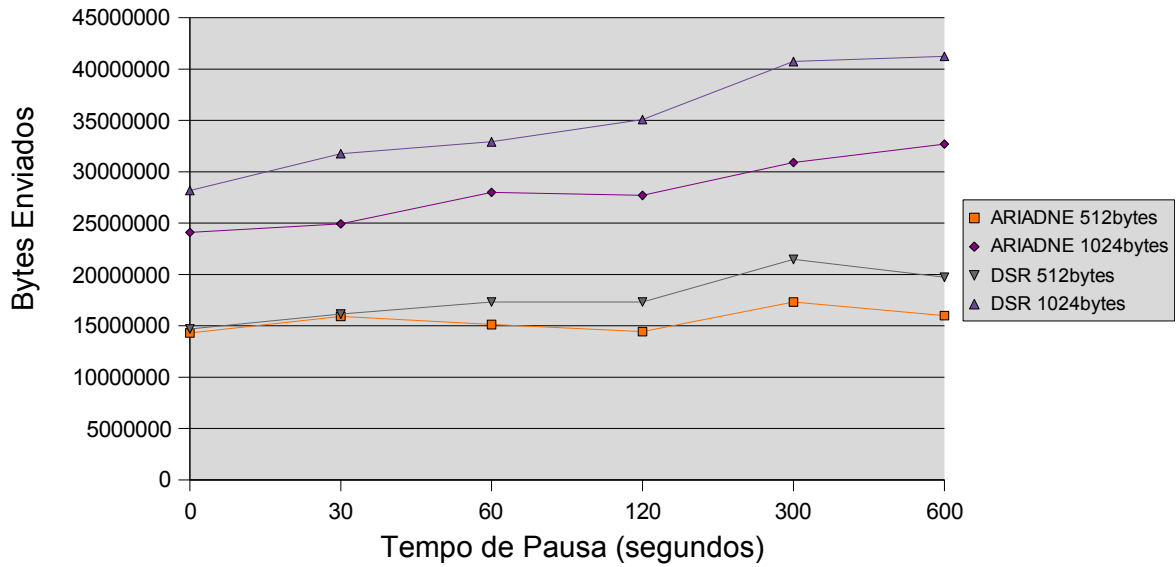


Gráfico 27

Bytes Enviados ARIADNExDSR - 32KBps

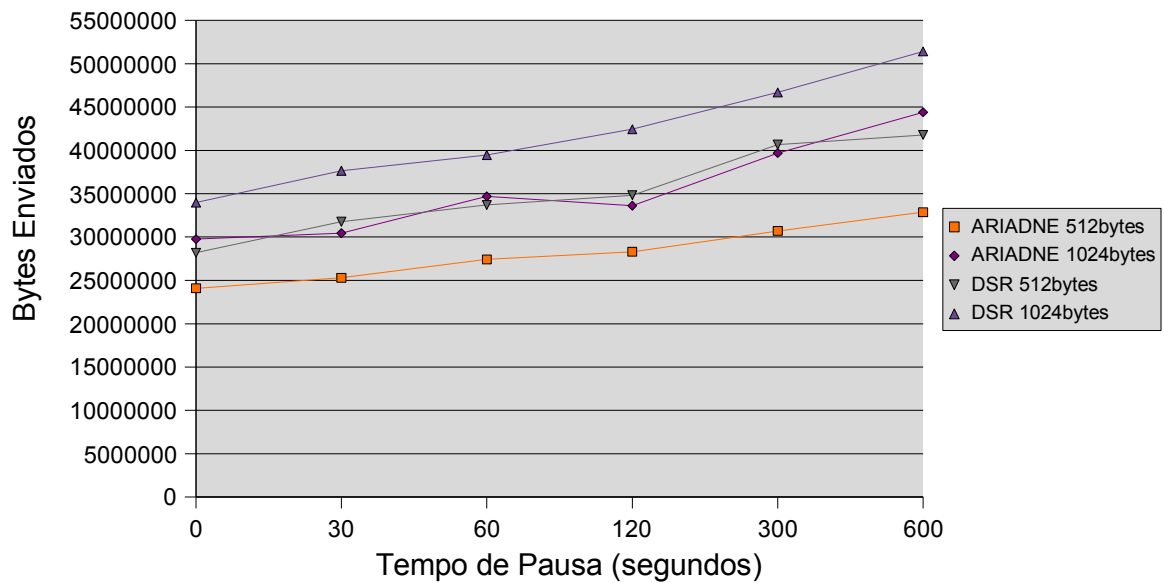


Gráfico 28

Já no caso do Ariadne e DSR acontece algo interessante. O Ariadne envia menos bytes que o DSR isto ocorre porque o Ariadne ao utilizar um controle simples de criptografia não necessita de um grande aumento no tamanho do header, mas sim precisa

de mais processamento. Assim sendo o Ariadne envia menos bytes por conta do tempo máximo de tráfego de um pacote dentro do sistema, acarretando no menor tráfego de dados dentro do sistema com uso desta criptografia.

Já no quesito de bytes enviados para nosso estudo de caso não há como fazer uma comparação pois pode ser interessante tanto o envio de grandes quantidades de bytes (maior comunicação entre os nodos) ou pode ser interessante um pequeno envio de bytes (apenas comunicações importantes entre os nodos) sendo que no caso estudado vai depender da modelagem dos caças.

6.5.8. Delay

O delay ou latência refere-se ao tempo total que um determinado pacote levou, após ser gerado, para sair do nodo de origem e chegar ao nodo de destino. Esse parâmetro é usado constantemente como métrica para definir se uma rede é boa ou não, sendo que em um ambiente real podemos obter o delay através do comando ping.

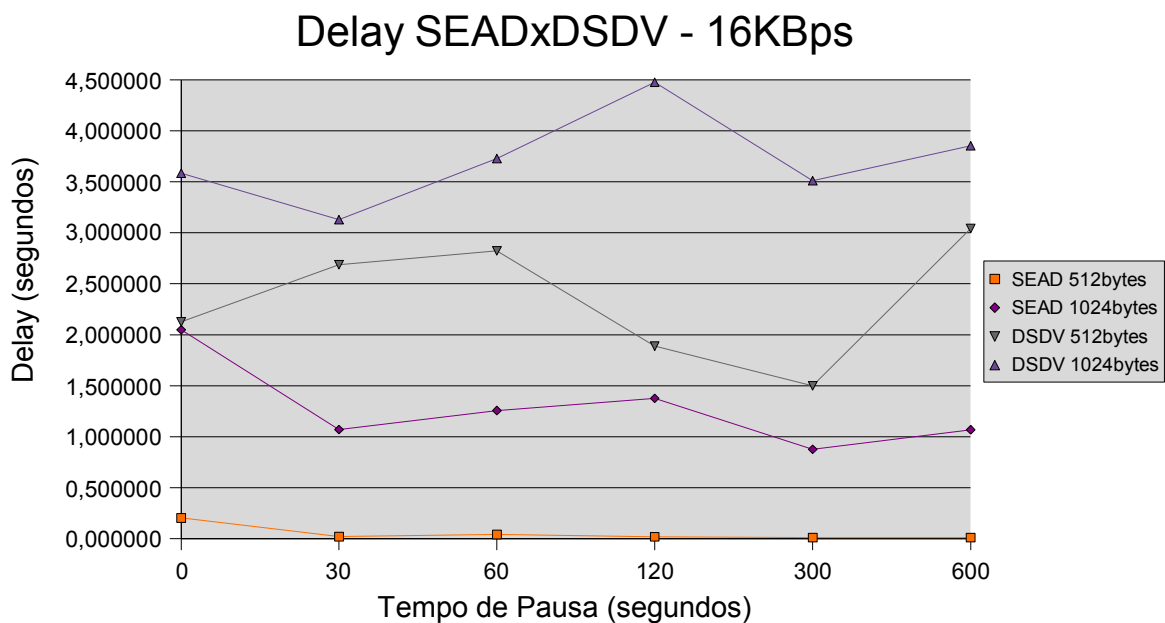


Gráfico 29

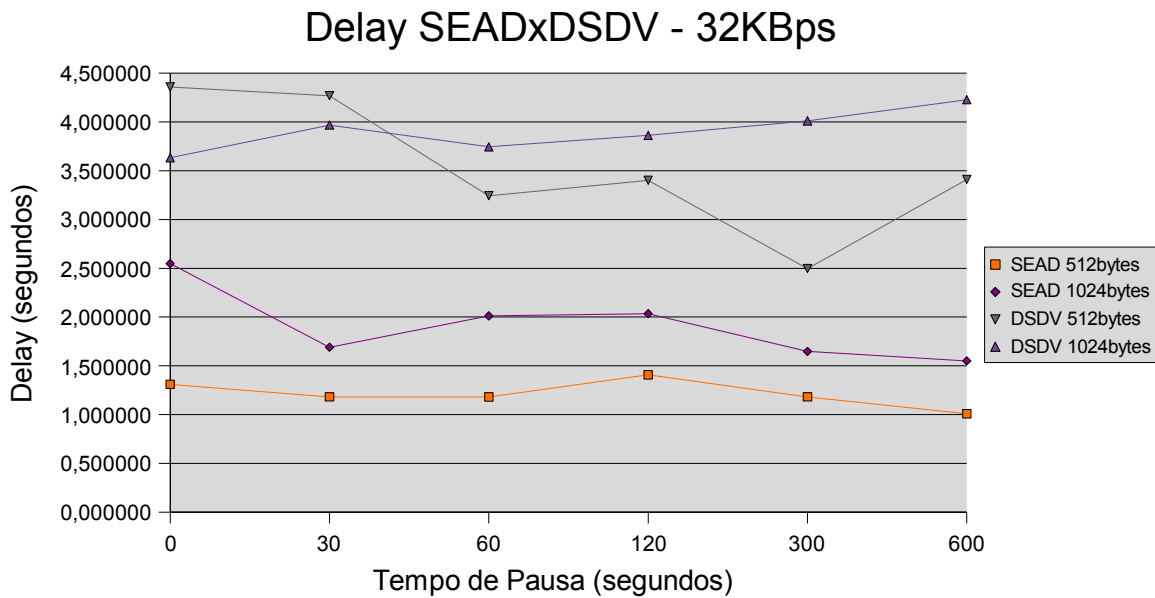


Gráfico 30

Nesse caso observa-se que o SEAD tem um delay muito menor que o DSDV. Isto ocorre porque o SEAD utiliza o protocolo DSDV-SQ que é uma melhoria em relação ao protocolo do DSDV, além do que, intrinsecamente o modelo de segurança do SEAD implementa um controle sobre o delay na atualização, impedindo assim a atualização repetitivas de tabelas.

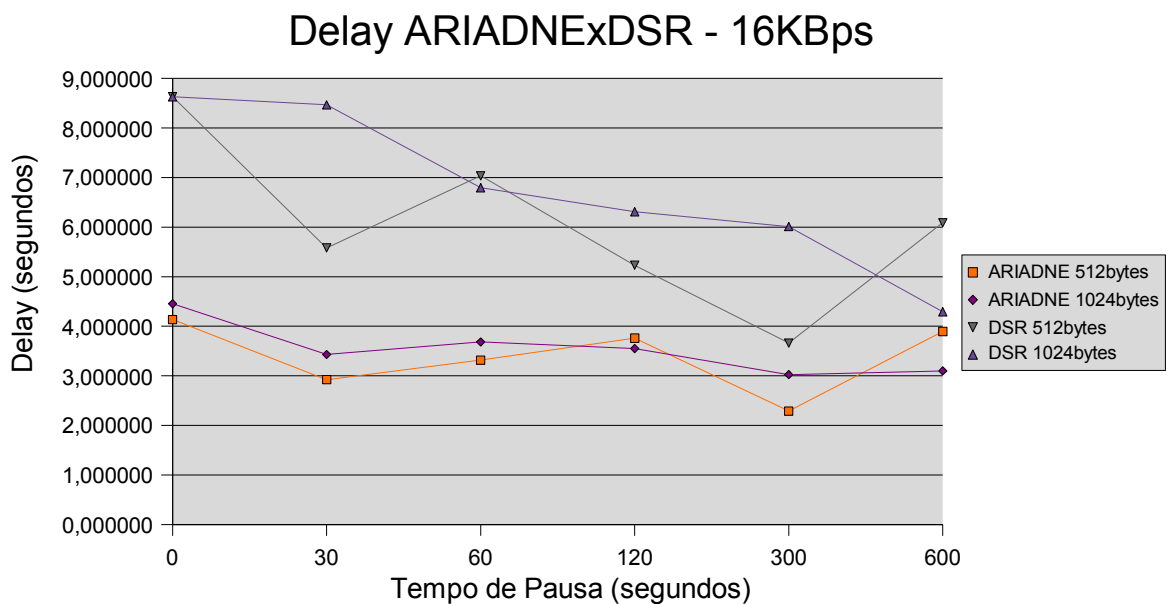


Gráfico 31

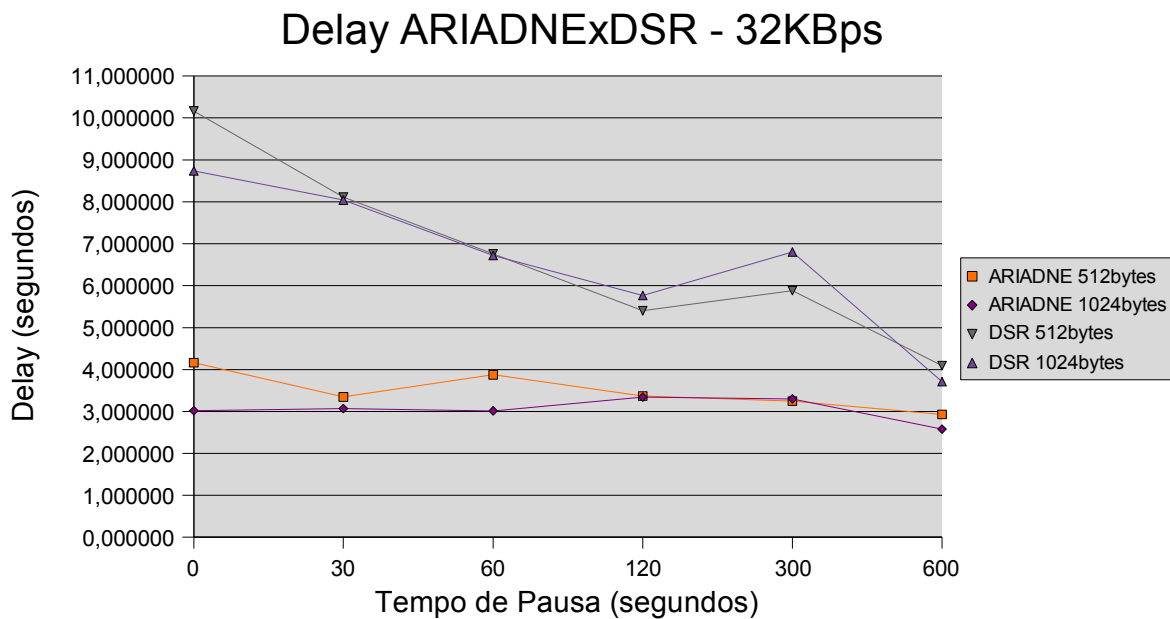


Gráfico 32

Como pode ser visto na comparação entre o Ariadne e o DSR no que concerne tempos de pausa menores o DSR implica em um delay maior, já que é necessário montar as rotas de acordo com que ela é pedida. Esse delay acaba diminuindo com um tempo de pausa maior pois os nodos possuem uma tabela de rotas maior já formada. Além disso, o Ariadne implementa um controle de segurança baseado em um tempo máximo do pacote, determinando assim um delay máximo para os pacotes do Ariadne o que faz com que ele nunca ultrapasse um teto máximo de delay.

Mesmo com os dois protocolos seguros, ao implementar-se o controle de delay, o delay do SEAD é muito menor que o do Ariadne, tornando-se, assim, esse o melhor protocolo em relação ao estudo de caso, já que quanto menor o delay, mais rápida a informação vai trafegar entre os nodos.

6.5.9. Throughput

Na nossa tabela o throughput refere-se a uma operação sobre a quantidade total do bytes enviados no sistema (b), dividido pelo tempo de simulação (t) em segundos multiplicado por 1024 para o valor ser em KBps. Assim, a fórmula do throughput seria a seguinte $b/(t*1024)$. Já no nosso caso o tempo de simulação sempre é 600 segundos, gerando a seguinte fórmula $b/(600*1024)$.

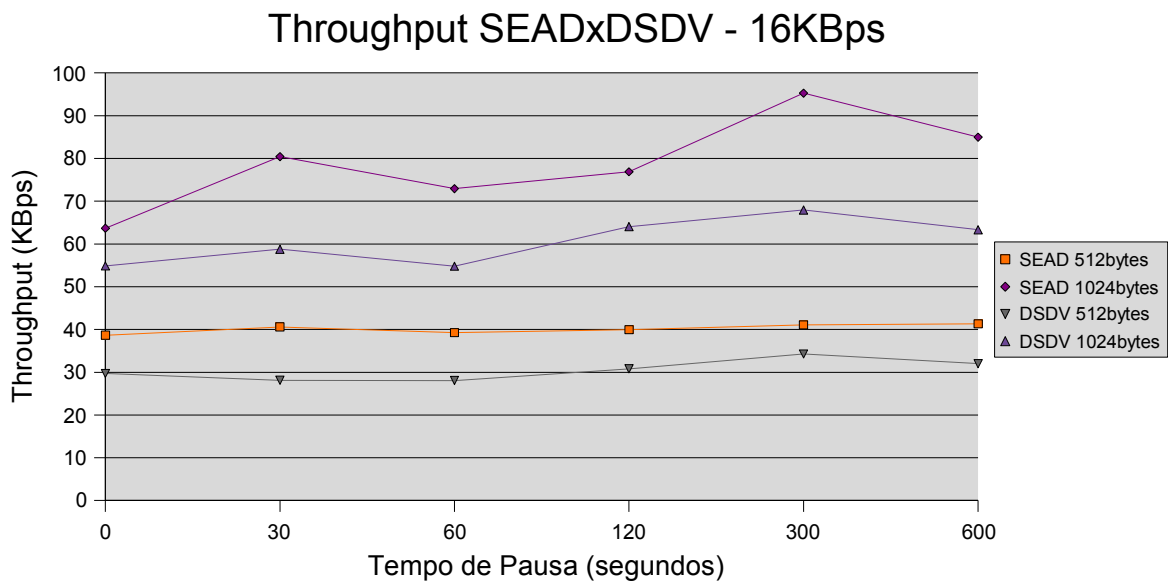


Gráfico 33

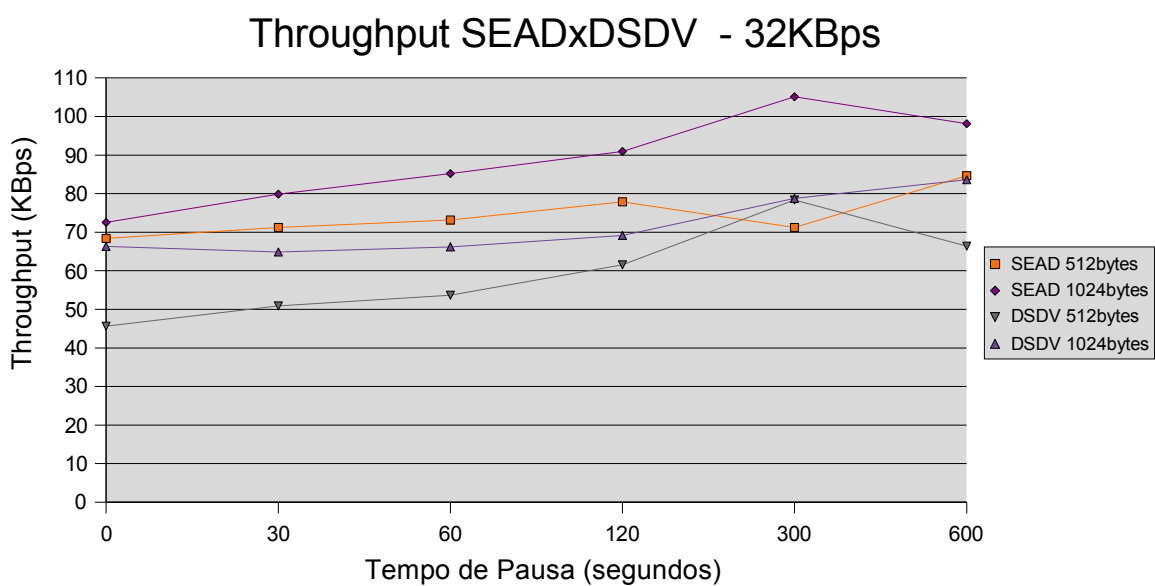


Gráfico 34

Throughput ARIADNExDSR - 16KBps

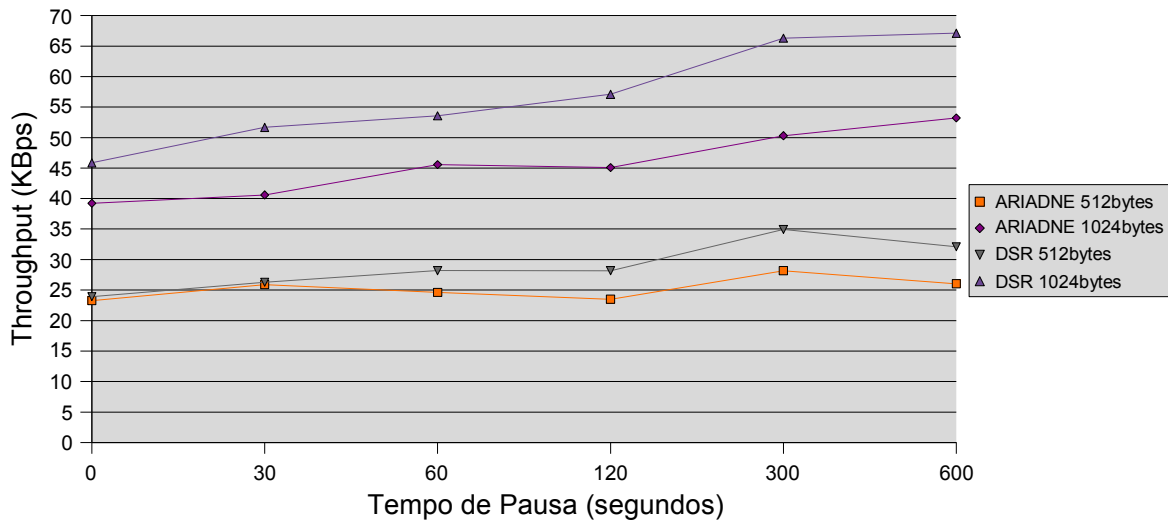


Gráfico 35

Throughput ARIADNExDSR - 32KBps

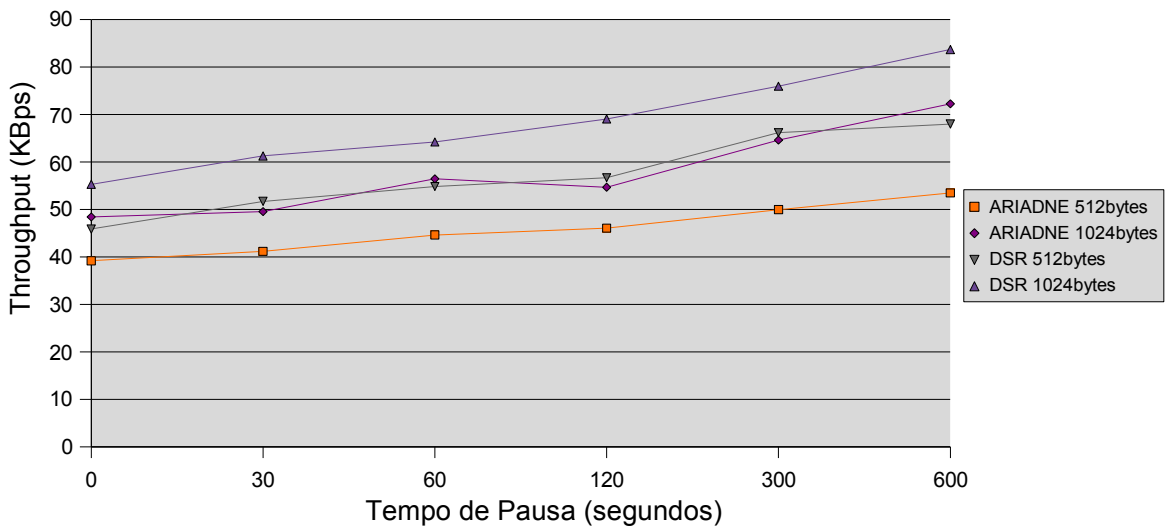


Gráfico 36

Como o throughput é calculado em relação ao número de bytes enviados apenas fazendo uma média ao longo do tempo, o comportamento destes gráficos é igual ao de bytes enviados, sendo assim a análise elaborada, anteriormente, sobre os dados

enviados é levada em conta também neste caso.

6.5.10. Porcentagem de Pacotes Perdidos

A porcentagem de pacotes perdidos é calculada a partir do valor de pacotes perdidos (p) dividido pelo número de pacotes gerados (n), obtendo-se a seguinte fórmula: p/n . Essa métrica é consistente para definir-se o desempenho de um sistema, na medida em que um sistema que gere grande porcentagem de pacotes perdidos não pode ser utilizado, pois isso acarretaria uma grande necessidade de retransmissão de pacotes ou uma grande perda na rede. Esse valor pode ser obtido também com o comando ping em uma rede real.

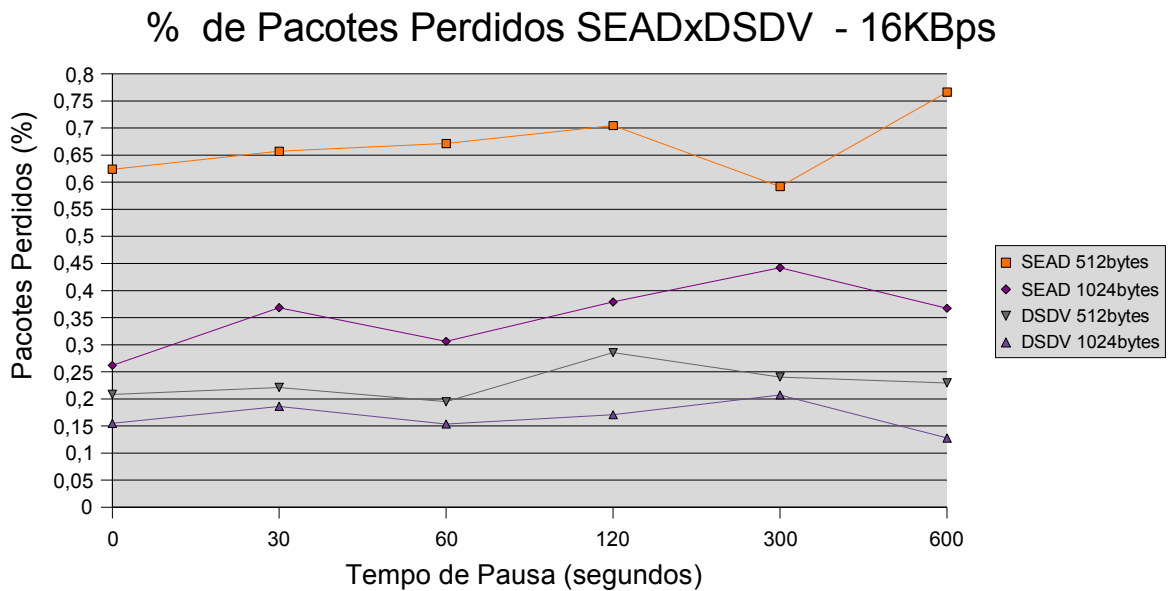


Gráfico 37

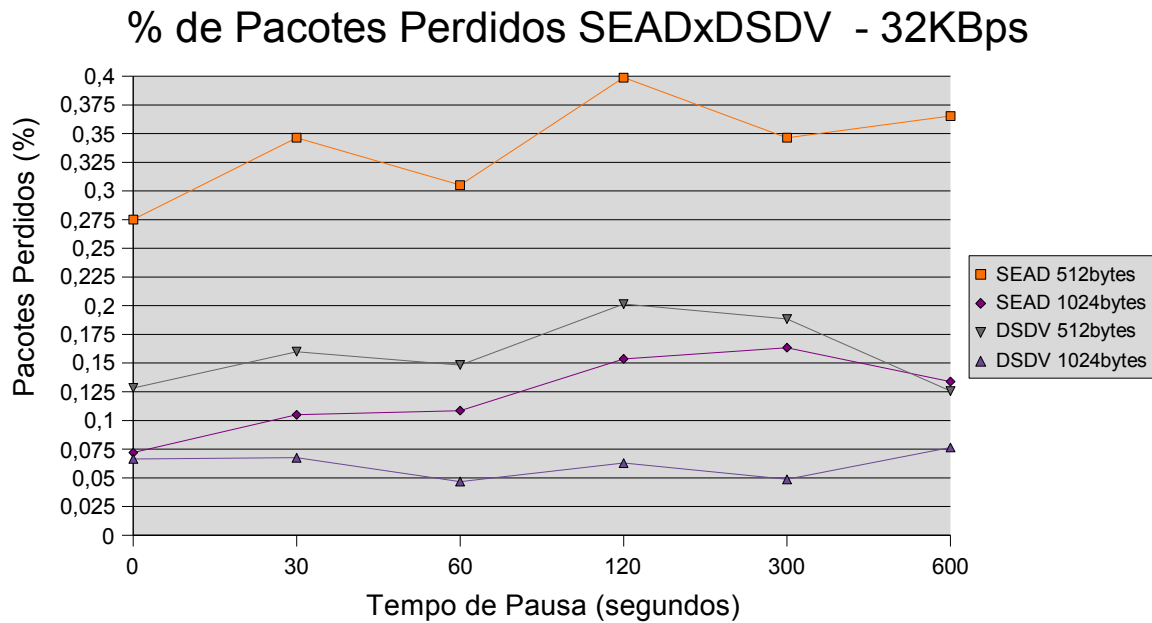


Gráfico 38

Como pode ser observado o SEAD tem uma porcentagem de pacotes perdidos muito maior que o DSR, mesmo com uma taxa de transmissão maior. Isso ocorre porque como o SEAD implementa segurança na atualização da tabela de rotas há a perda de muitas rotas devido ao modelo de mobilidade e o tempo de simulação. Dessa forma o uso do SEAD torna-se praticamente proibitivo em redes reais com pequenas taxas de transmissão ou com pacotes de tamanho pequeno.

% de Pacotes Perdidos ARIADNExDSR - 16KBps

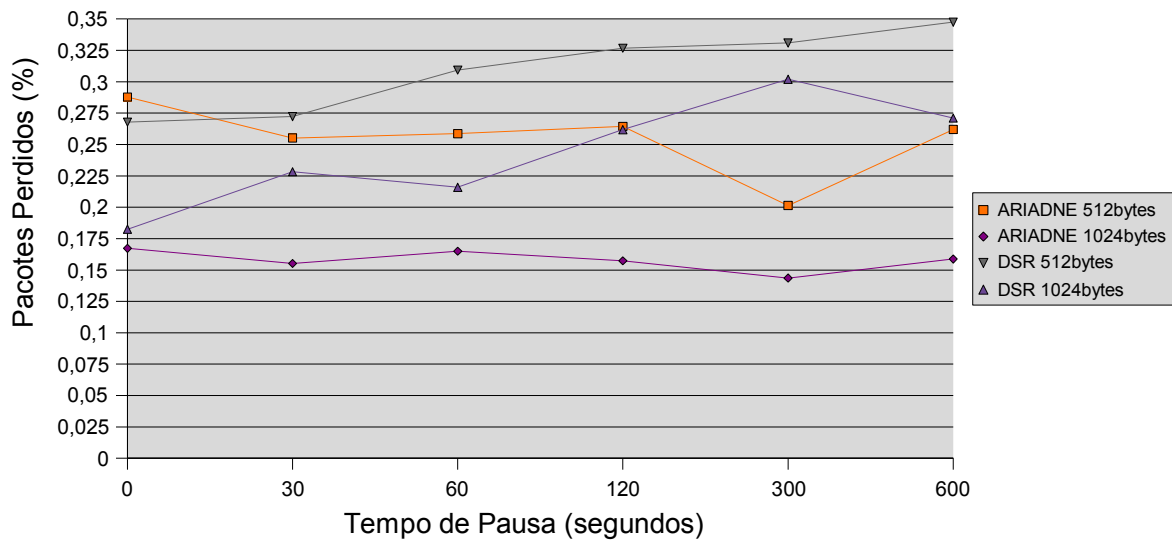


Gráfico 39

% de Pacotes Perdidos ARIADNExDSR - 32KBps

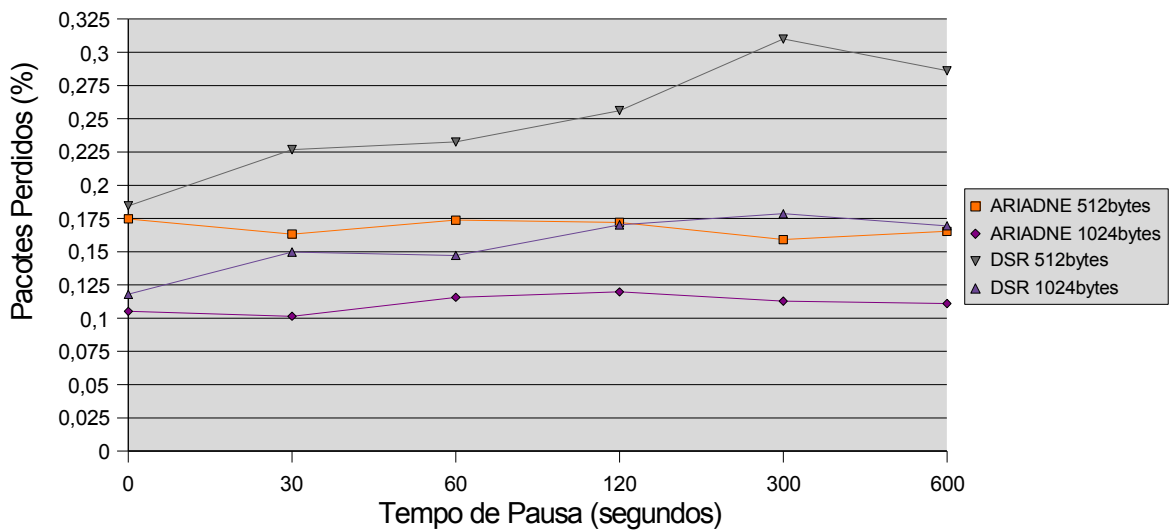


Gráfico 40

Como pode ser observado quanto maior a taxa de transmissão ou maior o tamanho do pacote há uma diminuição da perda de pacotes no Ariadne, sendo que esta perda é menor que o DSR. Isto acontece porque o Ariadne implementa a chave baseada em um

tempo de vida, o que acaba gerando uma perda menor que pacotes, já que as rotas após o vencimento do tempo da chave tem de ser atualizadas novamente.

Dentro desta métrica podemos concluir que, em baixas taxas de transmissão o SEAD se torna proibitivo, sendo assim o Ariadne torna-se a melhor opção já que tem uma porcentagem baixa de perda de pacotes e prove segurança ao mesmo tempo.

6.5.11. Throughput Efetivo

O throughput efetivo é calculado sobre o throughput do sistema mediante a retirada dos pacotes perdidos do cálculo. Essa é uma ótima métrica pois, não adianta um sistema ter um throughput alto, mas ao mesmo tempo ter uma grande perda de pacotes. Dessa forma decidimos calcular um throughput apenas dos pacotes não perdidos no sistema, assim sendo, obteve-se um valor mais próximo de como seria o throughput em um sistema sem perda de pacotes ou com perdas mínimas.

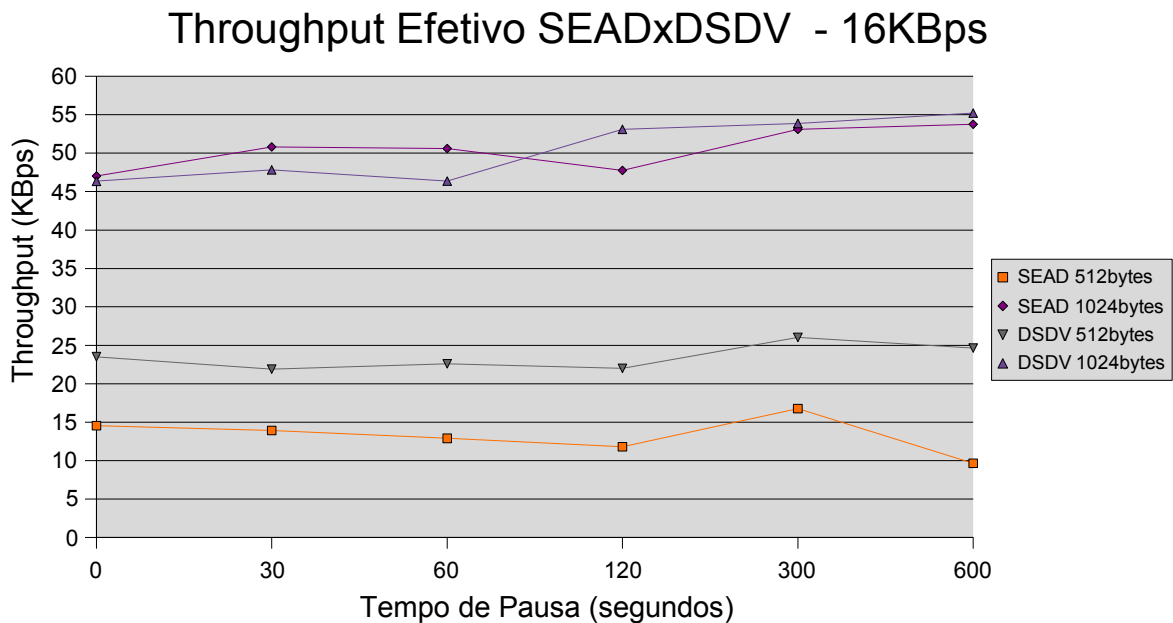


Gráfico 41

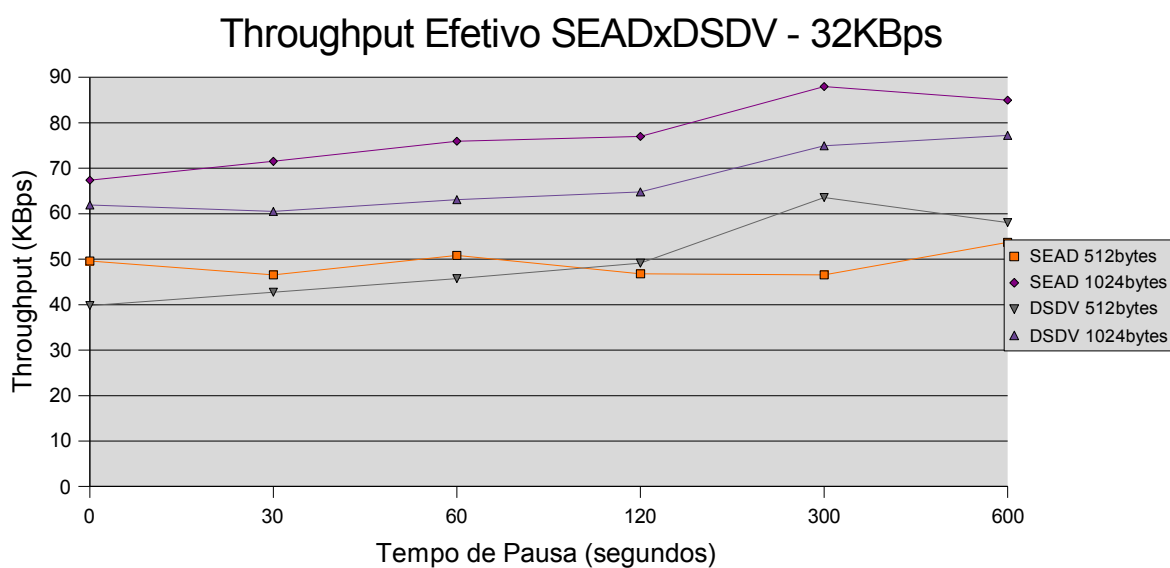


Gráfico 42

Ao se utilizar do throughput efetivo pode-se observar que o grande throughput do SEAD na verdade não é válido, pois ao este apresentar uma alta taxa de perdas de pacotes, com taxas de transmissão baixas. Em um sistema sem perda de pacotes, o DSDV apresenta um throughput melhor que o SEAD com 16KBps de taxa de transmissão. Já com o aumento da taxa de transmissão para 32KBps as perdas de pacotes do SEAD diminuem fazendo com que o SEAD começa a transmitir mais dados que o DSDV.

Throughput Efetivo ARIADNExDSR - 16KBps

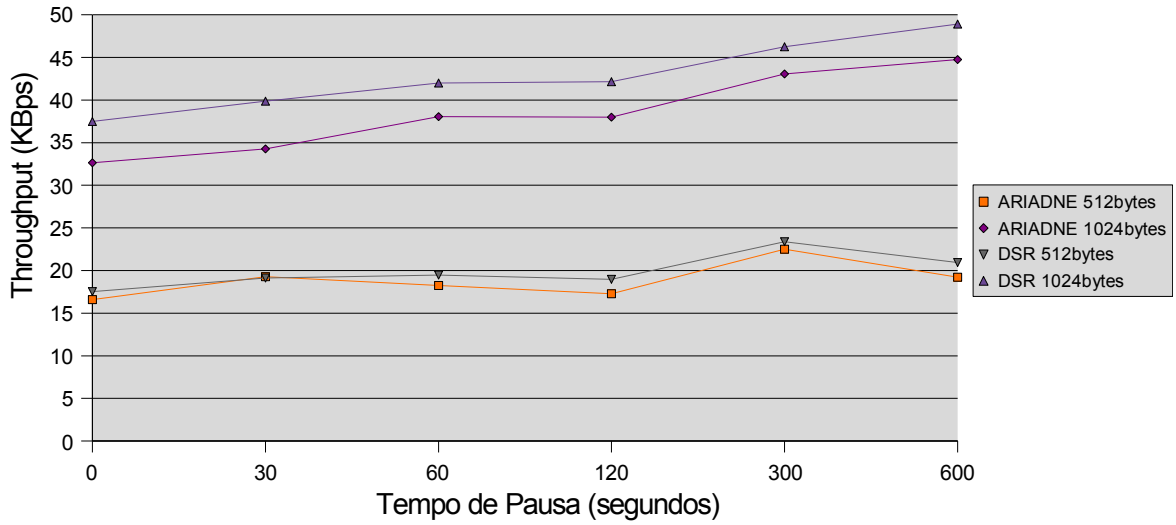


Gráfico 43

Throughput Efetivo ARIADNExDSR - 32KBps

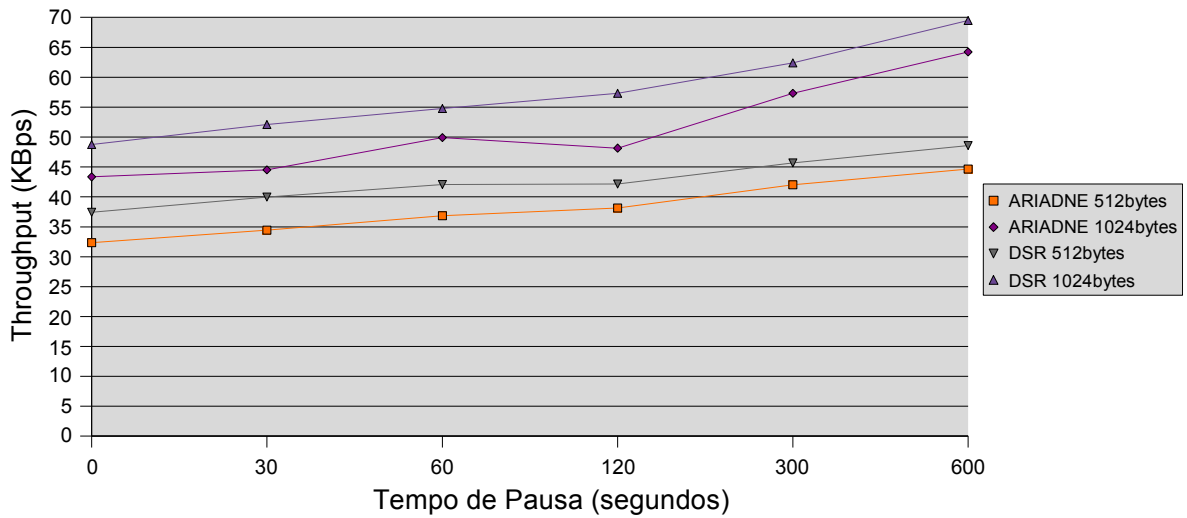


Gráfico 44

Mesmo com uma perda de pacotes menor, no Ariadne seu throughput efetivo é menor que do DSR, em qualquer momento do sistema, pois a diferença entre a

porcentagem de pacotes não chegar a criar diferença a ponto de aumentar o throughput desse protocolo seguro. Com o uso dessa métrica podemos analisar o comportamento semelhante entre os dois protocolos ao longo do tempo, o que leva a creditar mais a perda do throughput, apesar do descarte de pacotes devido ao seu tempo ter vencido na criptografia.

Como já mencionado anteriormente, o throughput não deve ser muito considerado, em termos de estudo do caso, já que o aumento deste pode ser pelo incremento da segurança. Entretanto podemos definir que o Ariadne é um protocolo robusto que não cria grandes perdas, ou aumento do throughput devido ao incremento de segurança já que usa mais processamento.

O SEAD, por sua vez, cria um grande aumento de throughput devido ao incremento de segurança. Adverte-se, entretanto, que com pequenas taxas de transmissão pode gerar uma perda terrível, impossibilitando seu uso se a taxa de transmissão dos caças fossem definidas dinamicamente dentro da faixa disponível. Dessa maneira o Ariadne seria um protocolo mais robusto para ser usado.

Depois de comparar todas as métricas e destacar métricas importantes como o delay, porcentagem de pacotes perdidos e throughput efetivo podemos dizer que para o nosso caso o Ariadne seria o melhor protocolo, pois implementa a segurança e é um protocolo que não causa grande overhead na comunicação. Este protocolo só não seria indicado totalmente se não houvesse grande capacidade de processamento nos equipamentos, mas como tratamos de caças não tripulados podemos dizer que o Ariadne é o protocolo perfeito para o caso estudado.

7. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

As redes Ad Hoc têm uma grande liberdade em relação às redes sem fio, com um ponto centralizador ou mesmo em relação às redes cabeadas, mas em termos de segurança e desempenho ainda existem algumas deficiências.

Dessa maneira, existe a necessidade de algumas melhorias em seus protocolos e que puderam ser observadas a partir do nosso estudo. Além disso, os protocolos devem ser simples, pois, atualmente, muitas vezes não é possível implementar todas as funções desejadas.

Nosso estudo que tinha como objetivo verificar o desempenho dos protocolos em configurações de redes diferentes, incluindo aqui as simulações, foi possível observar que o incremento de aspectos de segurança dentro do protocolo não ocasionou grande perda de desempenho. Tivemos apenas uma exceção, que foi o protocolo SEAD que apresentou, em baixas taxas de transmissão e tamanho de pacote, na métrica de porcentagem de pacotes perdidos, atingiu quase 80% de pacotes perdidos o que tornaria o protocolo impossível de utilização.

Pudemos concluir então, a partir do estudo das métricas dos protocolos, que os protocolos seguros não apresentam uma grande influencia no desempenho da rede sendo que estes podem ser aplicados na maioria dos casos.

Mas nunca devemos nos esquecer de que em algumas situações, os protocolos seguros nem sempre são passíveis de aplicação, pois os nodos não contêm processamento suficiente para a implementação destes.

7.1 Trabalhos Futuros

Ainda existem algumas situações que não foram abordadas no âmbito desse trabalho, mas que poderiam ser estudadas em trabalhos futuros, que são:

- Implementação de nodos maliciosos e uma comparação entre o desempenho de vários protocolos seguros.
- Estudo de protocolos híbridos
- Estudo de ataques multicast coordenados, que consistiria basicamente no estudo de ataques sendo executados por 2 nodos maliciosos
- Elaboração de novos protocolos seguros

REFERÊNCIAS PESQUISADAS

ALEXIOU, Antonios e ANTONELLIS, Dimitrios. **Wi-Fi Technology**. Disponível em: <http://ru6.cti.gr/ru6/publications/1029Wi-Fi_Technology.pdf> . Acesso em 10 de março de 2006.

BAKHT, Humayun. **The history of mobile Ad Hoc networks**. Disponível em: <<http://www.computingunplugged.com/issues/issue200508/00001598001.html>> . Acesso em: 14 de Outubro de 2005.

BOSTON UNIVERSITY COMPUTER SCIENCE DEPARTMENT. **The Network Simulator ns-2 at Boston University CS Dept.: Frequently Asked Questions (or To-be-FAQ)**. Disponível em: <http://cs-people.bu.edu/guol/bu_ns/buns-faq.html> . Acesso em: 14 de Outubro de 2005

BOUDEEC, Jean-Yves e VOJNOVIC, Milan. **The Random Trip Model**. Disponível em: <<http://ircwww.epfl.ch/RandomTrip/>>. Acesso em 12 de Abril de 2006.

CHUNG, Jae; CLAYPOOL, Mark. **NS by Example**. Disponível em: <<http://nile.wpi.edu/NS/>>. Acesso em: 20 de Dezembro de 2005.

CSD – Computer Security Division. **Manet and Sensor network security**. Disponível em: <<http://csrc.nist.gov/manet/index.html>> . Acessado em 5 de maio de 2006.

PATWARDHAN, Anand; Et al. **Secure Routing and Intrusion Detection in Ad Hoc Networks**. Disponível em: <<http://csrc.nist.gov/mobilesecurity/Publications/nist-umbc-adhocids-ipv6.pdf>>. Acesso dia 12 de maio de 2006.

ESTRELA, Pedro Vale. **TraceGraph Help Page**. Disponível em: <<http://inesc-0.tagus.ist.utl.pt/~pmsrve/ns2/tracegraph.html>> . Acesso em 25 de Setembro de 2005.

HU, Yih-Chun; PERRIG, Adrian; JOHNSON, David B. **Ariadne: A Secure On-Demand Routing Protocol For Ad Hoc Networks**. Disponível em: <<http://sparrow.ece.cmu.edu/~adrian/projects/secure-routing/ariadne.pdf>>. Acesso em 12 de Fevereiro de 2006.

HU, Yih-Chun; PERRIG, Adrian; JOHNSON, David B. **SEAD: Secure Efficient Distance Vector Routing for Mobile Wireless Ad Hoc Networks**. Disponível em: <<http://monarch.cs.rice.edu/monarch-papers/wmcsa02.pdf>>. Acesso em 12 de Fevereiro de 2006.

IEEE 802.11 Comitee. **ANSI/IEEE Std 802.11, 1999 Edition**. Disponível em: <<http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.11-1999.pdf>> . Acesso em 15 de Agosto de 2006

ISI. **The network simulator – ns-2**. Disponível em: <<http://www.isi.edu/nsnam/ns/>> . Acesso em: 20 de Setembro de 2005.

KARYGIANNIS, A.; ANTONAKAKIS, E.; APOSTOLOPOULOS, A. . **Detecting Critical Nodes for MANET Intrusion Detection Systems.** Disponível em: <http://csrc.nist.gov/manet/Critical-Nodes-MANET.pdf> . Acesso em 18 de maio de 2006.

LINUX JOURNAL. **Network Simulator 2: a Simulation Tool for Linux.** Disponível em: <http://www.linuxjournal.com/article/5929> . Acesso em 10 de Outubro de 2005.

MALEK, JAROSLAW. **Trace graph - Network Simulator NS-2 trace files analyser.** Disponível em: <http://www.geocities.com/tracegraph/> . Acesso em 20 de Setembro de 2005.

MALTZ, David A. **Dynamic Source Routing Protocol.** Disponível em: <http://www.cs.cmu.edu/~dmaltz/dsr.html> . Acesso em 12 de Fevereiro de 2006.

PERKINS, Charles E.; BHAGWAT, Pravin. **High Dynamic Destination-Sequenced Distance-Vector Routin (DSDV) for Mobile Computers.** Disponível em <http://www.cs.virginia.edu/~cl7v/cs851-papers/dsdv-sigcomm94.pdf> . Acesso em 28 de Janeiro de 2006.

TANENBAUM, Andrew S., **Redes de Computadores**, 4ª edição

UNIVERSITY OF WEST FLORIDA COMPUTER SCIENCE DEPARTAMENT. **TraceGraph: Immediate Visual Location of Software Features.** Disponível em: http://www.cs.uwf.edu/~wilde/publications/TecRpt86F/TR86F_ExSum.htm . Acesso em 15 de Outubro de 2005.

VIRGINIA TECH. **Beginner's Guide to ns2 – Installation and Basic Usage.** Disponível em: http://fiddle.visc.vt.edu/courses/ece5566/lectures/09ns2_install.pdf Acesso em 20 de Janeiro de 2006.

WIKIPEDIA en. **IEEE 802.11.** Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/802.11> . Acessado em 15 de Agosto de 2006.

WIKIPEDIA en. **User Datagram Protocol.** Disponível em: http://en.wikipedia.org/wiki/User_Datagram_Protocol . Acesso em 18 de julho de 2006.

ZHOU, Lindong, HAAS, Zygmunt J. **Securing Ad Hoc Networks.** Disponível em: <http://www.cs.cornell.edu/home/ldzhou/adhoc.pdf> . Acesso em 18 de maio de 2006.

ZHU, Feng. **Security for Ad Hoc Networks and Sensor Networks.** Disponível em: http://www.ccs.neu.edu/home/zhufeng/security_manet.html . Acesso em 28 de Setembro de 2005.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[LUD00] LUDENBERG, Jane. **Routing Security in Ad Hoc Networks**. Disponível em: <<http://citeseer.ist.psu.edu/lundberg00routing.html>> acesso em 20 de Maio de 2006

[ALB00] ALBUQUERQUE, Luciano R. **Segurança em Redes Ad Hoc**. Disponível em: <http://www.lockabit.coppe.ufrj.br/downloads/academicos/seguranca_redes_adhoc.pdf>. Acesso em 20 de Maio de 2006.

[DSR00] JOHNSON, David B. ; MALTZ, David A.; BROCH, Josh **The Dynamic Source Routing Protocol for Multi-Hop Wireless Ad Hoc Networks**. 2001; <<http://monarch.cs.cmu.edu/monarch-papers/dsr-chapter00.pdf>> acesso em 14 de Fevereiro de 2005

[TES01] PERRIG, Adrian; CANETTI, Ran; SONG, Dawn; TYGAR, J. D. **Efficient and Secure Source Authentication for Multicast**. Disponível em: <<http://www.ece.cmu.edu/~adrian/projects/tesla-ndss/ndss.pdf>>. Acesso em 27 de Fevereiro de 2006

[ARI01] HU, Yih-Chun; PERRIG, Adrian; JOHNSON, David BA **Secure On-Demand Routing Protocol For Ad Hoc Networks**. Disponível em: <<http://sparrow.ece.cmu.edu/~adrian/projects/secure-routing/ariadne.pdf>> Acesso em 12 de Fevereiro de 2006

[WIK00] WIKIPEDIA pt. **IEEE 802.11**. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11>. Acesso em 15 de Agosto de 2006

[RFC00] **RFC 768 – User Datagram Protocol**. Disponível em: <<http://tools.ietf.org/html/rfc768>>. Acesso em 18 de julho de 2006.

[RTM00] BOUDEC, Jean-Yves e VOJNOVIC, Milan. **The Random Trip Model**. Disponível em: <<http://research.microsoft.com/~milanv/MSR-TR-2005-164.pdf>> e <<http://research.microsoft.com/~milanv/MSR-TR-2005-165.pdf>>. Acesso em 12 de Abril de 2006.

[MNS00] Manual do NS2. **Two-Ray Ground Reflection Model**. Disponível em: <<http://www.isi.edu/nsnam/ns/doc/node217.html>> . Acesso em 20 de Abril de 2006.

ANEXO I – Arquivos de Simulação

Arquivo de trafego - 50 nodos 32KBps 512bytes

```
#
# nodes: 50, max conn: 9000000, send rate: 0.12804097311139565, seed: 823456789
#
#
# 0 connecting to 1 at time 149.1709287041663
#
set udp_(0) [new Agent/UDP]
$ns_ attach-agent $node_(0) $udp_(0)
set null_(0) [new Agent/Null]
$ns_ attach-agent $node_(1) $null_(0)
set cbr_(0) [new Application/Traffic/CBR]
$cbr_(0) set packetSize_ 512
$cbr_(0) set interval_ 0.12804097311139565
$cbr_(0) set random_ 1
$cbr_(0) set maxpkts_ 10000
$cbr_(0) attach-agent $udp_(0)
$ns_ connect $udp_(0) $null_(0)
$ns_ at 149.1709287041663 "$cbr_(0) start"
#
# 1 connecting to 2 at time 112.65881213949008
#
set udp_(1) [new Agent/UDP]
$ns_ attach-agent $node_(1) $udp_(1)
set null_(1) [new Agent/Null]
$ns_ attach-agent $node_(2) $null_(1)
set cbr_(1) [new Application/Traffic/CBR]
$cbr_(1) set packetSize_ 512
$cbr_(1) set interval_ 0.12804097311139565
$cbr_(1) set random_ 1
$cbr_(1) set maxpkts_ 10000
$cbr_(1) attach-agent $udp_(1)
$ns_ connect $udp_(1) $null_(1)
$ns_ at 112.65881213949008 "$cbr_(1) start"
#
# 2 connecting to 3 at time 46.884679248037131
#
set udp_(2) [new Agent/UDP]
$ns_ attach-agent $node_(2) $udp_(2)
set null_(2) [new Agent/Null]
$ns_ attach-agent $node_(3) $null_(2)
set cbr_(2) [new Application/Traffic/CBR]
$cbr_(2) set packetSize_ 512
$cbr_(2) set interval_ 0.12804097311139565
$cbr_(2) set random_ 1
$cbr_(2) set maxpkts_ 10000
$cbr_(2) attach-agent $udp_(2)
$ns_ connect $udp_(2) $null_(2)
$ns_ at 46.884679248037131 "$cbr_(2) start"
#
# 4 connecting to 5 at time 178.8930426160307
#
set udp_(3) [new Agent/UDP]
$ns_ attach-agent $node_(4) $udp_(3)
set null_(3) [new Agent/Null]
$ns_ attach-agent $node_(5) $null_(3)
set cbr_(3) [new Application/Traffic/CBR]
$cbr_(3) set packetSize_ 512
$cbr_(3) set interval_ 0.12804097311139565
```

```
$cbr_(3) set random_ 1
$cbr_(3) set maxpkts_ 10000
$cbr_(3) attach-agent $udp_(3)
$ns_ connect $udp_(3) $null_(3)
$ns_ at 178.8930426160307 "$cbr_(3) start"
#
# 4 connecting to 6 at time 99.113136678521116
#
set udp_(4) [new Agent/UDP]
$ns_ attach-agent $node_(4) $udp_(4)
set null_(4) [new Agent/Null]
$ns_ attach-agent $node_(6) $null_(4)
set cbr_(4) [new Application/Traffic/CBR]
$cbr_(4) set packetSize_ 512
$cbr_(4) set interval_ 0.12804097311139565
$cbr_(4) set random_ 1
$cbr_(4) set maxpkts_ 10000
$cbr_(4) attach-agent $udp_(4)
$ns_ connect $udp_(4) $null_(4)
$ns_ at 99.113136678521116 "$cbr_(4) start"
#
# 6 connecting to 7 at time 115.48765475651605
#
set udp_(5) [new Agent/UDP]
$ns_ attach-agent $node_(6) $udp_(5)
set null_(5) [new Agent/Null]
$ns_ attach-agent $node_(7) $null_(5)
set cbr_(5) [new Application/Traffic/CBR]
$cbr_(5) set packetSize_ 512
$cbr_(5) set interval_ 0.12804097311139565
$cbr_(5) set random_ 1
$cbr_(5) set maxpkts_ 10000
$cbr_(5) attach-agent $udp_(5)
$ns_ connect $udp_(5) $null_(5)
$ns_ at 115.48765475651605 "$cbr_(5) start"
#
# 7 connecting to 8 at time 169.71388793071446
#
set udp_(6) [new Agent/UDP]
$ns_ attach-agent $node_(7) $udp_(6)
set null_(6) [new Agent/Null]
$ns_ attach-agent $node_(8) $null_(6)
set cbr_(6) [new Application/Traffic/CBR]
$cbr_(6) set packetSize_ 512
$cbr_(6) set interval_ 0.12804097311139565
$cbr_(6) set random_ 1
$cbr_(6) set maxpkts_ 10000
$cbr_(6) attach-agent $udp_(6)
$ns_ connect $udp_(6) $null_(6)
$ns_ at 169.71388793071446 "$cbr_(6) start"
#
# 7 connecting to 9 at time 132.48321461141259
#
set udp_(7) [new Agent/UDP]
$ns_ attach-agent $node_(7) $udp_(7)
set null_(7) [new Agent/Null]
$ns_ attach-agent $node_(9) $null_(7)
set cbr_(7) [new Application/Traffic/CBR]
$cbr_(7) set packetSize_ 512
$cbr_(7) set interval_ 0.12804097311139565
$cbr_(7) set random_ 1
$cbr_(7) set maxpkts_ 10000
$cbr_(7) attach-agent $udp_(7)
```

```
$ns_ connect $udp_(7) $null_(7)
$ns_ at 132.48321461141259 "$cbr_(7) start"
#
# 8 connecting to 9 at time 175.35235144912841
#
set udp_(8) [new Agent/UDP]
$ns_ attach-agent $node_(8) $udp_(8)
set null_(8) [new Agent/Null]
$ns_ attach-agent $node_(9) $null_(8)
set cbr_(8) [new Application/Traffic/CBR]
$cbr_(8) set packetSize_ 512
$cbr_(8) set interval_ 0.12804097311139565
$cbr_(8) set random_ 1
$cbr_(8) set maxpkts_ 10000
$cbr_(8) attach-agent $udp_(8)
$ns_ connect $udp_(8) $null_(8)
$ns_ at 175.35235144912841 "$cbr_(8) start"
#
# 14 connecting to 15 at time 18.388284229854253
#
set udp_(9) [new Agent/UDP]
$ns_ attach-agent $node_(14) $udp_(9)
set null_(9) [new Agent/Null]
$ns_ attach-agent $node_(15) $null_(9)
set cbr_(9) [new Application/Traffic/CBR]
$cbr_(9) set packetSize_ 512
$cbr_(9) set interval_ 0.12804097311139565
$cbr_(9) set random_ 1
$cbr_(9) set maxpkts_ 10000
$cbr_(9) attach-agent $udp_(9)
$ns_ connect $udp_(9) $null_(9)
$ns_ at 18.388284229854253 "$cbr_(9) start"
#
# 14 connecting to 16 at time 131.91224858719494
#
set udp_(10) [new Agent/UDP]
$ns_ attach-agent $node_(14) $udp_(10)
set null_(10) [new Agent/Null]
$ns_ attach-agent $node_(16) $null_(10)
set cbr_(10) [new Application/Traffic/CBR]
$cbr_(10) set packetSize_ 512
$cbr_(10) set interval_ 0.12804097311139565
$cbr_(10) set random_ 1
$cbr_(10) set maxpkts_ 10000
$cbr_(10) attach-agent $udp_(10)
$ns_ connect $udp_(10) $null_(10)
$ns_ at 131.91224858719494 "$cbr_(10) start"
#
# 15 connecting to 16 at time 54.409078357000411
#
set udp_(11) [new Agent/UDP]
$ns_ attach-agent $node_(15) $udp_(11)
set null_(11) [new Agent/Null]
$ns_ attach-agent $node_(16) $null_(11)
set cbr_(11) [new Application/Traffic/CBR]
$cbr_(11) set packetSize_ 512
$cbr_(11) set interval_ 0.12804097311139565
$cbr_(11) set random_ 1
$cbr_(11) set maxpkts_ 10000
$cbr_(11) attach-agent $udp_(11)
$ns_ connect $udp_(11) $null_(11)
$ns_ at 54.409078357000411 "$cbr_(11) start"
#
```



```
# 17 connecting to 18 at time 61.532274904443078
#
set udp_(12) [new Agent/UDP]
$ns_ attach-agent $node_(17) $udp_(12)
set null_(12) [new Agent/Null]
$ns_ attach-agent $node_(18) $null_(12)
set cbr_(12) [new Application/Traffic/CBR]
$cbr_(12) set packetSize_ 512
$cbr_(12) set interval_ 0.12804097311139565
$cbr_(12) set random_ 1
$cbr_(12) set maxpkts_ 10000
$cbr_(12) attach-agent $udp_(12)
$ns_ connect $udp_(12) $null_(12)
$ns_ at 61.532274904443078 "$cbr_(12) start"
#
# 18 connecting to 19 at time 32.514744695515716
#
set udp_(13) [new Agent/UDP]
$ns_ attach-agent $node_(18) $udp_(13)
set null_(13) [new Agent/Null]
$ns_ attach-agent $node_(19) $null_(13)
set cbr_(13) [new Application/Traffic/CBR]
$cbr_(13) set packetSize_ 512
$cbr_(13) set interval_ 0.12804097311139565
$cbr_(13) set random_ 1
$cbr_(13) set maxpkts_ 10000
$cbr_(13) attach-agent $udp_(13)
$ns_ connect $udp_(13) $null_(13)
$ns_ at 32.514744695515716 "$cbr_(13) start"
#
# 22 connecting to 23 at time 107.58140991794943
#
set udp_(14) [new Agent/UDP]
$ns_ attach-agent $node_(22) $udp_(14)
set null_(14) [new Agent/Null]
$ns_ attach-agent $node_(23) $null_(14)
set cbr_(14) [new Application/Traffic/CBR]
$cbr_(14) set packetSize_ 512
$cbr_(14) set interval_ 0.12804097311139565
$cbr_(14) set random_ 1
$cbr_(14) set maxpkts_ 10000
$cbr_(14) attach-agent $udp_(14)
$ns_ connect $udp_(14) $null_(14)
$ns_ at 107.58140991794943 "$cbr_(14) start"
#
# 22 connecting to 24 at time 95.877945849615116
#
set udp_(15) [new Agent/UDP]
$ns_ attach-agent $node_(22) $udp_(15)
set null_(15) [new Agent/Null]
$ns_ attach-agent $node_(24) $null_(15)
set cbr_(15) [new Application/Traffic/CBR]
$cbr_(15) set packetSize_ 512
$cbr_(15) set interval_ 0.12804097311139565
$cbr_(15) set random_ 1
$cbr_(15) set maxpkts_ 10000
$cbr_(15) attach-agent $udp_(15)
$ns_ connect $udp_(15) $null_(15)
$ns_ at 95.877945849615116 "$cbr_(15) start"
#
# 24 connecting to 25 at time 37.196067458575627
#
set udp_(16) [new Agent/UDP]
```

```
$ns_ attach-agent $node_(24) $udp_(16)
set null_(16) [new Agent/Null]
$ns_ attach-agent $node_(25) $null_(16)
set cbr_(16) [new Application/Traffic/CBR]
$scr_(16) set packetSize_ 512
$scr_(16) set interval_ 0.12804097311139565
$scr_(16) set random_ 1
$scr_(16) set maxpkts_ 10000
$scr_(16) attach-agent $udp_(16)
$ns_ connect $udp_(16) $null_(16)
$ns_ at 37.196067458575627 "$scr_(16) start"
#
# 26 connecting to 27 at time 7.3038653690851589
#
set udp_(17) [new Agent/UDP]
$ns_ attach-agent $node_(26) $udp_(17)
set null_(17) [new Agent/Null]
$ns_ attach-agent $node_(27) $null_(17)
set cbr_(17) [new Application/Traffic/CBR]
$scr_(17) set packetSize_ 512
$scr_(17) set interval_ 0.12804097311139565
$scr_(17) set random_ 1
$scr_(17) set maxpkts_ 10000
$scr_(17) attach-agent $udp_(17)
$ns_ connect $udp_(17) $null_(17)
$ns_ at 7.3038653690851589 "$scr_(17) start"
#
# 27 connecting to 28 at time 158.04346959946838
#
set udp_(18) [new Agent/UDP]
$ns_ attach-agent $node_(27) $udp_(18)
set null_(18) [new Agent/Null]
$ns_ attach-agent $node_(28) $null_(18)
set cbr_(18) [new Application/Traffic/CBR]
$scr_(18) set packetSize_ 512
$scr_(18) set interval_ 0.12804097311139565
$scr_(18) set random_ 1
$scr_(18) set maxpkts_ 10000
$scr_(18) attach-agent $udp_(18)
$ns_ connect $udp_(18) $null_(18)
$ns_ at 158.04346959946838 "$scr_(18) start"
#
# 28 connecting to 29 at time 87.720686983187065
#
set udp_(19) [new Agent/UDP]
$ns_ attach-agent $node_(28) $udp_(19)
set null_(19) [new Agent/Null]
$ns_ attach-agent $node_(29) $null_(19)
set cbr_(19) [new Application/Traffic/CBR]
$scr_(19) set packetSize_ 512
$scr_(19) set interval_ 0.12804097311139565
$scr_(19) set random_ 1
$scr_(19) set maxpkts_ 10000
$scr_(19) attach-agent $udp_(19)
$ns_ connect $udp_(19) $null_(19)
$ns_ at 87.720686983187065 "$scr_(19) start"
#
# 29 connecting to 30 at time 142.91611031764938
#
set udp_(20) [new Agent/UDP]
$ns_ attach-agent $node_(29) $udp_(20)
set null_(20) [new Agent/Null]
$ns_ attach-agent $node_(30) $null_(20)
```

```
set cbr_(20) [new Application/Traffic/CBR]
$cbr_(20) set packetSize_ 512
$cbr_(20) set interval_ 0.12804097311139565
$cbr_(20) set random_ 1
$cbr_(20) set maxpkts_ 10000
$cbr_(20) attach-agent $udp_(20)
$ns_ connect $udp_(20) $null_(20)
$ns_ at 142.91611031764938 "$cbr_(20) start"
#
# 29 connecting to 31 at time 174.98909912770108
#
set udp_(21) [new Agent/UDP]
$ns_ attach-agent $node_(29) $udp_(21)
set null_(21) [new Agent/Null]
$ns_ attach-agent $node_(31) $null_(21)
set cbr_(21) [new Application/Traffic/CBR]
$cbr_(21) set packetSize_ 512
$cbr_(21) set interval_ 0.12804097311139565
$cbr_(21) set random_ 1
$cbr_(21) set maxpkts_ 10000
$cbr_(21) attach-agent $udp_(21)
$ns_ connect $udp_(21) $null_(21)
$ns_ at 174.98909912770108 "$cbr_(21) start"
#
# 34 connecting to 35 at time 110.05081481768322
#
set udp_(22) [new Agent/UDP]
$ns_ attach-agent $node_(34) $udp_(22)
set null_(22) [new Agent/Null]
$ns_ attach-agent $node_(35) $null_(22)
set cbr_(22) [new Application/Traffic/CBR]
$cbr_(22) set packetSize_ 512
$cbr_(22) set interval_ 0.12804097311139565
$cbr_(22) set random_ 1
$cbr_(22) set maxpkts_ 10000
$cbr_(22) attach-agent $udp_(22)
$ns_ connect $udp_(22) $null_(22)
$ns_ at 110.05081481768322 "$cbr_(22) start"
#
# 34 connecting to 36 at time 58.856726986755021
#
set udp_(23) [new Agent/UDP]
$ns_ attach-agent $node_(34) $udp_(23)
set null_(23) [new Agent/Null]
$ns_ attach-agent $node_(36) $null_(23)
set cbr_(23) [new Application/Traffic/CBR]
$cbr_(23) set packetSize_ 512
$cbr_(23) set interval_ 0.12804097311139565
$cbr_(23) set random_ 1
$cbr_(23) set maxpkts_ 10000
$cbr_(23) attach-agent $udp_(23)
$ns_ connect $udp_(23) $null_(23)
$ns_ at 58.856726986755021 "$cbr_(23) start"
#
# 36 connecting to 37 at time 6.9585059801854685
#
set udp_(24) [new Agent/UDP]
$ns_ attach-agent $node_(36) $udp_(24)
set null_(24) [new Agent/Null]
$ns_ attach-agent $node_(37) $null_(24)
set cbr_(24) [new Application/Traffic/CBR]
$cbr_(24) set packetSize_ 512
$cbr_(24) set interval_ 0.12804097311139565
```

```
$cbr_(24) set random_ 1
$cbr_(24) set maxpkts_ 10000
$cbr_(24) attach-agent $udp_(24)
$ns_ connect $udp_(24) $null_(24)
$ns_ at 6.9585059801854685 "$cbr_(24) start"
#
# 38 connecting to 39 at time 49.967153142191073
#
set udp_(25) [new Agent/UDP]
$ns_ attach-agent $node_(38) $udp_(25)
set null_(25) [new Agent/Null]
$ns_ attach-agent $node_(39) $null_(25)
set cbr_(25) [new Application/Traffic/CBR]
$cbr_(25) set packetSize_ 512
$cbr_(25) set interval_ 0.12804097311139565
$cbr_(25) set random_ 1
$cbr_(25) set maxpkts_ 10000
$cbr_(25) attach-agent $udp_(25)
$ns_ connect $udp_(25) $null_(25)
$ns_ at 49.967153142191073 "$cbr_(25) start"
#
# 38 connecting to 40 at time 148.61526384419543
#
set udp_(26) [new Agent/UDP]
$ns_ attach-agent $node_(38) $udp_(26)
set null_(26) [new Agent/Null]
$ns_ attach-agent $node_(40) $null_(26)
set cbr_(26) [new Application/Traffic/CBR]
$cbr_(26) set packetSize_ 512
$cbr_(26) set interval_ 0.12804097311139565
$cbr_(26) set random_ 1
$cbr_(26) set maxpkts_ 10000
$cbr_(26) attach-agent $udp_(26)
$ns_ connect $udp_(26) $null_(26)
$ns_ at 148.61526384419543 "$cbr_(26) start"
#
# 39 connecting to 40 at time 14.245500338378131
#
set udp_(27) [new Agent/UDP]
$ns_ attach-agent $node_(39) $udp_(27)
set null_(27) [new Agent/Null]
$ns_ attach-agent $node_(40) $null_(27)
set cbr_(27) [new Application/Traffic/CBR]
$cbr_(27) set packetSize_ 512
$cbr_(27) set interval_ 0.12804097311139565
$cbr_(27) set random_ 1
$cbr_(27) set maxpkts_ 10000
$cbr_(27) attach-agent $udp_(27)
$ns_ connect $udp_(27) $null_(27)
$ns_ at 14.245500338378131 "$cbr_(27) start"
#
# 40 connecting to 41 at time 41.327202851570767
#
set udp_(28) [new Agent/UDP]
$ns_ attach-agent $node_(40) $udp_(28)
set null_(28) [new Agent/Null]
$ns_ attach-agent $node_(41) $null_(28)
set cbr_(28) [new Application/Traffic/CBR]
$cbr_(28) set packetSize_ 512
$cbr_(28) set interval_ 0.12804097311139565
$cbr_(28) set random_ 1
$cbr_(28) set maxpkts_ 10000
$cbr_(28) attach-agent $udp_(28)
```

```
$ns_ connect $udp_(28) $null_(28)
$ns_ at 41.327202851570767 "$cbr_(28) start"
#
# 40 connecting to 42 at time 53.802525202651751
#
set udp_(29) [new Agent/UDP]
$ns_ attach-agent $node_(40) $udp_(29)
set null_(29) [new Agent/Null]
$ns_ attach-agent $node_(42) $null_(29)
set cbr_(29) [new Application/Traffic/CBR]
$cbr_(29) set packetSize_ 512
$cbr_(29) set interval_ 0.12804097311139565
$cbr_(29) set random_ 1
$cbr_(29) set maxpkts_ 10000
$cbr_(29) attach-agent $udp_(29)
$ns_ connect $udp_(29) $null_(29)
$ns_ at 53.802525202651751 "$cbr_(29) start"
#
# 41 connecting to 42 at time 41.30238470682054
#
set udp_(30) [new Agent/UDP]
$ns_ attach-agent $node_(41) $udp_(30)
set null_(30) [new Agent/Null]
$ns_ attach-agent $node_(42) $null_(30)
set cbr_(30) [new Application/Traffic/CBR]
$cbr_(30) set packetSize_ 512
$cbr_(30) set interval_ 0.12804097311139565
$cbr_(30) set random_ 1
$cbr_(30) set maxpkts_ 10000
$cbr_(30) attach-agent $udp_(30)
$ns_ connect $udp_(30) $null_(30)
$ns_ at 41.30238470682054 "$cbr_(30) start"
#
# 41 connecting to 43 at time 82.13174207235302
#
set udp_(31) [new Agent/UDP]
$ns_ attach-agent $node_(41) $udp_(31)
set null_(31) [new Agent/Null]
$ns_ attach-agent $node_(43) $null_(31)
set cbr_(31) [new Application/Traffic/CBR]
$cbr_(31) set packetSize_ 512
$cbr_(31) set interval_ 0.12804097311139565
$cbr_(31) set random_ 1
$cbr_(31) set maxpkts_ 10000
$cbr_(31) attach-agent $udp_(31)
$ns_ connect $udp_(31) $null_(31)
$ns_ at 82.13174207235302 "$cbr_(31) start"
#
# 42 connecting to 43 at time 46.287749189086135
#
set udp_(32) [new Agent/UDP]
$ns_ attach-agent $node_(42) $udp_(32)
set null_(32) [new Agent/Null]
$ns_ attach-agent $node_(43) $null_(32)
set cbr_(32) [new Application/Traffic/CBR]
$cbr_(32) set packetSize_ 512
$cbr_(32) set interval_ 0.12804097311139565
$cbr_(32) set random_ 1
$cbr_(32) set maxpkts_ 10000
$cbr_(32) attach-agent $udp_(32)
$ns_ connect $udp_(32) $null_(32)
$ns_ at 46.287749189086135 "$cbr_(32) start"
#
```

```
# 42 connecting to 44 at time 146.86990509129592
#
set udp_(33) [new Agent/UDP]
$ns_ attach-agent $node_(42) $udp_(33)
set null_(33) [new Agent/Null]
$ns_ attach-agent $node_(44) $null_(33)
set cbr_(33) [new Application/Traffic/CBR]
$cbr_(33) set packetSize_ 512
$cbr_(33) set interval_ 0.12804097311139565
$cbr_(33) set random_ 1
$cbr_(33) set maxpkts_ 10000
$cbr_(33) attach-agent $udp_(33)
$ns_ connect $udp_(33) $null_(33)
$ns_ at 146.86990509129592 "$cbr_(33) start"
#
# 43 connecting to 44 at time 43.834039067772238
#
set udp_(34) [new Agent/UDP]
$ns_ attach-agent $node_(43) $udp_(34)
set null_(34) [new Agent/Null]
$ns_ attach-agent $node_(44) $null_(34)
set cbr_(34) [new Application/Traffic/CBR]
$cbr_(34) set packetSize_ 512
$cbr_(34) set interval_ 0.12804097311139565
$cbr_(34) set random_ 1
$cbr_(34) set maxpkts_ 10000
$cbr_(34) attach-agent $udp_(34)
$ns_ connect $udp_(34) $null_(34)
$ns_ at 43.834039067772238 "$cbr_(34) start"
#
# 45 connecting to 46 at time 155.56424144448911
#
set udp_(35) [new Agent/UDP]
$ns_ attach-agent $node_(45) $udp_(35)
set null_(35) [new Agent/Null]
$ns_ attach-agent $node_(46) $null_(35)
set cbr_(35) [new Application/Traffic/CBR]
$cbr_(35) set packetSize_ 512
$cbr_(35) set interval_ 0.12804097311139565
$cbr_(35) set random_ 1
$cbr_(35) set maxpkts_ 10000
$cbr_(35) attach-agent $udp_(35)
$ns_ connect $udp_(35) $null_(35)
$ns_ at 155.56424144448911 "$cbr_(35) start"
#
# 45 connecting to 47 at time 93.706684156184409
#
set udp_(36) [new Agent/UDP]
$ns_ attach-agent $node_(45) $udp_(36)
set null_(36) [new Agent/Null]
$ns_ attach-agent $node_(47) $null_(36)
set cbr_(36) [new Application/Traffic/CBR]
$cbr_(36) set packetSize_ 512
$cbr_(36) set interval_ 0.12804097311139565
$cbr_(36) set random_ 1
$cbr_(36) set maxpkts_ 10000
$cbr_(36) attach-agent $udp_(36)
$ns_ connect $udp_(36) $null_(36)
$ns_ at 93.706684156184409 "$cbr_(36) start"
#
# 46 connecting to 47 at time 123.0806575636755
#
set udp_(37) [new Agent/UDP]
```

```
$ns_ attach-agent $node_(46) $udp_(37)
set null_(37) [new Agent/Null]
$ns_ attach-agent $node_(47) $null_(37)
set cbr_(37) [new Application/Traffic/CBR]
$scr_(37) set packetSize_ 512
$scr_(37) set interval_ 0.12804097311139565
$scr_(37) set random_ 1
$scr_(37) set maxpkts_ 10000
$scr_(37) attach-agent $udp_(37)
$ns_ connect $udp_(37) $null_(37)
$ns_ at 123.0806575636755 "$scr_(37) start"
#
# 46 connecting to 48 at time 46.236421096248748
#
set udp_(38) [new Agent/UDP]
$ns_ attach-agent $node_(46) $udp_(38)
set null_(38) [new Agent/Null]
$ns_ attach-agent $node_(48) $null_(38)
set cbr_(38) [new Application/Traffic/CBR]
$scr_(38) set packetSize_ 512
$scr_(38) set interval_ 0.12804097311139565
$scr_(38) set random_ 1
$scr_(38) set maxpkts_ 10000
$scr_(38) attach-agent $udp_(38)
$ns_ connect $udp_(38) $null_(38)
$ns_ at 46.236421096248748 "$scr_(38) start"
#
# 48 connecting to 49 at time 119.35218678757185
#
set udp_(39) [new Agent/UDP]
$ns_ attach-agent $node_(48) $udp_(39)
set null_(39) [new Agent/Null]
$ns_ attach-agent $node_(49) $null_(39)
set cbr_(39) [new Application/Traffic/CBR]
$scr_(39) set packetSize_ 512
$scr_(39) set interval_ 0.12804097311139565
$scr_(39) set random_ 1
$scr_(39) set maxpkts_ 10000
$scr_(39) attach-agent $udp_(39)
$ns_ connect $udp_(39) $null_(39)
$ns_ at 119.35218678757185 "$scr_(39) start"
#
# 48 connecting to 0 at time 157.74282850219998
#
set udp_(40) [new Agent/UDP]
$ns_ attach-agent $node_(48) $udp_(40)
set null_(40) [new Agent/Null]
$ns_ attach-agent $node_(0) $null_(40)
set cbr_(40) [new Application/Traffic/CBR]
$scr_(40) set packetSize_ 512
$scr_(40) set interval_ 0.12804097311139565
$scr_(40) set random_ 1
$scr_(40) set maxpkts_ 10000
$scr_(40) attach-agent $udp_(40)
$ns_ connect $udp_(40) $null_(40)
$ns_ at 157.74282850219998 "$scr_(40) start"
#
#Total sources/connections: 28/41
#
```

Arquivo de Cena – Tempo de Pausa 120 segundos

```
#-----  
# Random Trip Model  
# numNodes = 50  
# maxX = 1500.00  
# maxY = 300.00  
# endTime = 600.00  
# speedMean = 10.0000  
# speedDelta = 8.0000  
# pauseMean = 0.00  
# pauseDelta = 0.00  
#-----  
  
# output format is NS2  
# Initial positions:  
$node_(0) set X_ 831.013112751039  
$node_(0) set Y_ 205.735172527349  
$node_(0) set Z_ 0.000000000000  
$ns_ at 0.000000000000 "$node_(0) setdest 418.493380893353 271.852483209361 2.975691714865"  
$node_(1) set X_ 1051.115098214690  
$node_(1) set Y_ 99.453909588498  
$node_(1) set Z_ 0.000000000000  
$ns_ at 0.000000000000 "$node_(1) setdest 1448.973280378487 130.642497326670 3.557168412865"  
$node_(2) set X_ 1370.403654224114  
$node_(2) set Y_ 6.739746706491  
$node_(2) set Z_ 0.000000000000  
$ns_ at 0.000000000000 "$node_(2) setdest 1227.659951720908 52.922356319373 13.495971696957"  
$node_(3) set X_ 742.445066478355  
$node_(3) set Y_ 188.568630701196  
$node_(3) set Z_ 0.000000000000  
$ns_ at 0.000000000000 "$node_(3) setdest 1073.146750303204 206.553468678663 5.126468585635"  
$node_(4) set X_ 250.581357163647  
$node_(4) set Y_ 127.368178222927  
$node_(4) set Z_ 0.000000000000  
$ns_ at 0.000000000000 "$node_(4) setdest 31.665967163607 161.472555195378 6.939942843042"  
$node_(5) set X_ 970.000153379249  
$node_(5) set Y_ 110.561642456978  
$node_(5) set Z_ 0.000000000000  
$ns_ at 0.000000000000 "$node_(5) setdest 1315.329204639659 56.068045736678 13.689107336128"  
$node_(6) set X_ 678.995397941537  
$node_(6) set Y_ 151.384013764686  
$node_(6) set Z_ 0.000000000000  
$ns_ at 0.000000000000 "$node_(6) setdest 122.303968765812 58.799516151133 7.484164911777"  
$node_(7) set X_ 143.124451828718  
$node_(7) set Y_ 14.621645805401  
$node_(7) set Z_ 0.000000000000  
$ns_ at 0.000000000000 "$node_(7) setdest 101.037785613300 12.560770236687 2.026177962767"  
$node_(8) set X_ 738.237241905194  
$node_(8) set Y_ 76.199213410159  
$node_(8) set Z_ 0.000000000000  
$ns_ at 0.000000000000 "$node_(8) setdest 4.988087270799 268.615416823403 2.409460950608"  
$node_(9) set X_ 1012.936820652438  
$node_(9) set Y_ 145.157456759483  
$node_(9) set Z_ 0.000000000000  
$ns_ at 0.000000000000 "$node_(9) setdest 1265.707712942658 147.737648984293 4.322137665797"  
$node_(10) set X_ 666.318979992657  
$node_(10) set Y_ 252.827526343825  
$node_(10) set Z_ 0.000000000000  
$ns_ at 0.000000000000 "$node_(10) setdest 1105.724234400910 152.719379091628 3.721209308679"  
$node_(11) set X_ 685.047548733448  
$node_(11) set Y_ 171.487325844115  
$node_(11) set Z_ 0.000000000000  
$ns_ at 0.000000000000 "$node_(11) setdest 309.986639069678 154.554238356343 2.815990856534"  
$node_(12) set X_ 389.002591735171  
$node_(12) set Y_ 267.324824856652
```


\$node_(12) set Z_ 0.000000000000
\$ns_ at 0.000000000000 "\$node_(12) setdest 1199.399276895655 170.686010662170 2.373969429452"
\$node_(13) set X_ 1134.982583986818
\$node_(13) set Y_ 204.156578774820
\$node_(13) set Z_ 0.000000000000
\$ns_ at 0.000000000000 "\$node_(13) setdest 1471.194236404802 207.975341634981 3.161710404983"
\$node_(14) set X_ 940.598879867765
\$node_(14) set Y_ 90.484180327092
\$node_(14) set Z_ 0.000000000000
\$ns_ at 0.000000000000 "\$node_(14) setdest 546.234953687700 2.813151411819 7.126775192565"
\$node_(15) set X_ 805.890941106001
\$node_(15) set Y_ 61.676326848393
\$node_(15) set Z_ 0.000000000000
\$ns_ at 0.000000000000 "\$node_(15) setdest 984.511384501705 33.413602756121 3.491787227846"
\$node_(16) set X_ 1464.894475543356
\$node_(16) set Y_ 223.601558977561
\$node_(16) set Z_ 0.000000000000
\$ns_ at 0.000000000000 "\$node_(16) setdest 296.178103310934 298.385131712119 5.942538372168"
\$node_(17) set X_ 767.911248048304
\$node_(17) set Y_ 87.303233931278
\$node_(17) set Z_ 0.000000000000
\$ns_ at 0.000000000000 "\$node_(17) setdest 638.817162279511 4.786592131349 8.007574779495"
\$node_(18) set X_ 257.262551016420
\$node_(18) set Y_ 142.274087582064
\$node_(18) set Z_ 0.000000000000
\$ns_ at 0.000000000000 "\$node_(18) setdest 240.757204612794 39.125799180762 6.789996156321"
\$node_(19) set X_ 333.020070219025
\$node_(19) set Y_ 261.838977505415
\$node_(19) set Z_ 0.000000000000
\$ns_ at 0.000000000000 "\$node_(19) setdest 1303.342968155026 288.366553962275 2.376454422000"
\$node_(20) set X_ 666.296782956671
\$node_(20) set Y_ 119.108415183261
\$node_(20) set Z_ 0.000000000000
\$ns_ at 0.000000000000 "\$node_(20) setdest 401.097716368705 107.150292761497 4.419059517414"
\$node_(21) set X_ 1224.738567111512
\$node_(21) set Y_ 126.243613800193
\$node_(21) set Z_ 0.000000000000
\$ns_ at 0.000000000000 "\$node_(21) setdest 1249.534184965585 126.320929440520 9.078066325257"
\$node_(22) set X_ 747.338572943107
\$node_(22) set Y_ 119.952721035969
\$node_(22) set Z_ 0.000000000000
\$ns_ at 0.000000000000 "\$node_(22) setdest 1170.473813516485 221.401051085660 6.241034640135"
\$node_(23) set X_ 822.186603933097
\$node_(23) set Y_ 271.503925793571
\$node_(23) set Z_ 0.000000000000
\$ns_ at 0.000000000000 "\$node_(23) setdest 589.077007359872 272.455153310115 4.123021998063"
\$node_(24) set X_ 393.373221517032
\$node_(24) set Y_ 212.787238073277
\$node_(24) set Z_ 0.000000000000
\$ns_ at 0.000000000000 "\$node_(24) setdest 253.882538185604 287.751228347498 3.480168187079"
\$node_(25) set X_ 1420.473066426417
\$node_(25) set Y_ 121.846727827490
\$node_(25) set Z_ 0.000000000000
\$ns_ at 0.000000000000 "\$node_(25) setdest 1428.677003615873 43.392031463283 13.661026319881"
\$node_(26) set X_ 316.277850027231
\$node_(26) set Y_ 200.285834715646
\$node_(26) set Z_ 0.000000000000
\$ns_ at 0.000000000000 "\$node_(26) setdest 826.631516385426 130.654685970242 2.185719331349"
\$node_(27) set X_ 313.992410498235
\$node_(27) set Y_ 146.445356241258
\$node_(27) set Z_ 0.000000000000
\$ns_ at 0.000000000000 "\$node_(27) setdest 479.981166215985 99.127182042021 2.570487970437"
\$node_(28) set X_ 1198.474266734722
\$node_(28) set Y_ 89.260804199350
\$node_(28) set Z_ 0.000000000000
\$ns_ at 0.000000000000 "\$node_(28) setdest 1471.929273642401 56.700597641741 6.119646562529"

\$node_(29) set X_ 807.080010892562
\$node_(29) set Y_ 128.844990603231
\$node_(29) set Z_ 0.000000000000
\$ns_at 0.000000000000 "\$node_(29) setdest 562.569734007543 118.226839744266 4.968589565001"
\$node_(30) set X_ 516.565950753731
\$node_(30) set Y_ 16.151000948822
\$node_(30) set Z_ 0.000000000000
\$ns_at 0.000000000000 "\$node_(30) setdest 1289.618919129999 31.638313199310 4.573140586240"
\$node_(31) set X_ 255.111960407240
\$node_(31) set Y_ 169.486418768575
\$node_(31) set Z_ 0.000000000000
\$ns_at 0.000000000000 "\$node_(31) setdest 88.854723314043 147.821929717674 4.338954966620"
\$node_(32) set X_ 525.336965815725
\$node_(32) set Y_ 66.987182001147
\$node_(32) set Z_ 0.000000000000
\$ns_at 0.000000000000 "\$node_(32) setdest 1439.267930056315 193.404297408512 12.297994256378"
\$node_(33) set X_ 469.798898457680
\$node_(33) set Y_ 136.415799047702
\$node_(33) set Z_ 0.000000000000
\$ns_at 0.000000000000 "\$node_(33) setdest 1018.697128435218 146.152917728822 8.550334909004"
\$node_(34) set X_ 344.595620216864
\$node_(34) set Y_ 232.121830047886
\$node_(34) set Z_ 0.000000000000
\$ns_at 0.000000000000 "\$node_(34) setdest 343.995012969851 232.268975149582 6.881213093463"
\$node_(35) set X_ 710.593866590056
\$node_(35) set Y_ 280.818837249616
\$node_(35) set Z_ 0.000000000000
\$ns_at 0.000000000000 "\$node_(35) setdest 601.567557476652 294.393017623047 5.598581327890"
\$node_(36) set X_ 975.262089963665
\$node_(36) set Y_ 127.895156818305
\$node_(36) set Z_ 0.000000000000
\$ns_at 0.000000000000 "\$node_(36) setdest 194.540436921872 178.775706579425 4.510657426447"
\$node_(37) set X_ 103.869874945721
\$node_(37) set Y_ 230.160330982108
\$node_(37) set Z_ 0.000000000000
\$ns_at 0.000000000000 "\$node_(37) setdest 138.944890910125 231.391140098859 8.557223472160"
\$node_(38) set X_ 1168.701578704987
\$node_(38) set Y_ 138.751052903769
\$node_(38) set Z_ 0.000000000000
\$ns_at 0.000000000000 "\$node_(38) setdest 1324.624364451660 210.301950153007 3.840313818063"
\$node_(39) set X_ 203.119288134890
\$node_(39) set Y_ 174.032997994650
\$node_(39) set Z_ 0.000000000000
\$ns_at 0.000000000000 "\$node_(39) setdest 46.125063205113 184.827213746725 4.684857216363"
\$node_(40) set X_ 812.432385498391
\$node_(40) set Y_ 203.345691920781
\$node_(40) set Z_ 0.000000000000
\$ns_at 0.000000000000 "\$node_(40) setdest 73.451983463254 147.994570084322 2.102692016293"
\$node_(41) set X_ 23.539173168889
\$node_(41) set Y_ 166.031841043617
\$node_(41) set Z_ 0.000000000000
\$ns_at 0.000000000000 "\$node_(41) setdest 19.404907814840 166.016350761770 2.902358053548"
\$node_(42) set X_ 626.607327693931
\$node_(42) set Y_ 213.594456624134
\$node_(42) set Z_ 0.000000000000
\$ns_at 0.000000000000 "\$node_(42) setdest 1147.322152536796 187.709716891658 4.528855837538"
\$node_(43) set X_ 703.486611272028
\$node_(43) set Y_ 119.527010640544
\$node_(43) set Z_ 0.000000000000
\$ns_at 0.000000000000 "\$node_(43) setdest 1262.928434260203 117.245141245351 16.045370176375"
\$node_(44) set X_ 424.282711310207
\$node_(44) set Y_ 63.357783122515
\$node_(44) set Z_ 0.000000000000
\$ns_at 0.000000000000 "\$node_(44) setdest 1423.544736989418 156.013309236769 3.912285325065"
\$node_(45) set X_ 903.383331082350
\$node_(45) set Y_ 123.927892435822

\$node_(45) set Z_ 0.000000000000
\$ns_ at 0.000000000000 "\$node_(45) setdest 1431.913437279173 17.852441414948 7.691366799209"
\$node_(46) set X_ 384.744202194486
\$node_(46) set Y_ 207.926419086369
\$node_(46) set Z_ 0.000000000000
\$ns_ at 0.000000000000 "\$node_(46) setdest 447.108212544913 204.541164137322 5.611321464899"
\$node_(47) set X_ 301.050135497689
\$node_(47) set Y_ 47.464872744074
\$node_(47) set Z_ 0.000000000000
\$ns_ at 0.000000000000 "\$node_(47) setdest 225.037740093341 43.419530998952 16.989680675153"
\$node_(48) set X_ 56.190889472286
\$node_(48) set Y_ 16.957124751967
\$node_(48) set Z_ 0.000000000000
\$ns_ at 0.000000000000 "\$node_(48) setdest 44.875338340120 13.171059322333 3.835430691937"
\$node_(49) set X_ 765.024062240238
\$node_(49) set Y_ 62.863231622401
\$node_(49) set Z_ 0.000000000000
\$ns_ at 0.000000000000 "\$node_(49) setdest 18.497019783684 267.147619432971 6.118893588759"

Movements:

\$ns_ at 0.089863432055 "\$node_(34) setdest 343.995012969851 232.268975149582 0.000000000000"
\$ns_ at 0.089863432055 "\$node_(34) setdest 256.903627169831 93.967516834866 4.422939033444"
\$ns_ at 1.424460489435 "\$node_(41) setdest 19.404907814840 166.016350761770 0.000000000000"
\$ns_ at 1.424460489435 "\$node_(41) setdest 1349.601209714991 74.242450680727 4.079235636666"
\$ns_ at 2.731389869272 "\$node_(21) setdest 1249.534184965585 126.320929440520 0.000000000000"
\$ns_ at 2.731389869272 "\$node_(21) setdest 97.368781314557 296.647191749075 6.138854147931"
\$ns_ at 3.111030275127 "\$node_(48) setdest 44.875338340120 13.171059322333 0.000000000000"
\$ns_ at 3.111030275127 "\$node_(48) setdest 1240.597306113284 249.397960763101 10.505327459660"
\$ns_ at 4.101400933509 "\$node_(37) setdest 138.944890910125 231.391140098859 0.000000000000"
\$ns_ at 4.101400933509 "\$node_(37) setdest 547.449052235268 250.354663113084 17.864862702724"
\$ns_ at 4.480364656659 "\$node_(47) setdest 225.037740093341 43.419530998952 0.000000000000"
\$ns_ at 4.480364656659 "\$node_(47) setdest 744.284855985953 257.358358012668 14.863192705839"
\$ns_ at 5.774271089096 "\$node_(25) setdest 1428.677003615873 43.392031463283 0.000000000000"
\$ns_ at 5.774271089096 "\$node_(25) setdest 1399.805313143471 90.761846019885 10.136334765766"
\$ns_ at 11.116550978907 "\$node_(2) setdest 1227.659951720908 52.922356319373 0.000000000000"
\$ns_ at 11.116550978907 "\$node_(2) setdest 1217.205348004117 160.860689297019 14.297128645842"
\$ns_ at 11.130323343938 "\$node_(46) setdest 447.108212544913 204.541164137322 0.000000000000"
\$ns_ at 11.130323343938 "\$node_(46) setdest 1274.144428380165 123.643809717069 17.723839551082"
\$ns_ at 11.247155046697 "\$node_(25) setdest 1399.805313143471 90.761846019885 0.000000000000"
\$ns_ at 11.247155046697 "\$node_(25) setdest 989.433940481248 272.317743459476 13.986638789990"
\$ns_ at 15.384471012456 "\$node_(18) setdest 240.757204612794 39.125799180762 0.000000000000"
\$ns_ at 15.384471012456 "\$node_(18) setdest 1344.833262267177 43.308652717091 13.592570101653"
\$ns_ at 18.701532238496 "\$node_(2) setdest 1217.205348004117 160.860689297019 0.000000000000"
\$ns_ at 18.701532238496 "\$node_(2) setdest 1463.536970168818 190.467826819099 13.577944440571"
\$ns_ at 19.133531221472 "\$node_(17) setdest 638.817162279511 4.786592131349 0.000000000000"
\$ns_ at 19.133531221472 "\$node_(17) setdest 704.119326615219 200.095546131772 7.450531865214"
\$ns_ at 19.624271053149 "\$node_(35) setdest 601.567557476652 294.393017623047 0.000000000000"
\$ns_ at 19.624271053149 "\$node_(35) setdest 787.276619429427 166.996417686386 17.449654914182"
\$ns_ at 20.796343984222 "\$node_(7) setdest 101.037785613300 12.560770236687 0.000000000000"
\$ns_ at 20.796343984222 "\$node_(7) setdest 1288.794756018148 95.803024437631 9.328889492587"
\$ns_ at 25.538714988349 "\$node_(5) setdest 1315.329204639659 56.068045736678 0.000000000000"
\$ns_ at 25.538714988349 "\$node_(5) setdest 1283.321990867504 43.988962312081 12.730685589244"
\$ns_ at 26.992373691351 "\$node_(37) setdest 547.449052235268 250.354663113084 0.000000000000"
\$ns_ at 26.992373691351 "\$node_(37) setdest 838.166095256826 229.829239911663 13.279659984298"
\$ns_ at 28.225971067385 "\$node_(5) setdest 1283.321990867504 43.988962312081 0.000000000000"
\$ns_ at 28.225971067385 "\$node_(5) setdest 1010.742611472631 138.595632337550 5.494413377482"
\$ns_ at 31.924757100384 "\$node_(4) setdest 31.665967163607 161.472555195378 0.000000000000"
\$ns_ at 31.924757100384 "\$node_(4) setdest 909.523850671757 59.716320173918 11.126159396547"
\$ns_ at 32.530315126528 "\$node_(35) setdest 787.276619429427 166.996417686386 0.000000000000"
\$ns_ at 32.530315126528 "\$node_(35) setdest 1250.924071463324 2.754571421397 11.312665623293"
\$ns_ at 33.590109787463 "\$node_(39) setdest 46.125063205113 184.827213746725 0.000000000000"
\$ns_ at 33.590109787463 "\$node_(39) setdest 1014.253292443097 20.192221169435 6.853810141261"
\$ns_ at 34.866535985181 "\$node_(43) setdest 1262.928434260203 117.245141245351 0.000000000000"
\$ns_ at 34.866535985181 "\$node_(43) setdest 935.945690834433 222.926533197670 5.216331870862"
\$ns_ at 36.974144614025 "\$node_(2) setdest 1463.536970168818 190.467826819099 0.000000000000"

\$ns_ at 36.974144614025 "\$node_(2) setdest 93.653037219612 265.709854957714 9.730580579364"
\$ns_ at 37.042369673888 "\$node_(34) setdest 256.903627169831 93.967516834866 0.000000000000"
\$ns_ at 37.042369673888 "\$node_(34) setdest 48.499215680301 242.170279526156 16.687743424758"
\$ns_ at 38.641289115421 "\$node_(31) setdest 88.854723314043 147.821929717674 0.000000000000"
\$ns_ at 38.641289115421 "\$node_(31) setdest 860.004889838503 23.131838412225 11.457769621842"
\$ns_ at 42.264549165363 "\$node_(47) setdest 744.284855985953 257.358358012668 0.000000000000"
\$ns_ at 42.264549165363 "\$node_(47) setdest 808.639510122338 225.733618883492 5.954653317088"
\$ns_ at 43.330601477417 "\$node_(25) setdest 989.433940481248 272.317743459476 0.000000000000"
\$ns_ at 43.330601477417 "\$node_(25) setdest 1427.253501997417 33.467073629621 4.327088059078"
\$ns_ at 44.672379406774 "\$node_(38) setdest 1324.624364451660 210.301950153007 0.000000000000"
\$ns_ at 44.672379406774 "\$node_(38) setdest 181.108708910462 195.054684269514 14.567246487628"
\$ns_ at 45.000417710376 "\$node_(28) setdest 1471.929273642401 56.700597641741 0.000000000000"
\$ns_ at 45.000417710376 "\$node_(28) setdest 1076.237397861544 107.334423658923 14.750536514796"
\$ns_ at 45.502968200898 "\$node_(24) setdest 253.882538185604 287.751228347498 0.000000000000"
\$ns_ at 45.502968200898 "\$node_(24) setdest 151.310187078577 197.101025790115 7.463300580840"
\$ns_ at 46.774079652020 "\$node_(17) setdest 704.119326615219 200.095546131772 0.000000000000"
\$ns_ at 46.774079652020 "\$node_(17) setdest 814.061573872967 293.533033828823 4.612942801143"
\$ns_ at 48.938772795819 "\$node_(37) setdest 838.166095256826 229.829239911663 0.000000000000"
\$ns_ at 48.938772795819 "\$node_(37) setdest 1178.524708811057 211.275976120443 11.200654555671"
\$ns_ at 49.257584679120 "\$node_(29) setdest 562.569734007543 118.226839744266 0.000000000000"
\$ns_ at 49.257584679120 "\$node_(29) setdest 1172.042198111282 292.697908902760 7.744330215149"
\$ns_ at 51.790840554787 "\$node_(15) setdest 984.511384501705 33.413602756121 0.000000000000"
\$ns_ at 51.790840554787 "\$node_(15) setdest 1092.165551374674 127.120755733118 7.127285631898"
\$ns_ at 52.366629191983 "\$node_(34) setdest 48.499215680301 242.170279526156 0.000000000000"
\$ns_ at 52.366629191983 "\$node_(34) setdest 802.941288690386 58.014694867315 12.873821144399"
\$ns_ at 54.306437316073 "\$node_(47) setdest 808.639510122338 225.733618883492 0.000000000000"
\$ns_ at 54.306437316073 "\$node_(47) setdest 1265.350269953783 166.164275730021 12.496540305436"
\$ns_ at 56.538999177102 "\$node_(23) setdest 589.077007359872 272.455153310115 0.000000000000"
\$ns_ at 56.538999177102 "\$node_(23) setdest 1367.497144304692 135.261021599140 10.976951767214"
\$ns_ at 56.686435123398 "\$node_(14) setdest 546.234953687700 2.813151411819 0.000000000000"
\$ns_ at 56.686435123398 "\$node_(14) setdest 161.815667756520 218.139276006806 2.200622327719"
\$ns_ at 58.015385764960 "\$node_(46) setdest 1274.144428380165 123.643809717069 0.000000000000"
\$ns_ at 58.015385764960 "\$node_(46) setdest 1058.369370799860 77.141955761087 12.409364183624"
\$ns_ at 58.485888307962 "\$node_(9) setdest 1265.707712942658 147.737648984293 0.000000000000"
\$ns_ at 58.485888307962 "\$node_(9) setdest 1442.093505691381 117.532912912484 9.860219422663"
\$ns_ at 60.073536279914 "\$node_(20) setdest 401.097716368705 107.150292761497 0.000000000000"
\$ns_ at 60.073536279914 "\$node_(20) setdest 551.160578140251 136.940790327878 13.884132755866"
\$ns_ at 63.844559699160 "\$node_(24) setdest 151.310187078577 197.101025790115 0.000000000000"
\$ns_ at 63.844559699160 "\$node_(24) setdest 1320.311251137330 158.733072364403 3.528823726591"
\$ns_ at 64.206208796482 "\$node_(33) setdest 1018.697128435218 146.152917728822 0.000000000000"
\$ns_ at 64.206208796482 "\$node_(33) setdest 1083.741726138451 72.069368920155 8.648042182740"
\$ns_ at 64.603997818182 "\$node_(3) setdest 1073.146750303204 206.553468678663 0.000000000000"
\$ns_ at 64.603997818182 "\$node_(3) setdest 1191.171400408555 157.343087414232 11.056997996316"
\$ns_ at 67.147366026069 "\$node_(27) setdest 479.981166215985 99.127182042021 0.000000000000"
\$ns_ at 67.147366026069 "\$node_(27) setdest 1463.024446467983 8.891259814874 13.292482664479"
\$ns_ at 69.720273661632 "\$node_(22) setdest 1170.473813516485 221.401051085660 0.000000000000"
\$ns_ at 69.720273661632 "\$node_(22) setdest 1135.155706192302 268.249170742692 3.331639432037"
\$ns_ at 70.087625767429 "\$node_(45) setdest 1431.91343279173 17.852441414948 0.000000000000"
\$ns_ at 70.087625767429 "\$node_(45) setdest 226.961237749262 287.830709716533 9.397616419661"
\$ns_ at 71.092682906230 "\$node_(20) setdest 551.160578140251 136.940790327878 0.000000000000"
\$ns_ at 71.092682906230 "\$node_(20) setdest 526.824517312909 241.168923713739 3.803262458091"
\$ns_ at 71.816007685428 "\$node_(15) setdest 1092.165551374674 127.120755733118 0.000000000000"
\$ns_ at 71.816007685428 "\$node_(15) setdest 390.554610989253 275.601836356445 13.498515357961"
\$ns_ at 72.044745436653 "\$node_(28) setdest 1076.237397861544 107.334423658923 0.000000000000"
\$ns_ at 72.044745436653 "\$node_(28) setdest 671.681334755656 176.811609792426 4.249248021398"
\$ns_ at 75.023022311545 "\$node_(32) setdest 1439.267930056315 193.404297408512 0.000000000000"
\$ns_ at 75.023022311545 "\$node_(32) setdest 1244.408211987014 188.284485363843 4.724525125103"
\$ns_ at 75.404254326605 "\$node_(6) setdest 122.303968765812 58.799516151133 0.000000000000"
\$ns_ at 75.404254326605 "\$node_(6) setdest 228.143471574881 259.039253125739 11.979533177791"
\$ns_ at 75.605998302218 "\$node_(33) setdest 1083.741726138451 72.069368920155 0.000000000000"
\$ns_ at 75.605998302218 "\$node_(33) setdest 1339.656137121816 14.345967686533 4.039136477764"
\$ns_ at 75.802680210820 "\$node_(46) setdest 1058.369370799860 77.141955761087 0.000000000000"
\$ns_ at 75.802680210820 "\$node_(46) setdest 1412.979460093864 283.344921755898 12.398010586574"
\$ns_ at 76.010640591956 "\$node_(35) setdest 1250.924071463324 2.754571421397 0.000000000000"
\$ns_ at 76.010640591956 "\$node_(35) setdest 1355.886772364135 19.752362289636 3.492712431351"
\$ns_ at 76.168882278922 "\$node_(3) setdest 1191.171400408555 157.343087414232 0.000000000000"

\$ns_ at 76.168882278922 "\$node_(3) setdest 1304.609908978952 18.438127978117 6.082267144733"
\$ns_ at 76.634903604822 "\$node_(9) setdest 1442.093505691381 117.532912912484 0.000000000000"
\$ns_ at 76.634903604822 "\$node_(9) setdest 1470.203742218734 236.401491613579 4.081766926722"
\$ns_ at 78.052152833401 "\$node_(17) setdest 814.061573872967 293.533033828823 0.000000000000"
\$ns_ at 78.052152833401 "\$node_(17) setdest 566.072015857914 248.029895115162 8.846789378136"
\$ns_ at 79.371272484128 "\$node_(37) setdest 1178.524708811057 211.275976120443 0.000000000000"
\$ns_ at 79.371272484128 "\$node_(37) setdest 681.578719240998 100.365370909991 5.311801971547"
\$ns_ at 80.739431062791 "\$node_(5) setdest 1010.742611472631 138.595632337550 0.000000000000"
\$ns_ at 80.739431062791 "\$node_(5) setdest 297.028911557790 48.062670743520 11.703709845293"
\$ns_ at 87.330084693001 "\$node_(22) setdest 1135.155706192302 268.249170742692 0.000000000000"
\$ns_ at 87.330084693001 "\$node_(22) setdest 312.044024268221 283.379472404412 3.457985483789"
\$ns_ at 91.162976504238 "\$node_(47) setdest 1265.350269953783 166.164275730021 0.000000000000"
\$ns_ at 91.162976504238 "\$node_(47) setdest 1333.630526453502 255.967079459752 4.400262759254"
\$ns_ at 94.310710024555 "\$node_(6) setdest 228.143471574881 259.039253125739 0.000000000000"
\$ns_ at 94.310710024555 "\$node_(6) setdest 1378.600885716909 134.792364831197 14.688203638740"
\$ns_ at 96.611492308327 "\$node_(18) setdest 1344.833262267177 43.308652717091 0.000000000000"
\$ns_ at 96.611492308327 "\$node_(18) setdest 766.154507126616 6.585976882917 14.620934216595"
\$ns_ at 99.234712963208 "\$node_(20) setdest 526.824517312909 241.168923713739 0.000000000000"
\$ns_ at 99.234712963208 "\$node_(20) setdest 1214.940583024682 56.881987246871 9.854503896020"
\$ns_ at 100.743638661113 "\$node_(43) setdest 935.945690834433 222.926533197670 0.000000000000"
\$ns_ at 100.743638661113 "\$node_(43) setdest 24.564476616991 155.110878788163 4.997480378951"
\$ns_ at 105.654619724378 "\$node_(3) setdest 1304.609908978952 18.438127978117 0.000000000000"
\$ns_ at 105.654619724378 "\$node_(3) setdest 1277.384655550616 67.511353083333 9.532199110618"
\$ns_ at 106.345394045456 "\$node_(13) setdest 1471.194236404802 207.975341634981 0.000000000000"
\$ns_ at 106.345394045456 "\$node_(13) setdest 577.871660126386 243.350850308456 2.793755904210"
\$ns_ at 106.454061757862 "\$node_(35) setdest 1355.886772364135 19.752362289636 0.000000000000"
\$ns_ at 106.454061757862 "\$node_(35) setdest 1133.659635960229 264.519195890077 11.492440295169"
\$ns_ at 106.551717082688 "\$node_(17) setdest 566.072015857914 248.029895115162 0.000000000000"
\$ns_ at 106.551717082688 "\$node_(17) setdest 1102.439315890793 295.980480629071 12.317779270149"
\$ns_ at 106.559969050110 "\$node_(9) setdest 1470.203742218734 236.401491613579 0.000000000000"
\$ns_ at 106.559969050110 "\$node_(9) setdest 653.870970958426 145.808020563732 12.464446452663"
\$ns_ at 106.819123729492 "\$node_(31) setdest 860.004889838503 23.131838412225 0.000000000000"
\$ns_ at 106.819123729492 "\$node_(31) setdest 761.972019159985 108.526172230642 17.146948530873"
\$ns_ at 108.889020793740 "\$node_(46) setdest 1412.979460093864 283.344921755898 0.000000000000"
\$ns_ at 108.889020793740 "\$node_(46) setdest 827.043002837045 106.926125333345 7.087081807240"
\$ns_ at 111.353396649189 "\$node_(4) setdest 909.523850671757 59.716320173918 0.000000000000"
\$ns_ at 111.353396649189 "\$node_(4) setdest 1310.188514445908 269.883685587334 11.083819170056"
\$ns_ at 111.541978734067 "\$node_(3) setdest 1277.384655550616 67.511353083333 0.000000000000"
\$ns_ at 111.541978734067 "\$node_(3) setdest 186.980691270352 34.723519800817 13.600798873045"
\$ns_ at 112.190011615788 "\$node_(1) setdest 1448.973280378487 130.642497326670 0.000000000000"
\$ns_ at 112.190011615788 "\$node_(1) setdest 1390.375558216994 274.617137984383 10.158430520519"
\$ns_ at 112.690027069550 "\$node_(34) setdest 802.941288690386 58.014694867315 0.000000000000"
\$ns_ at 112.690027069550 "\$node_(34) setdest 1195.689857182220 253.941163591215 12.923060012480"
\$ns_ at 114.401238865722 "\$node_(31) setdest 761.972019159985 108.526172230642 0.000000000000"
\$ns_ at 114.401238865722 "\$node_(31) setdest 1249.616552715973 229.627150385166 10.513394180924"
\$ns_ at 115.119096728399 "\$node_(42) setdest 1147.322152536796 187.709716891658 0.000000000000"
\$ns_ at 115.119096728399 "\$node_(42) setdest 377.181859864964 188.684770476998 6.303880447663"
\$ns_ at 116.281553099973 "\$node_(32) setdest 1244.408211987014 188.284485363843 0.000000000000"
\$ns_ at 116.281553099973 "\$node_(32) setdest 1486.058676363979 195.979622944500 14.150982817705"
\$ns_ at 116.800727404273 "\$node_(47) setdest 1333.630526453502 255.967079459752 0.000000000000"
\$ns_ at 116.800727404273 "\$node_(47) setdest 14.533779447503 174.798670044639 10.673101019428"
\$ns_ at 119.131508853826 "\$node_(48) setdest 1240.597306113284 249.397960763101 0.000000000000"
\$ns_ at 119.131508853826 "\$node_(48) setdest 723.418707277703 44.492447727399 16.130380562567"
\$ns_ at 121.107039063902 "\$node_(10) setdest 1105.724234400910 152.719379091628 0.000000000000"
\$ns_ at 121.107039063902 "\$node_(10) setdest 396.080893857501 114.857133493167 11.710933391802"
\$ns_ at 123.178451438799 "\$node_(38) setdest 181.108708910462 195.054684269514 0.000000000000"
\$ns_ at 123.178451438799 "\$node_(38) setdest 447.377549696855 66.004180995793 5.055548185043"
\$ns_ at 124.944094303601 "\$node_(15) setdest 390.554610989253 275.601836356445 0.000000000000"
\$ns_ at 124.944094303601 "\$node_(15) setdest 99.731988188699 60.364438757971 3.526064016636"
\$ns_ at 126.489100051611 "\$node_(49) setdest 18.497019783684 267.147619432971 0.000000000000"
\$ns_ at 126.489100051611 "\$node_(49) setdest 1449.961812981586 244.073539642524 16.393060705808"
\$ns_ at 127.491840185903 "\$node_(1) setdest 1390.375558216994 274.617137984383 0.000000000000"
\$ns_ at 127.491840185903 "\$node_(1) setdest 663.798320029151 115.270305599800 5.489545495943"
\$ns_ at 128.546029550270 "\$node_(23) setdest 1367.497144304692 135.261021599140 0.000000000000"
\$ns_ at 128.546029550270 "\$node_(23) setdest 56.254792734377 16.473562546878 8.931823241958"
\$ns_ at 131.117903559646 "\$node_(29) setdest 1172.042198111282 292.697908902760 0.000000000000"

\$ns_ at 131.117903559646 "\$node_(29) setdest 956.363713262522 25.534498059130 2.755078606659"
\$ns_ at 133.325347295883 "\$node_(11) setdest 309.986639069678 154.554238356343 0.000000000000"
\$ns_ at 133.325347295883 "\$node_(11) setdest 350.135662628366 161.561435161115 3.917691090106"
\$ns_ at 133.366794578974 "\$node_(32) setdest 1486.058676363979 195.979622944500 0.000000000000"
\$ns_ at 133.366794578974 "\$node_(32) setdest 1382.096528864612 253.086438907195 9.959648583066"
\$ns_ at 135.220711645699 "\$node_(35) setdest 1133.659635960229 264.519195890077 0.000000000000"
\$ns_ at 135.220711645699 "\$node_(35) setdest 95.458353372228 168.633280992771 5.514403180924"
\$ns_ at 136.269887421273 "\$node_(18) setdest 766.154507126616 6.585976882917 0.000000000000"
\$ns_ at 136.269887421273 "\$node_(18) setdest 1144.991652066819 282.747658802859 4.082031705455"
\$ns_ at 140.399176725594 "\$node_(0) setdest 418.493380893353 271.852483209361 0.000000000000"
\$ns_ at 140.399176725594 "\$node_(0) setdest 1134.114015834482 59.475430807257 13.679522072747"
\$ns_ at 140.556421482802 "\$node_(33) setdest 1339.656137121816 14.345967686533 0.000000000000"
\$ns_ at 140.556421482802 "\$node_(33) setdest 873.731012684692 277.678997194100 5.177744360258"
\$ns_ at 141.413107400899 "\$node_(27) setdest 1463.024446467983 8.891259814874 0.000000000000"
\$ns_ at 141.413107400899 "\$node_(27) setdest 1470.766720752096 182.146115147099 11.91985204374"
\$ns_ at 142.209917444631 "\$node_(5) setdest 297.028911557790 48.062670743520 0.000000000000"
\$ns_ at 142.209917444631 "\$node_(5) setdest 1038.405835115218 179.256770855297 11.889408555762"
\$ns_ at 143.728392775601 "\$node_(11) setdest 350.135662628366 161.561435161115 0.000000000000"
\$ns_ at 143.728392775601 "\$node_(11) setdest 204.096573641461 139.419362663022 16.811119190795"
\$ns_ at 145.276265967441 "\$node_(32) setdest 1382.096528864612 253.086438907195 0.000000000000"
\$ns_ at 145.276265967441 "\$node_(32) setdest 462.535240580724 33.486723259737 2.919404365550"
\$ns_ at 146.653048347443 "\$node_(34) setdest 1195.689857182220 253.941163591215 0.000000000000"
\$ns_ at 146.653048347443 "\$node_(34) setdest 1010.602716204912 177.642059448180 7.951935644239"
\$ns_ at 148.428936874821 "\$node_(7) setdest 1288.794756018148 95.803024437631 0.000000000000"
\$ns_ at 148.428936874821 "\$node_(7) setdest 801.955729106743 159.544338562003 8.993021923580"
\$ns_ at 150.269532185969 "\$node_(17) setdest 1102.4739315890793 295.980480629071 0.000000000000"
\$ns_ at 150.269532185969 "\$node_(17) setdest 1095.101767119625 34.530101603647 6.651424380323"
\$ns_ at 152.173315359150 "\$node_(4) setdest 1310.188514445908 269.883685587334 0.000000000000"
\$ns_ at 152.173315359150 "\$node_(4) setdest 61.050656790597 36.351185256412 7.000896977727"
\$ns_ at 152.514727114089 "\$node_(11) setdest 204.096573641461 139.419362663022 0.000000000000"
\$ns_ at 152.514727114089 "\$node_(11) setdest 1092.489415324608 179.918512640869 2.339396245936"
\$ns_ at 153.618684379959 "\$node_(48) setdest 723.418707277703 44.492447727399 0.000000000000"
\$ns_ at 153.618684379959 "\$node_(48) setdest 295.882205802078 113.172831147812 8.729564491068"
\$ns_ at 155.962592806511 "\$node_(27) setdest 1470.766720752096 182.146115147099 0.000000000000"
\$ns_ at 155.962592806511 "\$node_(27) setdest 1262.964336961315 230.838945049699 7.333110536138"
\$ns_ at 158.589177540537 "\$node_(25) setdest 1427.253501997417 33.467073629621 0.000000000000"
\$ns_ at 158.589177540537 "\$node_(25) setdest 1321.631865901170 200.367878147610 4.405341097342"
\$ns_ at 162.193283420639 "\$node_(31) setdest 1249.616552715973 229.627150385166 0.000000000000"
\$ns_ at 162.193283420639 "\$node_(31) setdest 390.055727429759 7.335802118966 10.877185460589"
\$ns_ at 168.645039391730 "\$node_(28) setdest 671.681334755656 176.811609792426 0.000000000000"
\$ns_ at 168.645039391730 "\$node_(28) setdest 834.402928480806 47.676429182927 14.714797346254"
\$ns_ at 169.075949958022 "\$node_(30) setdest 1289.618919129999 31.638313199310 0.000000000000"
\$ns_ at 169.075949958022 "\$node_(30) setdest 411.033750722093 172.412996547295 6.581397133219"
\$ns_ at 171.523086024145 "\$node_(20) setdest 1214.940583024682 56.881987246871 0.000000000000"
\$ns_ at 171.523086024145 "\$node_(20) setdest 1043.823692550240 159.431586554217 7.035570370516"
\$ns_ at 171.828919939280 "\$node_(34) setdest 1010.602716204912 177.642059448180 0.000000000000"
\$ns_ at 171.828919939280 "\$node_(34) setdest 196.756019960008 292.569738994270 8.787355001451"
\$ns_ at 172.454932706546 "\$node_(9) setdest 653.870970958426 145.808020563732 0.000000000000"
\$ns_ at 172.454932706546 "\$node_(9) setdest 528.719259930886 57.329868140063 7.254811244670"
\$ns_ at 173.091423373824 "\$node_(6) setdest 1378.600885716909 134.792364831197 0.000000000000"
\$ns_ at 173.091423373824 "\$node_(6) setdest 1440.847908212458 15.758135269515 5.111304433603"
\$ns_ at 173.450961803115 "\$node_(36) setdest 194.540436921872 178.775706579425 0.000000000000"
\$ns_ at 173.450961803115 "\$node_(36) setdest 1080.632948775408 260.135175489732 15.466470568192"
\$ns_ at 175.228073938088 "\$node_(37) setdest 681.578719240998 100.365370909991 0.000000000000"
\$ns_ at 175.228073938088 "\$node_(37) setdest 1337.358454335081 116.509550346938 17.687356337759"
\$ns_ at 176.872012726160 "\$node_(39) setdest 1014.253292443097 20.192221169435 0.000000000000"
\$ns_ at 176.872012726160 "\$node_(39) setdest 820.932086803016 258.156178285411 9.165470186232"
\$ns_ at 177.967657950015 "\$node_(2) setdest 93.653037219612 265.709854957714 0.000000000000"
\$ns_ at 177.967657950015 "\$node_(2) setdest 652.852614406506 99.921443887046 15.140977694253"
\$ns_ at 181.706976408848 "\$node_(38) setdest 447.377549696855 66.004180995793 0.000000000000"
\$ns_ at 181.706976408848 "\$node_(38) setdest 1296.768610258249 141.590428303204 4.097892665350"
\$ns_ at 181.789876918420 "\$node_(10) setdest 396.080893857501 114.857133493167 0.000000000000"
\$ns_ at 181.789876918420 "\$node_(10) setdest 670.807624610404 120.040234101801 17.930940017072"
\$ns_ at 182.762523571333 "\$node_(28) setdest 834.402928480806 47.676429182927 0.000000000000"
\$ns_ at 182.762523571333 "\$node_(28) setdest 886.852876151900 295.755383693240 14.794961965082"
\$ns_ at 185.067714120203 "\$node_(27) setdest 1262.964336961315 230.838945049699 0.000000000000"

\$ns_ at 185.067714120203 "\$node_(27) setdest 57.572747642715 101.679259748553 10.828824919103"
\$ns_ at 189.592436148997 "\$node_(17) setdest 1095.101767119625 34.530101603647 0.000000000000"
\$ns_ at 189.592436148997 "\$node_(17) setdest 309.077999701483 236.979550712568 14.140868855706"
\$ns_ at 191.750267888814 "\$node_(3) setdest 186.980691270352 34.723519800817 0.000000000000"
\$ns_ at 191.750267888814 "\$node_(3) setdest 267.451217802762 154.319089134954 3.562000551057"
\$ns_ at 192.455256906462 "\$node_(21) setdest 97.368781314557 296.647191749075 0.000000000000"
\$ns_ at 192.455256906462 "\$node_(21) setdest 562.382836091899 83.893558917756 13.609429655415"
\$ns_ at 193.581441000873 "\$node_(9) setdest 528.719259930886 57.329868140063 0.000000000000"
\$ns_ at 193.581441000873 "\$node_(9) setdest 919.077464898885 204.879730946269 14.962520113663"
\$ns_ at 194.967576413810 "\$node_(0) setdest 1134.114015834482 59.475430807257 0.000000000000"
\$ns_ at 194.967576413810 "\$node_(0) setdest 232.356415166395 148.980636755232 9.635707225481"
\$ns_ at 195.231923274495 "\$node_(46) setdest 827.043002837045 106.926125333345 0.000000000000"
\$ns_ at 195.231923274495 "\$node_(46) setdest 1345.107941242068 239.106674651222 11.633756180123"
\$ns_ at 197.071768391914 "\$node_(16) setdest 296.178103310934 298.385131712119 0.000000000000"
\$ns_ at 197.071768391914 "\$node_(16) setdest 1174.318422541701 118.780564121692 9.807597916484"
\$ns_ at 197.113982588856 "\$node_(10) setdest 670.807624610404 120.040234101801 0.000000000000"
\$ns_ at 197.113982588856 "\$node_(10) setdest 1102.302058825341 129.969285042252 15.140181242088"
\$ns_ at 199.371869322990 "\$node_(6) setdest 1440.847908212458 15.758135269515 0.000000000000"
\$ns_ at 199.371869322990 "\$node_(6) setdest 334.750070743059 95.798591962308 17.054730660773"
\$ns_ at 199.877984473778 "\$node_(20) setdest 1043.823692550240 159.431586554217 0.000000000000"
\$ns_ at 199.877984473778 "\$node_(20) setdest 1250.591741098335 175.203202533372 8.423484693479"
\$ns_ at 199.900988737710 "\$node_(28) setdest 886.852876151900 295.755383693240 0.000000000000"
\$ns_ at 199.900988737710 "\$node_(28) setdest 1295.487261890641 202.186607890413 5.338408374851"
\$ns_ at 201.485534130780 "\$node_(45) setdest 226.961237749262 287.830709716533 0.000000000000"
\$ns_ at 201.485534130780 "\$node_(45) setdest 535.338121054191 288.024188682298 9.622039500448"
\$ns_ at 203.026166921595 "\$node_(7) setdest 801.955729106743 159.544338562003 0.000000000000"
\$ns_ at 203.026166921595 "\$node_(7) setdest 685.030953239586 127.956960105014 10.188747186302"
\$ns_ at 203.222286791201 "\$node_(48) setdest 295.882205802078 113.172831147812 0.000000000000"
\$ns_ at 203.222286791201 "\$node_(48) setdest 335.324067280800 154.709887502020 7.654829303573"
\$ns_ at 203.424314579677 "\$node_(25) setdest 1321.631865901170 200.367878147610 0.000000000000"
\$ns_ at 203.424314579677 "\$node_(25) setdest 1367.455904670070 264.352557365192 2.102863960016"
\$ns_ at 205.534808416163 "\$node_(5) setdest 1038.405835115218 179.256770855297 0.000000000000"
\$ns_ at 205.534808416163 "\$node_(5) setdest 471.615469679311 122.326378977429 12.344102499235"
\$ns_ at 210.323006461584 "\$node_(39) setdest 820.932086803016 258.156178285411 0.000000000000"
\$ns_ at 210.323006461584 "\$node_(39) setdest 1090.627763041324 187.791205859509 10.601238165331"
\$ns_ at 210.705132256774 "\$node_(48) setdest 335.324067280800 154.709887502020 0.000000000000"
\$ns_ at 210.705132256774 "\$node_(48) setdest 314.977881207493 19.830631542098 10.973024685389"
\$ns_ at 212.315494667279 "\$node_(37) setdest 1337.358454335081 116.509550346938 0.000000000000"
\$ns_ at 212.315494667279 "\$node_(37) setdest 1110.089157402277 236.480990906232 3.178306304467"
\$ns_ at 213.821830330986 "\$node_(49) setdest 1449.961812981586 244.073539642524 0.000000000000"
\$ns_ at 213.821830330986 "\$node_(49) setdest 1122.533890669861 151.088731182841 3.551235996909"
\$ns_ at 214.913431274145 "\$node_(7) setdest 685.030953239586 127.956960105014 0.000000000000"
\$ns_ at 214.913431274145 "\$node_(7) setdest 1395.232177060894 216.795900150259 5.280704522170"
\$ns_ at 216.489480755683 "\$node_(2) setdest 652.852614406506 99.921443887046 0.000000000000"
\$ns_ at 216.489480755683 "\$node_(2) setdest 357.534890989915 119.961369736198 4.459278912497"
\$ns_ at 221.472024703077 "\$node_(9) setdest 919.077464898885 204.879730946269 0.000000000000"
\$ns_ at 221.472024703077 "\$node_(9) setdest 421.575759709723 296.346288574819 4.399914079532"
\$ns_ at 223.136090234896 "\$node_(48) setdest 314.977881207493 19.830631542098 0.000000000000"
\$ns_ at 223.136090234896 "\$node_(48) setdest 593.369919383590 115.178048394548 11.527379465069"
\$ns_ at 224.495905480588 "\$node_(20) setdest 1250.591741098335 175.203202533372 0.000000000000"
\$ns_ at 224.495905480588 "\$node_(20) setdest 14.851310175319 21.625061949196 3.962653920968"
\$ns_ at 225.621478642870 "\$node_(10) setdest 1102.302058825341 129.969285042252 0.000000000000"
\$ns_ at 225.621478642870 "\$node_(10) setdest 207.279020200892 135.882890804215 5.518180386870"
\$ns_ at 227.553652421018 "\$node_(15) setdest 99.731988188699 60.364438757971 0.000000000000"
\$ns_ at 227.553652421018 "\$node_(15) setdest 361.825372722046 253.064765892398 16.051936595725"
\$ns_ at 230.030148061156 "\$node_(21) setdest 562.382836091899 83.893558917756 0.000000000000"
\$ns_ at 230.030148061156 "\$node_(21) setdest 520.773874107449 175.183586849851 17.833176039082"
\$ns_ at 230.983144781734 "\$node_(36) setdest 1080.632948775408 260.135175489732 0.000000000000"
\$ns_ at 230.983144781734 "\$node_(36) setdest 459.903660712642 225.925766528074 6.437411496619"
\$ns_ at 232.218498867999 "\$node_(3) setdest 267.451217802762 154.319089134954 0.000000000000"
\$ns_ at 232.218498867999 "\$node_(3) setdest 229.441293165214 177.352532853484 10.719350364394"
\$ns_ at 233.534554921638 "\$node_(45) setdest 535.338121054191 288.024188682298 0.000000000000"
\$ns_ at 233.534554921638 "\$node_(45) setdest 868.501423146857 147.436027580744 8.944186526790"
\$ns_ at 235.655917981137 "\$node_(21) setdest 520.773874107449 175.183586849851 0.000000000000"
\$ns_ at 235.655917981137 "\$node_(21) setdest 1313.073882107636 48.753280126498 17.593304715861"
\$ns_ at 235.657840696245 "\$node_(26) setdest 826.631516385426 130.654685970242 0.000000000000"

\$ns_ at 235.657840696245 "\$node_(26) setdest 351.892649457984 234.217417582426 16.164544827381"
\$ns_ at 236.364671638880 "\$node_(3) setdest 229.441293165214 177.352532853484 0.000000000000"
\$ns_ at 236.364671638880 "\$node_(3) setdest 350.507475921942 119.609824668747 7.964501786029"
\$ns_ at 236.614638651963 "\$node_(39) setdest 1090.627763041324 187.791205859509 0.000000000000"
\$ns_ at 236.614638651963 "\$node_(39) setdest 363.378921118334 67.867479544089 9.598222125135"
\$ns_ at 237.288436123376 "\$node_(42) setdest 377.181859864964 188.684770476998 0.000000000000"
\$ns_ at 237.288436123376 "\$node_(42) setdest 1215.258572661391 197.723316743213 11.430969436388"
\$ns_ at 240.625252839362 "\$node_(47) setdest 14.533779447503 174.798670044639 0.000000000000"
\$ns_ at 240.625252839362 "\$node_(47) setdest 618.252064331216 89.344789847869 3.868409068262"
\$ns_ at 240.850044168687 "\$node_(25) setdest 1367.455904670070 264.352557365192 0.000000000000"
\$ns_ at 240.850044168687 "\$node_(25) setdest 1333.490170181416 107.006340996934 11.042068508008"
\$ns_ at 241.189698766231 "\$node_(46) setdest 1345.107941242068 239.106674651222 0.000000000000"
\$ns_ at 241.189698766231 "\$node_(46) setdest 1272.215235464613 8.584115356620 9.487925980002"
\$ns_ at 243.817256522840 "\$node_(31) setdest 390.055727429759 7.335802118966 0.000000000000"
\$ns_ at 243.817256522840 "\$node_(31) setdest 286.687742615237 161.946760023953 13.576435630944"
\$ns_ at 243.920355658210 "\$node_(33) setdest 873.731012684692 277.678997194100 0.000000000000"
\$ns_ at 243.920355658210 "\$node_(33) setdest 480.827169540049 214.193767379212 8.811528723134"
\$ns_ at 246.991790867356 "\$node_(17) setdest 309.077999701483 236.979550712568 0.000000000000"
\$ns_ at 246.991790867356 "\$node_(17) setdest 169.023410270699 14.858742035686 10.867575463312"
\$ns_ at 247.819720166356 "\$node_(15) setdest 361.825372722046 253.064765892398 0.000000000000"
\$ns_ at 247.819720166356 "\$node_(15) setdest 413.632210918841 148.071926508286 7.678961987458"
\$ns_ at 248.663776117985 "\$node_(48) setdest 593.369919383590 115.178048394548 0.000000000000"
\$ns_ at 248.663776117985 "\$node_(48) setdest 228.981826177617 243.342545686171 3.374846608087"
\$ns_ at 251.117119729240 "\$node_(18) setdest 1144.991652066819 282.747658802859 0.000000000000"
\$ns_ at 251.117119729240 "\$node_(18) setdest 163.442112817635 259.330668855416 11.037167530990"
\$ns_ at 251.681730261655 "\$node_(5) setdest 471.615469679311 122.326378977429 0.000000000000"
\$ns_ at 251.681730261655 "\$node_(5) setdest 331.690933073004 38.727828400773 17.967288330182"
\$ns_ at 253.205829472849 "\$node_(3) setdest 350.507475921942 119.609824668747 0.000000000000"
\$ns_ at 253.205829472849 "\$node_(3) setdest 236.560349614986 272.557435195864 3.108343869964"
\$ns_ at 255.427974305485 "\$node_(25) setdest 1333.490170181416 107.006340996934 0.000000000000"
\$ns_ at 255.427974305485 "\$node_(25) setdest 672.527768809176 120.482597485921 7.581316704667"
\$ns_ at 255.744556205920 "\$node_(29) setdest 956.363713262522 25.534498059130 0.000000000000"
\$ns_ at 255.744556205920 "\$node_(29) setdest 173.387285993581 171.915850763312 14.302460877366"
\$ns_ at 256.512100177617 "\$node_(44) setdest 1423.544736989418 156.013309236769 0.000000000000"
\$ns_ at 256.512100177617 "\$node_(44) setdest 933.875454331192 105.671533791743 5.652383195074"
\$ns_ at 256.910347352111 "\$node_(14) setdest 161.815667756520 218.139276006806 0.000000000000"
\$ns_ at 256.910347352111 "\$node_(14) setdest 1268.720684757562 158.273408929494 16.373424685734"
\$ns_ at 257.516175770774 "\$node_(31) setdest 286.687742615237 161.946760023953 0.000000000000"
\$ns_ at 257.516175770774 "\$node_(31) setdest 508.086127277076 56.090943580558 17.975504107762"
\$ns_ at 260.753532463877 "\$node_(5) setdest 331.690933073004 38.727828400773 0.000000000000"
\$ns_ at 260.753532463877 "\$node_(5) setdest 77.113267116894 207.972575434170 9.162972669659"
\$ns_ at 262.994013311152 "\$node_(1) setdest 663.798320029151 115.270305599800 0.000000000000"
\$ns_ at 262.994013311152 "\$node_(1) setdest 1233.505308524399 273.476750331056 6.360581049864"
\$ns_ at 263.066415958532 "\$node_(15) setdest 413.632210918841 148.071926508286 0.000000000000"
\$ns_ at 263.066415958532 "\$node_(15) setdest 1230.179207416182 40.381823142557 17.680710814745"
\$ns_ at 264.397231401448 "\$node_(6) setdest 334.750070743059 95.798591962308 0.000000000000"
\$ns_ at 264.397231401448 "\$node_(6) setdest 804.324248706973 31.028764190964 6.295554602656"
\$ns_ at 265.363483792185 "\$node_(34) setdest 196.756019960008 292.569738994270 0.000000000000"
\$ns_ at 265.363483792185 "\$node_(34) setdest 1014.725780708596 108.150610995172 12.428929989426"
\$ns_ at 265.717673843586 "\$node_(26) setdest 351.892649457984 234.217417582426 0.000000000000"
\$ns_ at 265.717673843586 "\$node_(26) setdest 1069.113574906010 138.986881230409 6.785093689703"
\$ns_ at 266.671834118961 "\$node_(46) setdest 1272.215235464613 8.584115356620 0.000000000000"
\$ns_ at 266.671834118961 "\$node_(46) setdest 1486.305414283263 54.502124344837 10.936915386904"
\$ns_ at 271.154394783545 "\$node_(17) setdest 169.023410270699 14.858742035686 0.000000000000"
\$ns_ at 271.154394783545 "\$node_(17) setdest 552.966814206127 36.095338014299 7.273523951542"
\$ns_ at 271.168262154687 "\$node_(31) setdest 508.086127277076 56.090943580558 0.000000000000"
\$ns_ at 271.168262154687 "\$node_(31) setdest 1220.342822190533 66.876482332485 8.720858688802"
\$ns_ at 273.964326361974 "\$node_(45) setdest 868.501423146857 147.436027580744 0.000000000000"
\$ns_ at 273.964326361974 "\$node_(45) setdest 201.771701375935 10.319302809251 12.174397503107"
\$ns_ at 275.952879285786 "\$node_(23) setdest 56.254792734377 16.473562546878 0.000000000000"
\$ns_ at 275.952879285786 "\$node_(23) setdest 253.506305776304 283.445351987994 17.274153209885"
\$ns_ at 278.428173798631 "\$node_(28) setdest 1295.487261890641 202.186607890413 0.000000000000"
\$ns_ at 278.428173798631 "\$node_(28) setdest 72.375773198490 78.144551113152 13.283533436844"
\$ns_ at 281.259861659292 "\$node_(21) setdest 1313.073882107636 48.753280126498 0.000000000000"
\$ns_ at 281.259861659292 "\$node_(21) setdest 931.478294485397 71.133074340902 13.595757638847"
\$ns_ at 282.867227380000 "\$node_(2) setdest 357.534890989915 119.961369736198 0.000000000000"

\$ns_ at 282.867227380000 "\$node_(2) setdest 1050.602579465304 66.362960599458 7.339660825832"
\$ns_ at 283.615953363748 "\$node_(43) setdest 24.564476616991 155.110878788163 0.000000000000"
\$ns_ at 283.615953363748 "\$node_(43) setdest 604.327036261309 134.793220061867 13.060369966114"
\$ns_ at 286.692017898452 "\$node_(46) setdest 1486.305414283263 54.502124344837 0.000000000000"
\$ns_ at 286.692017898452 "\$node_(46) setdest 854.445069601024 239.444024314472 14.344475975421"
\$ns_ at 288.462062986345 "\$node_(16) setdest 1174.318422541701 118.780564121692 0.000000000000"
\$ns_ at 288.462062986345 "\$node_(16) setdest 31.607617521821 265.251135741050 8.131085592383"
\$ns_ at 289.012432127744 "\$node_(0) setdest 232.356415166395 148.980636755232 0.000000000000"
\$ns_ at 289.012432127744 "\$node_(0) setdest 1377.855867036267 190.510453823496 4.489381061163"
\$ns_ at 289.088426571858 "\$node_(33) setdest 480.827169540049 214.193767379212 0.000000000000"
\$ns_ at 289.088426571858 "\$node_(33) setdest 869.786347790769 99.997955599969 3.401208103356"
\$ns_ at 293.173404893573 "\$node_(37) setdest 1110.089157402277 236.480990906232 0.000000000000"
\$ns_ at 293.173404893573 "\$node_(37) setdest 890.714909505439 44.947443295989 12.049735990376"
\$ns_ at 294.116261065438 "\$node_(5) setdest 77.113267116894 207.972575434170 0.000000000000"
\$ns_ at 294.116261065438 "\$node_(5) setdest 580.404135929850 112.993591032302 5.436740459612"
\$ns_ at 295.168691555397 "\$node_(23) setdest 253.506305776304 283.445351987994 0.000000000000"
\$ns_ at 295.168691555397 "\$node_(23) setdest 896.785149587458 132.242887419475 3.397416555042"
\$ns_ at 297.018150584207 "\$node_(27) setdest 57.572747642715 101.679259748553 0.000000000000"
\$ns_ at 297.018150584207 "\$node_(27) setdest 1335.184097900008 239.843208608012 2.011873990303"
\$ns_ at 304.273957430899 "\$node_(30) setdest 411.033750722093 172.412996547295 0.000000000000"
\$ns_ at 304.273957430899 "\$node_(30) setdest 896.443554431668 289.155622816498 9.356060016600"
\$ns_ at 309.375344357165 "\$node_(21) setdest 931.478294485397 71.133074340902 0.000000000000"
\$ns_ at 309.375344357165 "\$node_(21) setdest 1272.042184204004 258.610926169587 11.899219100317"
\$ns_ at 309.649256036208 "\$node_(15) setdest 1230.179207416182 40.381823142557 0.000000000000"
\$ns_ at 309.649256036208 "\$node_(15) setdest 745.613887571954 265.351636101502 14.265598049511"
\$ns_ at 309.668773564206 "\$node_(49) setdest 1122.533890669861 151.088731182841 0.000000000000"
\$ns_ at 309.668773564206 "\$node_(49) setdest 326.753829152993 194.090872273258 3.230947323717"
\$ns_ at 310.609028554757 "\$node_(42) setdest 1215.258572661391 197.723316743213 0.000000000000"
\$ns_ at 310.609028554757 "\$node_(42) setdest 1195.194765034401 17.365759521724 14.986341869918"
\$ns_ at 311.437228654976 "\$node_(29) setdest 173.387285993581 171.915850763312 0.000000000000"
\$ns_ at 311.437228654976 "\$node_(29) setdest 651.798490900597 172.489742952725 4.939734229324"
\$ns_ at 313.407013031107 "\$node_(39) setdest 363.378921118334 67.867479544089 0.000000000000"
\$ns_ at 313.407013031107 "\$node_(39) setdest 23.668214277788 14.905024655269 2.518236510697"
\$ns_ at 314.565624409639 "\$node_(3) setdest 236.560349614986 272.557435195864 0.000000000000"
\$ns_ at 314.565624409639 "\$node_(3) setdest 1273.744562970839 241.620328347280 16.494434326186"
\$ns_ at 314.624482202566 "\$node_(8) setdest 4.988087270799 268.615416823403 0.000000000000"
\$ns_ at 314.624482202566 "\$node_(8) setdest 1153.887832156671 62.580540353493 9.148688684753"
\$ns_ at 317.341722019542 "\$node_(37) setdest 890.714909505439 44.947443295989 0.000000000000"
\$ns_ at 317.341722019542 "\$node_(37) setdest 105.962614484072 251.933684216051 11.876604084799"
\$ns_ at 322.718062406795 "\$node_(42) setdest 1195.194765034401 17.365759521724 0.000000000000"
\$ns_ at 322.718062406795 "\$node_(42) setdest 1086.434498049871 71.418667042154 11.083488744257"
\$ns_ at 324.021516005221 "\$node_(17) setdest 552.966814206127 36.095338014299 0.000000000000"
\$ns_ at 324.021516005221 "\$node_(17) setdest 1327.551237414546 104.908138579083 17.074018872843"
\$ns_ at 324.292810432007 "\$node_(35) setdest 95.458353372228 168.633280992771 0.000000000000"
\$ns_ at 324.292810432007 "\$node_(35) setdest 611.371120828110 234.063777390261 12.909308624877"
\$ns_ at 324.612904964311 "\$node_(14) setdest 1268.720684757562 158.273408929494 0.000000000000"
\$ns_ at 324.612904964311 "\$node_(14) setdest 532.774021748112 40.990994086046 15.473818181769"
\$ns_ at 325.402435019355 "\$node_(22) setdest 312.044024268221 283.379472404412 0.000000000000"
\$ns_ at 325.402435019355 "\$node_(22) setdest 279.480839687800 272.289689742156 7.935387807868"
\$ns_ at 327.554762426060 "\$node_(36) setdest 459.903660712642 225.925766528074 0.000000000000"
\$ns_ at 327.554762426060 "\$node_(36) setdest 1069.557941905104 192.755291281285 2.567748666074"
\$ns_ at 328.034179338757 "\$node_(43) setdest 604.327036261309 134.793220061867 0.000000000000"
\$ns_ at 328.034179338757 "\$node_(43) setdest 1276.682563361485 164.330923526473 9.716770727056"
\$ns_ at 328.289228564573 "\$node_(41) setdest 1349.601209714991 74.242450680727 0.000000000000"
\$ns_ at 328.289228564573 "\$node_(41) setdest 581.329588227402 145.041583987643 16.748225062503"
\$ns_ at 329.737418033588 "\$node_(22) setdest 279.480839687800 272.289689742156 0.000000000000"
\$ns_ at 329.737418033588 "\$node_(22) setdest 1082.304141295286 40.240175877177 3.789495439171"
\$ns_ at 329.875358171781 "\$node_(45) setdest 201.771701375935 10.319302809251 0.000000000000"
\$ns_ at 329.875358171781 "\$node_(45) setdest 725.743508297100 242.321849395138 11.705141168882"
\$ns_ at 332.589125543911 "\$node_(46) setdest 854.445069601024 239.444024314472 0.000000000000"
\$ns_ at 332.589125543911 "\$node_(46) setdest 881.935485058032 46.190333180970 16.262565552379"
\$ns_ at 332.827183991118 "\$node_(34) setdest 1014.725780708596 108.150610995172 0.000000000000"
\$ns_ at 332.827183991118 "\$node_(34) setdest 435.907798756649 182.407612192215 17.090244799429"
\$ns_ at 333.675955780470 "\$node_(42) setdest 1086.434498049871 71.418667042154 0.000000000000"
\$ns_ at 333.675955780470 "\$node_(42) setdest 773.493571624264 177.289185294713 9.630817230619"
\$ns_ at 333.690112499120 "\$node_(4) setdest 61.050656790597 36.351185256412 0.000000000000"

\$ns_ at 333.690112499120 "\$node_(4) setdest 350.228316124299 298.405316342985 5.659229243016"
\$ns_ at 336.437899810563 "\$node_(9) setdest 421.575759709723 296.346288574819 0.000000000000"
\$ns_ at 336.437899810563 "\$node_(9) setdest 813.688368485900 243.174966435488 3.353727609550"
\$ns_ at 339.691643575851 "\$node_(6) setdest 804.324248706973 31.028764190964 0.000000000000"
\$ns_ at 339.691643575851 "\$node_(6) setdest 441.088927655091 148.755750623563 16.880201458410"
\$ns_ at 340.073713734125 "\$node_(18) setdest 163.442112817635 259.330668855416 0.000000000000"
\$ns_ at 340.073713734125 "\$node_(18) setdest 944.982152457784 28.747614214487 2.249536901829"
\$ns_ at 342.046111619496 "\$node_(21) setdest 1272.042184204004 258.610926169587 0.000000000000"
\$ns_ at 342.046111619496 "\$node_(21) setdest 1355.350932319687 273.170236888309 3.821085587992"
\$ns_ at 342.629155243839 "\$node_(25) setdest 672.527768809176 120.482597485921 0.000000000000"
\$ns_ at 342.629155243839 "\$node_(25) setdest 96.808107803031 221.624915005360 9.864404361632"
\$ns_ at 343.599303043416 "\$node_(44) setdest 933.875454331192 105.671533791743 0.000000000000"
\$ns_ at 343.599303043416 "\$node_(44) setdest 520.169023106197 224.629534249395 7.682306798958"
\$ns_ at 343.786387992341 "\$node_(12) setdest 1199.399276895655 170.686010662170 0.000000000000"
\$ns_ at 343.786387992341 "\$node_(12) setdest 509.599955956172 103.343841636947 15.799076876510"
\$ns_ at 344.592100068883 "\$node_(46) setdest 881.935485058032 46.190333180970 0.000000000000"
\$ns_ at 344.592100068883 "\$node_(46) setdest 508.752146572956 240.642437035795 11.171507683197"
\$ns_ at 347.098959903479 "\$node_(15) setdest 745.613887571954 265.351636101502 0.000000000000"
\$ns_ at 347.098959903479 "\$node_(15) setdest 919.094468276633 199.259110280422 16.106041564656"
\$ns_ at 350.451421812390 "\$node_(7) setdest 1395.232177060894 216.795900150259 0.000000000000"
\$ns_ at 350.451421812390 "\$node_(7) setdest 240.079944035045 256.048019876154 16.508632562360"
\$ns_ at 352.429386825697 "\$node_(40) setdest 73.451983463254 147.994570084322 0.000000000000"
\$ns_ at 352.429386825697 "\$node_(40) setdest 1423.981967740986 163.365346726387 14.640670789704"
\$ns_ at 352.850396576776 "\$node_(31) setdest 1220.342822190533 66.876482332485 0.000000000000"
\$ns_ at 352.850396576776 "\$node_(31) setdest 682.684737868836 272.725482015487 15.646237364805"
\$ns_ at 355.951852821423 "\$node_(1) setdest 1233.505308524399 273.476750331056 0.000000000000"
\$ns_ at 355.951852821423 "\$node_(1) setdest 971.759575766341 233.723424780511 10.314595904348"
\$ns_ at 357.635196710548 "\$node_(30) setdest 896.443554431668 289.155622816498 0.000000000000"
\$ns_ at 357.635196710548 "\$node_(30) setdest 791.771905844194 212.062294225196 17.913915663918"
\$ns_ at 358.625324380084 "\$node_(15) setdest 919.094468276633 199.259110280422 0.000000000000"
\$ns_ at 358.625324380084 "\$node_(15) setdest 77.035884739875 284.460901667934 15.881309113410"
\$ns_ at 362.312052626076 "\$node_(6) setdest 441.088927655091 148.755750623563 0.000000000000"
\$ns_ at 362.312052626076 "\$node_(6) setdest 1125.524694221343 29.588378047115 8.248409832943"
\$ns_ at 363.119466541546 "\$node_(48) setdest 228.981826177617 243.342545686171 0.000000000000"
\$ns_ at 363.119466541546 "\$node_(48) setdest 1144.240492947702 25.137936314652 7.809285598718"
\$ns_ at 364.178930728008 "\$node_(21) setdest 1355.350932319687 273.170236888309 0.000000000000"
\$ns_ at 364.178930728008 "\$node_(21) setdest 1405.933530811103 57.676450578582 16.766094505212"
\$ns_ at 364.577331764124 "\$node_(35) setdest 611.371120828110 234.063777390261 0.000000000000"
\$ns_ at 364.577331764124 "\$node_(35) setdest 1105.211933758632 185.034164439178 16.185785434295"
\$ns_ at 364.892025158293 "\$node_(30) setdest 791.771905844194 212.062294225196 0.000000000000"
\$ns_ at 364.892025158293 "\$node_(30) setdest 788.805335057130 25.174875518212 5.070910544633"
\$ns_ at 366.973083782065 "\$node_(34) setdest 435.907798756649 182.407612192215 0.000000000000"
\$ns_ at 366.973083782065 "\$node_(34) setdest 1294.494954180949 175.919585065116 4.779371568365"
\$ns_ at 367.978790252254 "\$node_(42) setdest 773.493571624264 177.289185294713 0.000000000000"
\$ns_ at 367.978790252254 "\$node_(42) setdest 439.915568862034 7.617720066417 8.253528001836"
\$ns_ at 369.566447726599 "\$node_(17) setdest 1327.551237414546 104.908138579083 0.000000000000"
\$ns_ at 369.566447726599 "\$node_(17) setdest 1460.397003066360 209.767811618875 7.514152514522"
\$ns_ at 370.977741071498 "\$node_(28) setdest 72.375773198490 78.144551113152 0.000000000000"
\$ns_ at 370.977741071498 "\$node_(28) setdest 1196.784139756453 2.194000266900 13.583183159858"
\$ns_ at 372.350766229658 "\$node_(26) setdest 1069.113574906010 138.986881230409 0.000000000000"
\$ns_ at 372.350766229658 "\$node_(26) setdest 136.660047334798 107.069397704635 10.970946055358"
\$ns_ at 372.773823015910 "\$node_(14) setdest 532.774021748112 40.990994086046 0.000000000000"
\$ns_ at 372.773823015910 "\$node_(14) setdest 823.731438733210 58.946162883411 2.454342462334"
\$ns_ at 374.355419207996 "\$node_(41) setdest 581.329588227402 145.041583987643 0.000000000000"
\$ns_ at 374.355419207996 "\$node_(41) setdest 1219.904890393313 196.352170895822 6.575409682736"
\$ns_ at 377.381217498788 "\$node_(21) setdest 1405.933530811103 57.676450578582 0.000000000000"
\$ns_ at 377.381217498788 "\$node_(21) setdest 1107.638186472462 56.846560552697 7.426256681525"
\$ns_ at 377.474450860441 "\$node_(3) setdest 1273.744562970839 241.620328347280 0.000000000000"
\$ns_ at 377.474450860441 "\$node_(3) setdest 1163.833831648021 204.353984108512 11.622770574700"
\$ns_ at 377.576933000019 "\$node_(2) setdest 1050.602579465304 66.362960599458 0.000000000000"
\$ns_ at 377.576933000019 "\$node_(2) setdest 1059.861347173453 75.208543385235 3.106671676555"
\$ns_ at 378.831384824902 "\$node_(45) setdest 725.743508297100 242.321849395138 0.000000000000"
\$ns_ at 378.831384824902 "\$node_(45) setdest 1424.885574717949 44.688348636014 12.882773657740"
\$ns_ at 381.619105832177 "\$node_(1) setdest 971.759575766341 233.723424780511 0.000000000000"
\$ns_ at 381.619105832177 "\$node_(1) setdest 234.412369614639 147.344988122266 13.964495589940"
\$ns_ at 381.698721160151 "\$node_(2) setdest 1059.861347173453 75.208543385235 0.000000000000"

\$ns_ at 381.698721160151 "\$node_(2) setdest 1272.075322036116 237.608249050491 5.958108419533"
\$ns_ at 382.259861419957 "\$node_(46) setdest 508.752146572956 240.642437035795 0.000000000000"
\$ns_ at 382.259861419957 "\$node_(46) setdest 1482.776014440009 57.235661450330 8.355287010947"
\$ns_ at 385.676971452701 "\$node_(37) setdest 105.962614440472 251.933684216051 0.000000000000"
\$ns_ at 385.676971452701 "\$node_(37) setdest 1267.942542913128 48.318906206155 14.828615529849"
\$ns_ at 387.459734774852 "\$node_(3) setdest 1163.833831648021 204.353984108512 0.000000000000"
\$ns_ at 387.459734774852 "\$node_(3) setdest 525.828736005158 196.133729867418 11.339544665692"
\$ns_ at 387.654690911618 "\$node_(12) setdest 509.599955956172 103.343841636947 0.000000000000"
\$ns_ at 387.654690911618 "\$node_(12) setdest 502.444909035142 53.223831514329 4.023079403687"
\$ns_ at 387.820339840011 "\$node_(10) setdest 207.279020200892 135.882890804215 0.000000000000"
\$ns_ at 387.820339840011 "\$node_(10) setdest 642.163586935191 182.822676926276 2.664611168515"
\$ns_ at 388.322429587998 "\$node_(5) setdest 580.404135929850 112.993591032302 0.000000000000"
\$ns_ at 388.322429587998 "\$node_(5) setdest 1137.558161301899 37.750029709009 8.048539089993"
\$ns_ at 389.646269844172 "\$node_(31) setdest 682.684737868836 272.725482015487 0.000000000000"
\$ns_ at 389.646269844172 "\$node_(31) setdest 925.47757796665 130.283496678611 16.634362086018"
\$ns_ at 389.801150898793 "\$node_(38) setdest 1296.768610258249 141.590428303204 0.000000000000"
\$ns_ at 389.801150898793 "\$node_(38) setdest 339.464633186647 131.341838346193 9.440579671152"
\$ns_ at 392.089819422293 "\$node_(17) setdest 1460.397003066360 209.767811618875 0.000000000000"
\$ns_ at 392.089819422293 "\$node_(17) setdest 942.890013357656 163.622517745995 5.437246525398"
\$ns_ at 395.238106991492 "\$node_(35) setdest 1105.211933758632 185.034164439178 0.000000000000"
\$ns_ at 395.238106991492 "\$node_(35) setdest 1059.709945655822 47.263609813544 9.582229647591"
\$ns_ at 395.295101093817 "\$node_(24) setdest 1320.311251137330 158.733072364403 0.000000000000"
\$ns_ at 395.295101093817 "\$node_(24) setdest 1216.989943713490 72.826436236106 2.912423879333"
\$ns_ at 397.296288492484 "\$node_(43) setdest 1276.682563361485 164.330923526473 0.000000000000"
\$ns_ at 397.296288492484 "\$node_(43) setdest 630.253019428012 113.723140232760 4.340650648969"
\$ns_ at 398.244601484098 "\$node_(47) setdest 618.252064331216 89.344789847869 0.000000000000"
\$ns_ at 398.244601484098 "\$node_(47) setdest 1482.733039752587 272.861215169398 15.572452856960"
\$ns_ at 399.633192635963 "\$node_(44) setdest 520.169023106197 224.629534249395 0.000000000000"
\$ns_ at 399.633192635963 "\$node_(44) setdest 53.061365190615 105.637646848050 13.949791444442"
\$ns_ at 400.239119464998 "\$node_(12) setdest 502.444909035142 53.223831514329 0.000000000000"
\$ns_ at 400.239119464998 "\$node_(12) setdest 1179.608863259039 247.060876996499 12.437755470368"
\$ns_ at 401.751472907463 "\$node_(30) setdest 788.805335057130 25.174875518212 0.000000000000"
\$ns_ at 401.751472907463 "\$node_(30) setdest 392.019621401324 293.890304415550 2.203461431062"
\$ns_ at 401.886304340785 "\$node_(25) setdest 96.808107803031 221.624915005360 0.000000000000"
\$ns_ at 401.886304340785 "\$node_(25) setdest 787.571210999021 73.247943558868 16.239045596793"
\$ns_ at 402.648497984838 "\$node_(4) setdest 350.228316124299 298.405316342985 0.000000000000"
\$ns_ at 402.648497984838 "\$node_(4) setdest 602.559373688131 126.431757765655 5.704345466431"
\$ns_ at 406.568624819053 "\$node_(31) setdest 925.477557796665 130.283496678611 0.000000000000"
\$ns_ at 406.568624819053 "\$node_(31) setdest 996.293626793580 141.604639772666 5.408538983859"
\$ns_ at 408.274393574827 "\$node_(33) setdest 869.786347790769 99.997955599969 0.000000000000"
\$ns_ at 408.274393574827 "\$node_(33) setdest 1276.642304408881 164.145417540130 3.349842459592"
\$ns_ at 408.286882282382 "\$node_(29) setdest 651.798490900597 172.489742952725 0.000000000000"
\$ns_ at 408.286882282382 "\$node_(29) setdest 685.039989623677 47.686476955866 15.433356626627"
\$ns_ at 408.459526433372 "\$node_(19) setdest 1303.342968155026 288.366553962275 0.000000000000"
\$ns_ at 408.459526433372 "\$node_(19) setdest 766.622663348045 74.386656653221 9.873086374194"
\$ns_ at 410.379694348748 "\$node_(35) setdest 1059.709945655822 47.263609813544 0.000000000000"
\$ns_ at 410.379694348748 "\$node_(35) setdest 107.242954230004 78.546806525779 6.759816790353"
\$ns_ at 411.918039495099 "\$node_(15) setdest 77.035884739875 284.460901667934 0.000000000000"
\$ns_ at 411.918039495099 "\$node_(15) setdest 362.191519852853 161.324203086015 7.325471023715"
\$ns_ at 413.322975467020 "\$node_(42) setdest 439.915568862034 7.617720066417 0.000000000000"
\$ns_ at 413.322975467020 "\$node_(42) setdest 1172.863860863464 175.983010854723 14.264143971849"
\$ns_ at 416.655403633860 "\$node_(29) setdest 685.039989623677 47.686476955866 0.000000000000"
\$ns_ at 416.655403633860 "\$node_(29) setdest 12.078874613753 85.973315622172 4.937860453007"
\$ns_ at 417.549031722145 "\$node_(21) setdest 1107.638186472462 56.846560552697 0.000000000000"
\$ns_ at 417.549031722145 "\$node_(21) setdest 1137.892812055537 226.791539082447 12.755980518999"
\$ns_ at 419.828268099607 "\$node_(31) setdest 996.293626793580 141.604639772666 0.000000000000"
\$ns_ at 419.828268099607 "\$node_(31) setdest 454.690995623019 206.776528636830 11.755058404875"
\$ns_ at 420.464424438424 "\$node_(7) setdest 240.079944035045 256.048019876154 0.000000000000"
\$ns_ at 420.464424438424 "\$node_(7) setdest 1272.318420814864 10.716772031420 14.157138614057"
\$ns_ at 426.352855802297 "\$node_(13) setdest 577.871660126386 243.350850308456 0.000000000000"
\$ns_ at 426.352855802297 "\$node_(13) setdest 425.518278837863 118.894606658869 7.748719396884"
\$ns_ at 426.549124949214 "\$node_(2) setdest 1272.075322036116 237.608249050491 0.000000000000"
\$ns_ at 426.549124949214 "\$node_(2) setdest 987.209698484192 290.095553173832 7.682790274584"
\$ns_ at 430.147907134168 "\$node_(16) setdest 31.607617521821 265.251135741050 0.000000000000"
\$ns_ at 430.147907134168 "\$node_(16) setdest 757.105799550889 273.238675179005 16.393622591344"
\$ns_ at 431.081274656585 "\$node_(21) setdest 1137.892812055537 226.791539082447 0.000000000000"

\$ns_ at 431.081274656585 "\$node_(21) setdest 746.115419112594 199.241635886629 6.586356768658"
\$ns_ at 434.187512283738 "\$node_(44) setdest 53.061365190615 105.637646848050 0.000000000000"
\$ns_ at 434.187512283738 "\$node_(44) setdest 1426.078560422699 260.073195573603 10.087411191355"
\$ns_ at 434.781747691494 "\$node_(1) setdest 234.412369614639 147.344988122266 0.000000000000"
\$ns_ at 434.781747691494 "\$node_(1) setdest 934.331164133196 280.296841091787 13.349046198348"
\$ns_ at 435.227532153936 "\$node_(45) setdest 1424.885574717949 44.688348636014 0.000000000000"
\$ns_ at 435.227532153936 "\$node_(45) setdest 935.374342976330 230.483974728933 16.816246248230"
\$ns_ at 441.431859986096 "\$node_(24) setdest 1216.989943713490 72.826436236106 0.000000000000"
\$ns_ at 441.431859986096 "\$node_(24) setdest 1206.006950520935 281.316746832287 9.548738505481"
\$ns_ at 442.208658506129 "\$node_(8) setdest 1153.887832156671 62.580540353493 0.000000000000"
\$ns_ at 442.208658506129 "\$node_(8) setdest 501.063102926456 146.361901165718 3.402947374342"
\$ns_ at 443.728136055551 "\$node_(3) setdest 525.828736005158 196.133729867418 0.000000000000"
\$ns_ at 443.728136055551 "\$node_(3) setdest 682.294090451382 39.262349245829 17.874920464994"
\$ns_ at 444.680450352570 "\$node_(40) setdest 1423.981967740986 163.365346726387 0.000000000000"
\$ns_ at 444.680450352570 "\$node_(40) setdest 62.510288818383 167.367747332143 17.353609069881"
\$ns_ at 445.393738516381 "\$node_(25) setdest 787.571210999021 73.247943558868 0.000000000000"
\$ns_ at 445.393738516381 "\$node_(25) setdest 333.052803536769 214.952715727664 10.625346634828"
\$ns_ at 446.538281325148 "\$node_(6) setdest 1125.524694221343 29.588378047115 0.000000000000"
\$ns_ at 446.538281325148 "\$node_(6) setdest 875.136889507775 66.677581550724 4.764080384171"
\$ns_ at 449.936867552990 "\$node_(39) setdest 23.668214277788 14.905024655269 0.000000000000"
\$ns_ at 449.936867552990 "\$node_(39) setdest 234.877738855120 60.322883655719 5.301005439507"
\$ns_ at 451.740982141859 "\$node_(13) setdest 425.518278837863 118.894606658869 0.000000000000"
\$ns_ at 451.740982141859 "\$node_(13) setdest 1454.038169360963 245.448617008494 14.482697194667"
\$ns_ at 453.945816717507 "\$node_(28) setdest 1196.784139756453 2.194000266900 0.000000000000"
\$ns_ at 453.945816717507 "\$node_(28) setdest 1133.834842765501 24.916671851574 14.373833520512"
\$ns_ at 454.318927402353 "\$node_(15) setdest 362.191519852853 161.324203086015 0.000000000000"
\$ns_ at 454.318927402353 "\$node_(15) setdest 856.395149506873 91.171918648752 3.438923039212"
\$ns_ at 454.426390958264 "\$node_(9) setdest 813.688368485900 243.174966435488 0.000000000000"
\$ns_ at 454.426390958264 "\$node_(9) setdest 652.173079300766 292.168774111033 2.412696160568"
\$ns_ at 454.995149403552 "\$node_(47) setdest 1482.733039752587 272.861215169398 0.000000000000"
\$ns_ at 454.995149403552 "\$node_(47) setdest 797.689733691431 69.492350622179 9.623294342134"
\$ns_ at 456.123308196974 "\$node_(3) setdest 682.294090451382 39.262349245829 0.000000000000"
\$ns_ at 456.123308196974 "\$node_(3) setdest 1422.229125061234 18.026167331852 14.061261771275"
\$ns_ at 456.179944307317 "\$node_(4) setdest 602.559373688131 126.431757765655 0.000000000000"
\$ns_ at 456.179944307317 "\$node_(4) setdest 423.519873799964 242.595480182543 10.505253818121"
\$ns_ at 456.869962363759 "\$node_(12) setdest 1179.608863259039 247.060876996499 0.000000000000"
\$ns_ at 456.869962363759 "\$node_(12) setdest 14.596857417798 261.06496006187 9.022912557713"
\$ns_ at 457.393534995531 "\$node_(26) setdest 136.660047334798 107.069397704635 0.000000000000"
\$ns_ at 457.393534995531 "\$node_(26) setdest 1032.575637911784 141.319131029865 17.665450736725"
\$ns_ at 458.175091893876 "\$node_(5) setdest 1137.558161301899 37.750029709009 0.000000000000"
\$ns_ at 458.175091893876 "\$node_(5) setdest 831.181231590447 184.050607957919 9.108393858703"
\$ns_ at 458.601835365264 "\$node_(28) setdest 1133.834842765501 24.916671851574 0.000000000000"
\$ns_ at 458.601835365264 "\$node_(28) setdest 1376.116302679277 184.896141356952 4.000826724805"
\$ns_ at 463.296464909692 "\$node_(24) setdest 1206.006950520935 281.316746832287 0.000000000000"
\$ns_ at 463.296464909692 "\$node_(24) setdest 885.331937528176 40.871640932418 7.635101157071"
\$ns_ at 464.251668325181 "\$node_(2) setdest 987.209698484192 290.095553173832 0.000000000000"
\$ns_ at 464.251668325181 "\$node_(2) setdest 551.821492977725 253.256089738342 3.952243120387"
\$ns_ at 465.231589477288 "\$node_(37) setdest 1267.942542913128 48.318906206155 0.000000000000"
\$ns_ at 465.231589477288 "\$node_(37) setdest 1356.414902459786 240.727579565648 7.056553276748"
\$ns_ at 466.045191470456 "\$node_(42) setdest 1172.863860863464 175.983010854723 0.000000000000"
\$ns_ at 466.045191470456 "\$node_(42) setdest 916.622743069899 175.650658605187 4.985983604093"
\$ns_ at 466.234643770200 "\$node_(31) setdest 454.690995623019 206.776528636830 0.000000000000"
\$ns_ at 466.234643770200 "\$node_(31) setdest 683.584915252704 253.396141094677 11.933015693879"
\$ns_ at 466.363197054529 "\$node_(45) setdest 935.374342976330 230.483974728933 0.000000000000"
\$ns_ at 466.363197054529 "\$node_(45) setdest 473.582623510546 105.707472758191 4.305724770904"
\$ns_ at 466.982543816362 "\$node_(19) setdest 766.622663348045 74.386656653221 0.000000000000"
\$ns_ at 466.982543816362 "\$node_(19) setdest 1448.794267034506 36.776793551332 15.917490399404"
\$ns_ at 469.115938491101 "\$node_(32) setdest 462.535240580724 33.486723259737 0.000000000000"
\$ns_ at 469.115938491101 "\$node_(32) setdest 1108.367630190404 43.721854299984 16.132399491096"
\$ns_ at 471.784090860696 "\$node_(41) setdest 1219.904890393313 196.352170895822 0.000000000000"
\$ns_ at 471.784090860696 "\$node_(41) setdest 422.968604079040 19.235488505003 7.266142892310"
\$ns_ at 474.405492483727 "\$node_(16) setdest 757.105799550889 273.238675179005 0.000000000000"
\$ns_ at 474.405492483727 "\$node_(16) setdest 1362.461524449878 98.097627323861 12.397767295315"
\$ns_ at 476.495729047771 "\$node_(4) setdest 423.519873799964 242.595480182543 0.000000000000"
\$ns_ at 476.495729047771 "\$node_(4) setdest 194.131552132028 244.051580246989 15.001367887948"
\$ns_ at 483.605523168294 "\$node_(48) setdest 1144.240492947702 25.137936314652 0.000000000000"

\$ns_ at 483.605523168294 "\$node_(48) setdest 598.517790309387 187.429018604468 13.848053714190"
\$ns_ at 485.810019658444 "\$node_(31) setdest 683.584915252704 253.396141094677 0.000000000000"
\$ns_ at 485.810019658444 "\$node_(31) setdest 704.132675485619 288.365335614425 15.675771309843"
\$ns_ at 487.645587588313 "\$node_(17) setdest 942.890013357656 163.622517745995 0.000000000000"
\$ns_ at 487.645587588313 "\$node_(17) setdest 470.370295486216 176.167188593237 14.562304897496"
\$ns_ at 488.151419712883 "\$node_(1) setdest 934.331164133196 280.296841091787 0.000000000000"
\$ns_ at 488.151419712883 "\$node_(1) setdest 1064.722749985402 194.963957734379 6.471102306839"
\$ns_ at 488.397406078029 "\$node_(31) setdest 704.132675485619 288.365335614425 0.000000000000"
\$ns_ at 488.397406078029 "\$node_(31) setdest 1193.432243358410 119.455897537053 9.179646174973"
\$ns_ at 489.672364967133 "\$node_(23) setdest 896.785149587458 132.242887419475 0.000000000000"
\$ns_ at 489.672364967133 "\$node_(23) setdest 693.458780133415 68.703053738665 3.241620526296"
\$ns_ at 490.201294588220 "\$node_(25) setdest 333.052803536769 214.952715727664 0.000000000000"
\$ns_ at 490.201294588220 "\$node_(25) setdest 834.005629329124 208.006339024599 7.929831194659"
\$ns_ at 490.690947848738 "\$node_(39) setdest 234.877738855120 60.322883655719 0.000000000000"
\$ns_ at 490.690947848738 "\$node_(39) setdest 760.296623118467 54.722640585852 12.966803913455"
\$ns_ at 490.711335843083 "\$node_(21) setdest 746.115419112594 199.241635886629 0.000000000000"
\$ns_ at 490.711335843083 "\$node_(21) setdest 1210.761524651148 236.172844534491 16.494030072584"
\$ns_ at 491.210054579470 "\$node_(38) setdest 339.464633186647 131.341838346193 0.000000000000"
\$ns_ at 491.210054579470 "\$node_(38) setdest 1122.698893911803 227.836067838734 6.425551751827"
\$ns_ at 491.547346883670 "\$node_(14) setdest 823.731438733210 58.946162883411 0.000000000000"
\$ns_ at 491.547346883670 "\$node_(14) setdest 520.022668189404 215.017757123723 2.992749341295"
\$ns_ at 491.787197453553 "\$node_(4) setdest 194.131552132028 244.051580246989 0.000000000000"
\$ns_ at 491.787197453553 "\$node_(4) setdest 549.915040033103 151.262372764486 2.903962396506"
\$ns_ at 495.242634835566 "\$node_(37) setdest 1356.414902459786 240.727579565648 0.000000000000"
\$ns_ at 495.242634835566 "\$node_(37) setdest 1353.594961795152 84.925922499721 4.595716745870"
\$ns_ at 495.408371335653 "\$node_(7) setdest 1272.318420814864 10.716772031420 0.000000000000"
\$ns_ at 495.408371335653 "\$node_(7) setdest 768.146929585111 290.187628352693 7.8352544463290"
\$ns_ at 495.450089996238 "\$node_(5) setdest 831.181231590447 184.050607957919 0.000000000000"
\$ns_ at 495.450089996238 "\$node_(5) setdest 990.977478796342 275.554420367632 3.089638688178"
\$ns_ at 499.669176715414 "\$node_(6) setdest 875.136889507775 66.677581550724 0.000000000000"
\$ns_ at 499.669176715414 "\$node_(6) setdest 151.390707777751 53.836699702984 4.680269540604"
\$ns_ at 500.884275910518 "\$node_(46) setdest 1482.776014440009 57.235661450330 0.000000000000"
\$ns_ at 500.884275910518 "\$node_(46) setdest 1450.051587994188 250.201059521774 16.529633506448"
\$ns_ at 508.146274179869 "\$node_(26) setdest 1032.575637911784 141.319131029865 0.000000000000"
\$ns_ at 508.146274179869 "\$node_(26) setdest 890.193010652153 73.931789047927 13.442690094673"
\$ns_ at 508.767211980303 "\$node_(3) setdest 1422.229125061234 18.026167331852 0.000000000000"
\$ns_ at 508.767211980303 "\$node_(3) setdest 1444.751583531704 35.611588981505 17.042310602517"
\$ns_ at 509.154215989062 "\$node_(32) setdest 1108.367630190404 43.721854299984 0.000000000000"
\$ns_ at 509.154215989062 "\$node_(32) setdest 934.372300391081 150.559777439619 7.276458168997"
\$ns_ at 509.904358990426 "\$node_(19) setdest 1448.794267034506 36.776793551332 0.000000000000"
\$ns_ at 509.904358990426 "\$node_(19) setdest 1177.431640214991 219.552621802050 10.405000392536"
\$ns_ at 510.443898205719 "\$node_(3) setdest 1444.751583531704 35.611588981505 0.000000000000"
\$ns_ at 510.443898205719 "\$node_(3) setdest 1048.709047333037 187.599509299513 6.752851905652"
\$ns_ at 512.232660778039 "\$node_(1) setdest 1064.722749985402 194.963957734379 0.000000000000"
\$ns_ at 512.232660778039 "\$node_(1) setdest 815.776823043547 35.604878731587 7.756670775710"
\$ns_ at 512.724861970664 "\$node_(46) setdest 1450.051587994188 250.201059521774 0.000000000000"
\$ns_ at 512.724861970664 "\$node_(46) setdest 447.209084731209 180.210147975676 12.316460539734"
\$ns_ at 515.791784706308 "\$node_(24) setdest 885.331937528176 40.871640932418 0.000000000000"
\$ns_ at 515.791784706308 "\$node_(24) setdest 652.062775623989 221.273249099208 6.237460659927"
\$ns_ at 517.437525195427 "\$node_(42) setdest 916.622743069899 175.650658605187 0.000000000000"
\$ns_ at 517.437525195427 "\$node_(42) setdest 1476.029127514461 227.166558709079 2.450739346654"
\$ns_ at 518.970741467140 "\$node_(21) setdest 1210.761524651148 236.172844534491 0.000000000000"
\$ns_ at 518.970741467140 "\$node_(21) setdest 1313.894242173235 289.486340320967 17.155015013719"
\$ns_ at 519.864477612188 "\$node_(26) setdest 890.193010652153 73.931789047927 0.000000000000"
\$ns_ at 519.864477612188 "\$node_(26) setdest 700.237456104056 230.692632851656 9.981525767586"
\$ns_ at 520.105161310572 "\$node_(17) setdest 470.370295486216 176.167188593237 0.000000000000"
\$ns_ at 520.105161310572 "\$node_(17) setdest 751.233275860113 274.251229875226 6.028483705608"
\$ns_ at 523.135459709811 "\$node_(40) setdest 62.510288818383 167.367747332143 0.000000000000"
\$ns_ at 523.135459709811 "\$node_(40) setdest 809.260853205585 274.195827495990 5.199397572875"
\$ns_ at 523.293713894324 "\$node_(13) setdest 1454.038169360963 245.448617008494 0.000000000000"
\$ns_ at 523.293713894324 "\$node_(13) setdest 49.008661129246 26.118825403816 3.333746761705"
\$ns_ at 524.382421672152 "\$node_(9) setdest 652.173079300766 292.168774111033 0.000000000000"
\$ns_ at 524.382421672152 "\$node_(9) setdest 1031.647617959605 84.305369109360 7.292992817840"
\$ns_ at 524.719111969795 "\$node_(48) setdest 598.517790309387 187.429018604468 0.000000000000"
\$ns_ at 524.719111969795 "\$node_(48) setdest 27.898165437999 172.698253554444 3.959589504618"
\$ns_ at 525.235811433610 "\$node_(16) setdest 1362.461524449878 98.097627323861 0.000000000000"

\$ns_ at 525.235811433610 "\$node_(16) setdest 499.330392167726 35.688233547150 2.041901811977"
\$ns_ at 525.738310269293 "\$node_(21) setdest 1313.894242173235 289.486340320967 0.000000000000"
\$ns_ at 525.738310269293 "\$node_(21) setdest 125.878205016023 68.032085743626 5.341075652903"
\$ns_ at 529.149679901360 "\$node_(37) setdest 1353.594961795152 84.925922499721 0.000000000000"
\$ns_ at 529.149679901360 "\$node_(37) setdest 1493.627575985935 219.545410315993 10.811906259885"
\$ns_ at 529.251742207560 "\$node_(47) setdest 797.689733691431 69.492350622179 0.000000000000"
\$ns_ at 529.251742207560 "\$node_(47) setdest 968.990784933242 105.407003066584 9.945198375706"
\$ns_ at 531.170295895267 "\$node_(28) setdest 1376.116302679277 184.896141356952 0.000000000000"
\$ns_ at 531.170295895267 "\$node_(28) setdest 398.020213502323 76.887199420035 4.968030111384"
\$ns_ at 531.213557149327 "\$node_(39) setdest 760.296623118467 54.722640585852 0.000000000000"
\$ns_ at 531.213557149327 "\$node_(39) setdest 515.031497537497 299.098706552770 6.768311174944"
\$ns_ at 531.229984656710 "\$node_(33) setdest 1276.642304408881 164.145417540130 0.000000000000"
\$ns_ at 531.229984656710 "\$node_(33) setdest 417.026489683544 67.345227948306 2.497921563917"
\$ns_ at 532.662160953592 "\$node_(11) setdest 1092.489415324608 179.918512640869 0.000000000000"
\$ns_ at 532.662160953592 "\$node_(11) setdest 1200.220608104171 91.271694256392 6.745866151874"
\$ns_ at 537.214316722537 "\$node_(32) setdest 934.372300391081 150.559777439619 0.000000000000"
\$ns_ at 537.214316722537 "\$node_(32) setdest 634.801332520884 74.712590761191 4.128556081154"
\$ns_ at 538.741674212972 "\$node_(20) setdest 14.851310175319 21.625061949196 0.000000000000"
\$ns_ at 538.741674212972 "\$node_(20) setdest 713.725285792781 14.854322133176 10.113920476341"
\$ns_ at 541.348551059587 "\$node_(19) setdest 1177.431640214991 219.552621802050 0.000000000000"
\$ns_ at 541.348551059587 "\$node_(19) setdest 1172.001787586030 258.115702628991 9.545112881598"
\$ns_ at 544.337613033593 "\$node_(0) setdest 1377.855867036267 190.510453823496 0.000000000000"
\$ns_ at 544.337613033593 "\$node_(0) setdest 317.619374764947 199.403845428639 8.837269324268"
\$ns_ at 544.538718437305 "\$node_(26) setdest 700.237456104056 230.692632851656 0.000000000000"
\$ns_ at 544.538718437305 "\$node_(26) setdest 1381.458908136250 264.506799375999 9.633494037964"
\$ns_ at 544.786673632492 "\$node_(31) setdest 1193.432243358410 119.455897537053 0.000000000000"
\$ns_ at 544.786673632492 "\$node_(31) setdest 1318.036043710484 121.182893662411 6.229244480016"
\$ns_ at 545.428490059510 "\$node_(19) setdest 1172.001787586030 258.115702628991 0.000000000000"
\$ns_ at 545.428490059510 "\$node_(19) setdest 942.643121770250 134.712246816454 4.507346020316"
\$ns_ at 546.622574642776 "\$node_(34) setdest 1294.494954180949 175.919585065116 0.000000000000"
\$ns_ at 546.622574642776 "\$node_(34) setdest 1129.922718493487 225.767625129209 8.857228356813"
\$ns_ at 546.676546316202 "\$node_(43) setdest 630.253019428012 113.723140232760 0.000000000000"
\$ns_ at 546.676546316202 "\$node_(43) setdest 2.406085169743 271.038149901630 4.823735752527"
\$ns_ at 546.850733759408 "\$node_(47) setdest 968.990784933242 105.407003066584 0.000000000000"
\$ns_ at 546.850733759408 "\$node_(47) setdest 1429.466172086362 222.439563988108 9.638739716093"
\$ns_ at 547.115621815833 "\$node_(37) setdest 1493.627575985935 219.545410315993 0.000000000000"
\$ns_ at 547.115621815833 "\$node_(37) setdest 902.783739811916 275.139655145913 13.749010061728"
\$ns_ at 550.264581985769 "\$node_(22) setdest 1082.304141295286 40.240175877177 0.000000000000"
\$ns_ at 550.264581985769 "\$node_(22) setdest 872.724829442035 232.341328571916 15.017641908032"
\$ns_ at 550.339619946231 "\$node_(1) setdest 815.776823043547 35.604878731587 0.000000000000"
\$ns_ at 550.339619946231 "\$node_(1) setdest 984.248263704874 19.742580641235 10.044642563930"
\$ns_ at 551.356975427953 "\$node_(35) setdest 107.242954230004 78.546806525779 0.000000000000"
\$ns_ at 551.356975427953 "\$node_(35) setdest 704.629250530819 18.769682692224 10.557715643457"
\$ns_ at 551.975803620251 "\$node_(10) setdest 642.163586935191 182.822676926276 0.000000000000"
\$ns_ at 551.975803620251 "\$node_(10) setdest 767.411693975936 43.467489532205 3.570917018489"
\$ns_ at 553.161765009908 "\$node_(29) setdest 12.078874613753 85.973315622172 0.000000000000"
\$ns_ at 553.161765009908 "\$node_(29) setdest 1346.179163819055 26.511095488474 6.238247217721"
\$ns_ at 553.343627002738 "\$node_(11) setdest 1200.220608104171 91.271694256392 0.000000000000"
\$ns_ at 553.343627002738 "\$node_(11) setdest 1487.750194287015 37.493110005959 16.384918912493"
\$ns_ at 553.380569348500 "\$node_(25) setdest 834.005629329124 208.006339024599 0.000000000000"
\$ns_ at 553.380569348500 "\$node_(25) setdest 1299.666836449368 97.640509883555 17.116995311862"
\$ns_ at 555.049510479510 "\$node_(5) setdest 990.977478796342 275.554420367632 0.000000000000"
\$ns_ at 555.049510479510 "\$node_(5) setdest 363.906794867617 252.229498474455 9.492821801218"
\$ns_ at 555.387426424097 "\$node_(23) setdest 693.458780133415 68.703053738665 0.000000000000"
\$ns_ at 555.387426424097 "\$node_(23) setdest 922.861595499263 171.779420656474 15.190746127251"
\$ns_ at 556.327416858164 "\$node_(49) setdest 326.753829152993 194.090872273258 0.000000000000"
\$ns_ at 556.327416858164 "\$node_(49) setdest 957.612560822235 28.298825424510 6.342518719073"
\$ns_ at 563.068800304385 "\$node_(24) setdest 652.062775623989 221.273249099208 0.000000000000"
\$ns_ at 563.068800304385 "\$node_(24) setdest 235.343168165868 149.348802522484 3.730591134043"
\$ns_ at 564.791630601727 "\$node_(31) setdest 1318.036043710484 121.182893662411 0.000000000000"
\$ns_ at 564.791630601727 "\$node_(31) setdest 964.084031864396 219.930270543547 12.696058993552"
\$ns_ at 565.333483936288 "\$node_(36) setdest 1069.557941905104 192.755291281285 0.000000000000"
\$ns_ at 565.333483936288 "\$node_(36) setdest 1232.210116754434 112.430047385450 10.642823841722"
\$ns_ at 566.036768395635 "\$node_(34) setdest 1129.922718493487 225.767625129209 0.000000000000"
\$ns_ at 566.036768395635 "\$node_(34) setdest 749.617786637636 244.712960075249 15.012929318944"
\$ns_ at 567.186067501552 "\$node_(1) setdest 984.248263704874 19.742580641235 0.000000000000"

\$ns_ at 567.186067501552 "\$node_(1) setdest 211.772914522168 131.173250197128 7.859050544844"
\$ns_ at 568.979495852668 "\$node_(7) setdest 768.146929585111 290.187628352693 0.000000000000"
\$ns_ at 568.979495852668 "\$node_(7) setdest 417.019854713112 34.918684501390 8.140587660549"
\$ns_ at 569.195632505114 "\$node_(22) setdest 872.724829442035 232.341328571916 0.000000000000"
\$ns_ at 569.195632505114 "\$node_(22) setdest 1033.493281773241 160.625510781352 16.292078330318"
\$ns_ at 569.453730768788 "\$node_(17) setdest 751.233275860113 274.251229875226 0.000000000000"
\$ns_ at 569.453730768788 "\$node_(17) setdest 944.624200028852 291.277117906838 7.238476472552"
\$ns_ at 571.157766171306 "\$node_(44) setdest 1426.078560422699 260.073195573603 0.000000000000"
\$ns_ at 571.157766171306 "\$node_(44) setdest 703.136476479972 192.572653712346 14.586326984962"
\$ns_ at 571.196363446139 "\$node_(11) setdest 1487.750194287015 37.493110005959 0.000000000000"
\$ns_ at 571.196363446139 "\$node_(11) setdest 562.521121336789 116.562589875545 3.783697270688"
\$ns_ at 571.943315008698 "\$node_(23) setdest 922.861595499263 171.779420656474 0.000000000000"
\$ns_ at 571.943315008698 "\$node_(23) setdest 1144.966239550317 27.267356468028 5.143812628064"
\$ns_ at 573.262566032312 "\$node_(3) setdest 1048.709047333037 187.599509299513 0.000000000000"
\$ns_ at 573.262566032312 "\$node_(3) setdest 1359.905209132691 230.374230277680 6.208909744494"
\$ns_ at 574.807629374589 "\$node_(2) setdest 551.821429297777 253.256089738342 0.000000000000"
\$ns_ at 574.807629374589 "\$node_(2) setdest 307.743222324686 139.121398174224 2.764577821253"
\$ns_ at 577.459972422079 "\$node_(45) setdest 473.582623510546 105.707472758191 0.000000000000"
\$ns_ at 577.459972422079 "\$node_(45) setdest 870.202733920241 191.933721523853 9.730811308944"
\$ns_ at 580.000809188108 "\$node_(22) setdest 1033.493281773241 160.625510781352 0.000000000000"
\$ns_ at 580.000809188108 "\$node_(22) setdest 262.801862331456 162.327334039908 6.306104364016"
\$ns_ at 581.338826746434 "\$node_(25) setdest 1299.666836449368 97.640509883555 0.000000000000"
\$ns_ at 581.338826746434 "\$node_(25) setdest 768.029307114757 9.630876345980 14.879219917990"
\$ns_ at 582.367998587199 "\$node_(39) setdest 515.031497537497 299.098706552770 0.000000000000"
\$ns_ at 582.367998587199 "\$node_(39) setdest 1011.020346347684 14.023694502271 17.692445494091"
\$ns_ at 582.378328465607 "\$node_(36) setdest 1232.210116754434 112.430047385450 0.000000000000"
\$ns_ at 582.378328465607 "\$node_(36) setdest 652.933163045339 223.174203780793 2.784453504153"
\$ns_ at 583.709991048194 "\$node_(9) setdest 1031.647617959605 84.305369109360 0.000000000000"
\$ns_ at 583.709991048194 "\$node_(9) setdest 1252.211140476036 76.593646172476 5.177606412758"
\$ns_ at 584.138183784007 "\$node_(41) setdest 422.968604079040 19.235488505003 0.000000000000"
\$ns_ at 584.138183784007 "\$node_(41) setdest 34.844474470950 27.271342468796 13.862592963438"
\$ns_ at 585.996357386028 "\$node_(12) setdest 14.596857417798 261.064960006187 0.000000000000"
\$ns_ at 585.996357386028 "\$node_(12) setdest 831.965921792371 66.231084365436 5.654271209451"
\$ns_ at 590.278990188673 "\$node_(37) setdest 902.783739811916 275.139655145913 0.000000000000"
\$ns_ at 590.278990188673 "\$node_(37) setdest 1290.827471655330 26.399389818113 4.156477757802"
\$ns_ at 591.400008531503 "\$node_(34) setdest 749.617786637636 244.712960075249 0.000000000000"
\$ns_ at 591.400008531503 "\$node_(34) setdest 943.636135654814 0.134305022069 2.572057269780"
\$ns_ at 593.735136847009 "\$node_(31) setdest 964.084031864396 219.930270543547 0.000000000000"
\$ns_ at 593.735136847009 "\$node_(31) setdest 48.826037043101 129.690019399522 4.257776894727"
\$ns_ at 594.345872669664 "\$node_(46) setdest 447.209084731209 180.210147975676 0.000000000000"
\$ns_ at 594.345872669664 "\$node_(46) setdest 718.570485698202 64.244132202724 13.305035633643"
\$ns_ at 596.142959722338 "\$node_(47) setdest 1429.466172086362 222.439563988108 0.000000000000"
\$ns_ at 596.142959722338 "\$node_(47) setdest 1437.095512174838 0.332910203031 16.629382013636"
\$ns_ at 596.274146209935 "\$node_(17) setdest 944.624200028852 291.277117906838 0.000000000000"
\$ns_ at 596.274146209935 "\$node_(17) setdest 384.633807568373 172.377636209634 14.685956744797"
\$ns_ at 599.468398817057 "\$node_(15) setdest 856.395149506873 91.171918648752 0.000000000000"
\$ns_ at 599.468398817057 "\$node_(15) setdest 998.247555387405 97.044435759820 6.474437991378"

Trecho do arquivo de saida do NS-2

M 0.0 nn:50 x:1500 y:300 rp:dsv

M 0.0 sc:./scen/scen50-600-60 cp:./traffic/cbr50-600-16kbps seed:0.0
M 0.0 prop:Propagation/TwoRayGround ant:Antenna/OmniAntenna
M 0.00000 0 (1026.40, 157.11, 0.00), (1483.23, 59.05), 7.88
M 0.00000 2 (1054.23, 50.15, 0.00), (668.20, 14.16), 7.95
M 0.00000 3 (450.32, 105.60, 0.00), (350.80, 82.06), 9.71
M 0.00000 6 (676.76, 89.81, 0.00), (1294.38, 157.21), 10.57
M 0.00000 7 (1172.57, 175.22, 0.00), (1154.02, 150.29), 6.59
M 0.00000 8 (679.29, 215.56, 0.00), (352.63, 190.30), 2.14
M 0.00000 9 (632.14, 55.09, 0.00), (735.10, 41.81), 8.30
M 0.00000 10 (264.82, 191.64, 0.00), (30.87, 187.71), 2.05
M 0.00000 11 (1211.43, 244.11, 0.00), (1429.88, 245.96), 3.46
M 0.00000 12 (765.10, 149.37, 0.00), (1178.10, 99.21), 11.10
M 0.00000 14 (765.82, 114.53, 0.00), (598.80, 197.98), 14.78
M 0.00000 16 (591.49, 16.74, 0.00), (835.50, 21.16), 8.82

M 0.00000 17 (845.82, 247.64, 0.00), (111.84, 180.88), 6.18
M 0.00000 18 (759.70, 203.76, 0.00), (422.77, 271.99), 7.51
M 0.00000 19 (1233.38, 60.83, 0.00), (223.42, 44.54), 13.94
M 0.00000 21 (491.07, 262.13, 0.00), (1203.18, 211.12), 3.20
M 0.00000 23 (325.72, 185.74, 0.00), (59.94, 145.94), 13.46
M 0.00000 24 (485.14, 27.36, 0.00), (467.71, 24.25), 4.14
M 0.00000 27 (607.99, 82.47, 0.00), (636.92, 72.02), 3.92
M 0.00000 28 (1014.72, 123.32, 0.00), (115.53, 274.69), 2.89
M 0.00000 29 (969.46, 186.04, 0.00), (5.42, 157.83), 4.95
M 0.00000 30 (701.93, 217.70, 0.00), (1176.60, 212.44), 2.37
M 0.00000 37 (904.75, 210.70, 0.00), (1339.95, 165.17), 7.60
M 0.00000 39 (802.27, 184.71, 0.00), (811.09, 155.23), 3.86
M 0.00000 40 (1006.03, 40.63, 0.00), (1144.97, 37.80), 7.63
M 0.00000 42 (1402.93, 91.34, 0.00), (1472.59, 73.88), 7.35
M 0.00000 43 (476.04, 196.46, 0.00), (368.24, 198.01), 3.72
M 0.00000 44 (304.41, 214.84, 0.00), (123.08, 252.32), 2.42
M 0.00000 47 (912.63, 161.23, 0.00), (902.29, 204.20), 2.98
M 0.00000 48 (344.35, 179.82, 0.00), (47.32, 292.89), 10.36
M 0.00000 49 (1088.70, 236.98, 0.00), (1201.02, 238.26), 5.68
M 3.12171 46 (919.70, 43.33, 0.00), (853.56, 197.10), 8.92
M 4.27322 24 (467.71, 24.25, 0.00), (467.71, 24.25), 0.00
M 4.60236 4 (397.13, 172.23, 0.00), (1127.27, 269.82), 13.16
M 4.71288 7 (1154.02, 150.29, 0.00), (1154.02, 150.29), 0.00
M 7.85259 27 (636.92, 72.02, 0.00), (636.92, 72.02), 0.00
M 7.88122 25 (562.87, 41.25, 0.00), (1320.81, 22.28), 14.90
M 7.97809 39 (811.09, 155.23, 0.00), (811.09, 155.23), 0.00
s 8.522796262 _1_ AGT --- 50 cbr 512 [0 0 0 0] ----- [1:0 2:0 32 0] [0] 0 0
r 8.531263533 _2_ AGT --- 50 cbr 532 [13a 2 1 800] ----- [1:0 2:0 32 2] [0] 1 0
s 8.714483611 _1_ AGT --- 51 cbr 512 [0 0 0 0] ----- [1:0 2:0 32 0] [1] 0 0
r 8.720413433 _2_ AGT --- 51 cbr 532 [13a 2 1 800] ----- [1:0 2:0 32 2] [1] 1 0
s 9.039267093 _1_ AGT --- 52 cbr 512 [0 0 0 0] ----- [1:0 2:0 32 0] [2] 0 0
r 9.044736902 _2_ AGT --- 52 cbr 532 [13a 2 1 800] ----- [1:0 2:0 32 2] [2] 1 0
s 9.185395299 _1_ AGT --- 53 cbr 512 [0 0 0 0] ----- [1:0 2:0 32 0] [3] 0 0
r 9.191185102 _2_ AGT --- 53 cbr 532 [13a 2 1 800] ----- [1:0 2:0 32 2] [3] 1 0
s 9.427645224 _1_ AGT --- 54 cbr 512 [0 0 0 0] ----- [1:0 2:0 32 0] [4] 0 0
r 9.433295017 _2_ AGT --- 54 cbr 532 [13a 2 1 800] ----- [1:0 2:0 32 2] [4] 1 0
s 9.702782583 _1_ AGT --- 55 cbr 512 [0 0 0 0] ----- [1:0 2:0 32 0] [5] 0 0
r 9.708452366 _2_ AGT --- 55 cbr 532 [13a 2 1 800] ----- [1:0 2:0 32 2] [5] 1 0
M 9.77509 42 (1472.59, 73.88, 0.00), (1472.59, 73.88), 0.00
s 9.847576419 _1_ AGT --- 56 cbr 512 [0 0 0 0] ----- [1:0 2:0 32 0] [6] 0 0
r 9.853406196 _2_ AGT --- 56 cbr 532 [13a 2 1 800] ----- [1:0 2:0 32 2] [6] 1 0
s 10.189553896 _1_ AGT --- 57 cbr 512 [0 0 0 0] ----- [1:0 2:0 32 0] [7] 0 0
r 10.195383660 _2_ AGT --- 57 cbr 532 [13a 2 1 800] ----- [1:0 2:0 32 2] [7] 1 0
M 10.27867 26 (616.72, 50.87, 0.00), (1094.88, 50.69), 12.67
s 10.419641732 _1_ AGT --- 58 cbr 512 [0 0 0 0] ----- [1:0 2:0 32 0] [8] 0 0
r 10.425291487 _2_ AGT --- 58 cbr 532 [13a 2 1 800] ----- [1:0 2:0 32 2] [8] 1 0
M 10.53450 3 (350.80, 82.06, 0.00), (350.80, 82.06), 0.00
M 10.55785 20 (850.28, 54.65, 0.00), (217.90, 234.11), 3.91
s 10.765714003 _1_ AGT --- 59 cbr 512 [0 0 0 0] ----- [1:0 2:0 32 0] [9] 0 0
r 10.771223746 _2_ AGT --- 59 cbr 532 [13a 2 1 800] ----- [1:0 2:0 32 2] [9] 1 0
s 10.926744233 _1_ AGT --- 60 cbr 512 [0 0 0 0] ----- [1:0 2:0 32 0] [10] 0 0
r 10.932713969 _2_ AGT --- 60 cbr 532 [13a 2 1 800] ----- [1:0 2:0 32 2] [10] 1 0
s 11.174860303 _1_ AGT --- 61 cbr 512 [0 0 0 0] ----- [1:0 2:0 32 0] [11] 0 0
r 11.180610031 _2_ AGT --- 61 cbr 532 [13a 2 1 800] ----- [1:0 2:0 32 2] [11] 1 0
s 11.327977891 _1_ AGT --- 62 cbr 512 [0 0 0 0] ----- [1:0 2:0 32 0] [12] 0 0
r 11.333567614 _2_ AGT --- 62 cbr 532 [13a 2 1 800] ----- [1:0 2:0 32 2] [12] 1 0
s 11.580063586 _1_ AGT --- 63 cbr 512 [0 0 0 0] ----- [1:0 2:0 32 0] [13] 0 0
r 11.586013300 _2_ AGT --- 63 cbr 532 [13a 2 1 800] ----- [1:0 2:0 32 2] [13] 1 0
s 11.720210398 _1_ AGT --- 65 cbr 512 [0 0 0 0] ----- [1:0 2:0 32 0] [14] 0 0
r 11.725700108 _2_ AGT --- 65 cbr 532 [13a 2 1 800] ----- [1:0 2:0 32 2] [14] 1 0
s 12.039869816 _1_ AGT --- 96 cbr 512 [0 0 0 0] ----- [1:0 2:0 32 0] [15] 0 0
r 12.045799515 _2_ AGT --- 96 cbr 532 [13a 2 1 800] ----- [1:0 2:0 32 2] [15] 1 0
s 12.176210751 _1_ AGT --- 108 cbr 512 [0 0 0 0] ----- [1:0 2:0 32 0] [16] 0 0

r 12.182020446 _2_ AGT --- 108 cbr 532 [13a 2 1 800] ----- [1:0 2:0 32 2] [16] 1 0
s 12.414934667 _1_ AGT --- 121 cbr 512 [0 0 0 0] ----- [1:0 2:0 32 0] [17] 0 0
r 12.420624354 _2_ AGT --- 121 cbr 532 [13a 2 1 800] ----- [1:0 2:0 32 2] [17] 1 0
M 12.50240 9 (735.10, 41.81, 0.00), (735.10, 41.81), 0.00
M 12.63494 14 (598.80, 197.98, 0.00), (598.80, 197.98), 0.00

ANEXO II – Artigo

Um estudo Sobre Segurança em redes Ad Hoc

Ruy O. de Freitas Neto ¹, Prof Dr. Carlos Becker Westphall ², Afonso Kazuo Takahashi ¹

Departamento de Informática e Estatística
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
Caixa Postal 476 – Cep 88040-900
Florianópolis – SC – Brasil

{ruyneto, westphal, kazuo}@inf.ufsc.br

Abstract. *The growing need to stay online, connected to the world, has brought us many different solutions. One of the most popular is the wireless network, where distinct gadgets stay in contact with other equipments without the use of any cable. These mobile equipments are part of an Ad Hoc network, this article point was the security or insecurity of such devices, by comparing the impact of secure and insecure wireless protocols. Using the Network Simulator 2 and Trace graph programs we simulated hostile environments for secure and insecure network. With that information some metrics where set to provide the expected quality of service.*

Resumo. *A crescente necessidade de permanecer on-line, conectado ao mundo, nos trouxe varias soluções para esse fim. Uma das mais atuais é a rede sem fio, onde diversos aparelhos mantêm contato com outros equipamentos sem a necessidade de usar um cabo. Esses equipamentos móveis são parte de uma rede Ad Hoc. Este artigo visa a detectar a segurança e insegurança de tais dispositivos, ao comparar o impacto de redes seguras e inseguras. Usando os programas Network Simulator 2 e Trace graph, foram simulados ambientes hostis em redes seguras e inseguras. Com essas informações algumas métricas foram definidas para prover a qualidade de serviço esperada.*

1 Alunos de Graduação

2 Professor Orientador

1. Introdução

As redes sem fio se tornaram a grande novidade da nova era da internet tendo recebido grande investimento em novas tecnologias e novos protocolos.

No âmbito das redes sem fio existem, atualmente, dois tipos de redes: as hierárquicas e as não hierárquicas. Na classe de redes hierárquicas, a questão da segurança, encontra-se em estado bastante avançado visto que as velocidades estão em patamares próximos às redes com fio. O uso desse tipo de rede já se encontra bastante disseminado.

Nas redes Ad Hoc (conhecidas também como MANET), a questão da segurança ainda está em estágio de desenvolvimento, devido, principalmente, as características dos dispositivos Ad Hoc: movimentação constante, baixa capacidade de processamento, desempenho da bateria, entre outros. Optou-se então pelo desenvolvimento de um estudo relacionado a este tipo de rede e os protocolos envolvidos em seu roteamento.

1.1. Objetivos

O trabalho tem como objetivo o estudo das diferenças entre protocolos de roteamento seguros e comuns, verificando aspectos do comportamento da rede com cada tipo de protocolo e se esses cumprem efetivamente seus objetivos.

Para isso analisaremos em cada protocolo simulado e estudado métricas como:

- *Delay*
- *Throughput Efetivo*

Baseado nessas análises pode-se concluir quais protocolos de roteamento são mais aconselháveis para implementação em um ambiente real, destacando-se os pontos fortes e fracos de cada um dos protocolos analisados versus a métrica utilizada.

1.2. Organização

No capítulo 2 descrevemos, brevemente, o funcionamento das redes Ad Hoc, no capítulo 3 são apresentados os modos de funcionamento dos protocolos de roteamento Ad Hoc, sendo descritos os protocolos DSDV, SEAD, DSR e Ariadne.

No capítulo 4 é apresentada a ferramenta de simulação Network Simulator e a ferramenta de análise Tracegraph, além dos parâmetros de simulação utilizados nesse trabalho.

No capítulo 5 os resultados são exibidos, mediante a apresentação de tabelas e gráficos, além de comentários a respeito do comportamento dos protocolos.

No capítulo 6 a conclusão do trabalho é exposta e trabalhos futuros são sugeridos.

2. REDES Ad Hoc

Com a diminuição do tamanho dos microprocessadores e com o aumento da vida útil das baterias, foi possível o desenvolvimento de sistemas de comunicação embarcados em aparelhos de pequeno porte. Com o advento dessa tecnologia foi necessária a criação de um novo tipo de comunicação sem fio que é hoje conhecido como redes Ad Hoc (MANET).

As redes Ad Hoc consistem em redes formadas por dispositivos de comunicação wireless que não possuem a necessidade de um ponto centralizador para a comunicação. Essas redes podem ser formadas apenas por dispositivos móveis ou uma combinação de dispositivos móveis com dispositivos estruturados/cabeados (como PC's) e também criar a interação entre dispositivos móveis a uma rede *ethernet*.

Atualmente existem duas linhas de pesquisas básicas dentro das redes MANET, que são o uso delas em ambientes hostis com a presença apenas de dispositivos móveis e outra que consiste na integração entre dispositivos móveis e dispositivos estruturados em um espaço determinado.

No primeiro caso podemos citar locais onde há a necessidade de coleta de informações, mas não é possível para seres humanos alcançarem toda a área. Podemos citar como exemplo disso o monitoramento das informações de uma área de floresta, com a presença de milhares de nodos espalhados em uma área pré-determinada, colhendo informações enquanto durarem as baterias, sendo essas informações colhidas e podendo ser repassadas para uma base localizada em área de apenas um ou poucos nodos.

Já no segundo caso temos um sistema onde existe uma quantidade de nodos móveis e estruturados, sendo necessário que esses nodos possam todos se comunicar, em qualquer ponto da área e que todos tenham acesso à internet também. Isso gera a necessidade de se ter um desenvolvimento de protocolos de roteamentos de forma a garantir a comunicação em ambos os casos.

O grande problema da comunicação nesse tipo de rede é que, na maioria das vezes um dispositivo tem de se comunicar com um outro que não está em um raio de distância diretamente alcançável. Dessa forma, são necessários protocolos de comunicação que controlem essa comunicação possibilitando a que todos os pontos possam se intercomunicar de forma confiável e com controle de erros.

3. Protocolos Ad Hoc

Os protocolos Ad Hoc são construídos partindo do conceito que os nodos ou elementos que formam a sua rede estão em movimento constante ou movimento inconstante. Sendo assim, devem de alguma forma interagir para chegar a outro elemento que a um instante atrás estava em uma posição X,Y.

Não bastasse o problema da constante movimentação, ainda existe o problema da limitação de processamento e da necessidade de racionamento de energia. Por isso, os primeiros protocolos Ad Hoc consideravam todos os elementos de sua rede como seguros e confiáveis, mas assim como em redes estruturadas, irão existir elementos danosos à rede.

Existem basicamente três famílias de protocolos Ad Hoc: os pró-ativos que constantemente buscam as informações para estabelecer as rotas entre os elementos da rede, os reativos que somente ao serem solicitados irão partir em busca do caminho entre fonte e destino e, finalmente, os métodos híbridos que nada mais são do que uma união das duas famílias afim de se utilizar do que é mais eficiente de cada uma.

Nesse trabalho o estudo foi direcionado a protocolos pró-ativos e reativos. Na família dos pró-ativos foram analisados os protocolos DSDV (Destination Sequenced Distance Vector) e SEAD (Secure Efficient Ad Hoc Distance vector routing) e na família dos reativos foram analisados os protocolos DSR (Distance Source Routing) e ARIADNE.

DSDV – Destination Sequenced Distance Vector

Nesse protocolo, baseado no algoritmo de Bellman-Ford, cada nodo guarda uma tabela contendo o número de saltos para se chegar a cada nodo e um número seqüencial que é atualizado a cada nova geração de tabela com o objetivo de evitar *loops*.

SEAD – Secure Efficient Ad Hoc Distance vector routing

O Sead é baseado no protocolo DSDV, o seu diferencial está na atualização das tabelas de rotas, que não é feita baseada em um tempo médio como no DSDV.

Cada nodo no SEAD usa um esquema de correntes hash em cada update de rota realizado. Esse esquema permite que um outro nodo possa apenas aumentar a métrica existente ao longo do percurso e não diminuí-la, como seria realizado por nodos maliciosos.

DSR – Dynamic source Routing

O protocolo DSR é composto por dois mecanismos que trabalham juntos permitindo a descoberta e manutenção de rotas na rede Ad Hoc:

- Descobrimto de Rota é o mecanismo pelo qual um nodo **E** que deseja enviar um pacote a um nodo destino **D** obtém uma rota para **D**.

- Manutenção de Rota é o mecanismo pelo qual o nodo **E** pode detectar enquanto está usando a rota para **D** se a topologia da rede foi modificada a ponto de não poder usar a rota para **D** porque a conexão dessa rota não funciona mais. Quando “Manutenção de Rota” indica que uma rota foi perdida, **E** pode tentar utilizar outra rota que possa conhecer para **D**, ou pode invocar novamente o Descobrimto de Rota para encontrar uma nova rota. O mecanismo de Manutenção de Rota é usado apenas quando **E** está enviando pacotes a **D**. [DSR00]

Esses dois mecanismos que definem o DSR como inteiramente *On-Demand*, visto que seus dois mecanismos são ativados apenas quando um nodo solicita o envio de pacotes.

Além desses mecanismos, existe um modo de operação do DSR onde é possível que um nodo “escute” a rota de outros nodos, possibilitando assim guardar essa informação para utilizá-la junto ao método de manutenção de rotas, obtendo assim um ganho de performance.

Ariadne

O Ariadne se baseia no protocolo DSR [DSR00], e o seu diferencial está no sistema de segurança baseado em criptografia simétrica usando o protocolo de broadcast e autenticação chamado TESLA. [TES01]

A segurança no Ariadne se fundamenta no segredo e autenticidade das chaves guardadas nos nodos. [ARI01]. Assim cada nodo pertencente e autenticado a rede deixa sua assinatura nos pacotes que circulam dentro dessa rede, tornando assim possível detectar facilmente pacotes forjados por nodos maliciosos. O TESLA conta ainda com um sistema de sincronia dos relógios, que protege contra replay de mensagens por exemplo, uma vez que uma mensagem só será válida em um determinado intervalo de tempo.

4. Simulações

Em nosso trabalho foi utilizada a ferramenta de simulação Network Simulator2, é escrito em C++, mas para a criação dos scripts ele usa a linguagem tcl, pois é de mais fácil entendimento, além de permitir um maior poder de criação de simuladores de novos protocolos e formas de roteamento.

Apesar disso, o arquivo de saída do NS2 é de formato incompreensível para seres humanos, tornando assim necessário a utilização do Trace graph que é uma ferramenta de análise dos tracefiles, arquivos saída do NS2.

O trace graph gera como saída diversos tipos de informações, dentre elas: 238 tipos de gráficos 2D, 12 gráficos 3D, informações sobre delay, jitter, tempo de processamento, número de nós intermediários. Essas informações podem ser salvas em arquivos de texto, gráficos ou arquivos de imagem. Por possuir todas essas facilidades,

além de ser um programa gratuito, optou-se por utilizar essa ferramenta nesse trabalho.

Nas simulações efetuadas para esse trabalho foram utilizados os seguintes parâmetros:

- Tipo de canal: Wireless Channel
- Modelo de propagação: Two Ray Ground
- Tipo de interface: Wireless Phy
- Tipo de MAC: 802.11b
- Tipo de camada de ligação: LL
- Modelo de antena: Omni Antenna
- Dimensões do ambiente: 1500 X 300m
- Modelo de mobilidade: Random Trip Model
- Protocolo de conexão: UDP
- Taxa de Transmissão: 16kbps, 32kbps
- Largura de banda: 2 Mbps
- Protocolo Roteamento: SEAD, *Ariadne*, DSDV, DSR
- Número de estações móveis: 50
- Tamanho dos pacotes: 512 bytes , 1024bytes
- Tipo de Fila: FIFO
- Número máximo de pacotes na fila: 50
- Tempo de pausa: 0s, 30s, 60s, 120s, 300s, 600s
- Tempo de simulação: 600s

5. Resultados

Inicialmente parte do objetivo desse trabalho seria a simulação de nodos maliciosos, mas essa acabou sendo descartada.

Para análise dos resultados foi pensado em uma situação onde existem 50 aviões do tipo caça não tripulados. Estes aviões coletam informações sobre os inimigos e seu local de vôo e repassam para outros caças que podem ajudar no ataque ou na defesa.

Estes caças não podem ter sua comunicação interceptada nem podem serem controlados pelo inimigo (se tornariam nodos maliciosos então). A partir dessas informações poderemos analisar o comportamento de cada dado analisado bem como o comportamento dos protocolos.

O comportamento esperado dos protocolos analisados pode... ser descritos, para que após as realizações das simulações seja efetuada a verificação dos resultados obtidos, comparado-os aos resultados esperados.

Imagina-se que com a implementação de protocolos criptográficos a comunicação irá apresentar uma maior quantidade de dados transmitidos, aumentando dessa forma o throughput.

A partir dos estudos dos protocolos pode se esperar que o delay vá diminuir o uso da criptografia.

Também se espera que ao aumentar o tamanho do pacote e/ou da taxa de transmissão haverá um aumento do número de pacotes gerados e enviados, pois há um aumento do tamanho da taxa de transmissão real.

Cada simulação foi realizada 3 vezes e a seguir seguem as médias dos resultados obtidos para cada métrica e tempo de pausa:

DSR (600s 16kbps 512bytes)				
tempo pausa	delay	Throughput (kbps)	% pkt lost	Throughput Efetivo
0s	8,6302213	23,93	0,27	17,52
30s	5,5803589	26,28	0,27	19,12
60s	7,0336718	28,19	0,31	19,47
120s	5,2293426	28,18	0,33	18,97
300s	3,6604719	34,93	0,33	23,37
600s	6,0887386	32,11	0,35	20,95

Ariadne (600s 16kbps 512bytes)				
tempo pausa	delay	Throughput (kbps)	% pkt lost	Throughput Efetivo
0s	4,1353636	23,28	0,29	16,58
30s	2,9203336	25,90	0,26	19,29
60s	3,3178086	24,62	0,26	18,25
120s	3,7603246	23,50	0,26	17,28
300s	2,2903701	28,18	0,20	22,50
600s	3,8943860	26,04	0,26	19,22

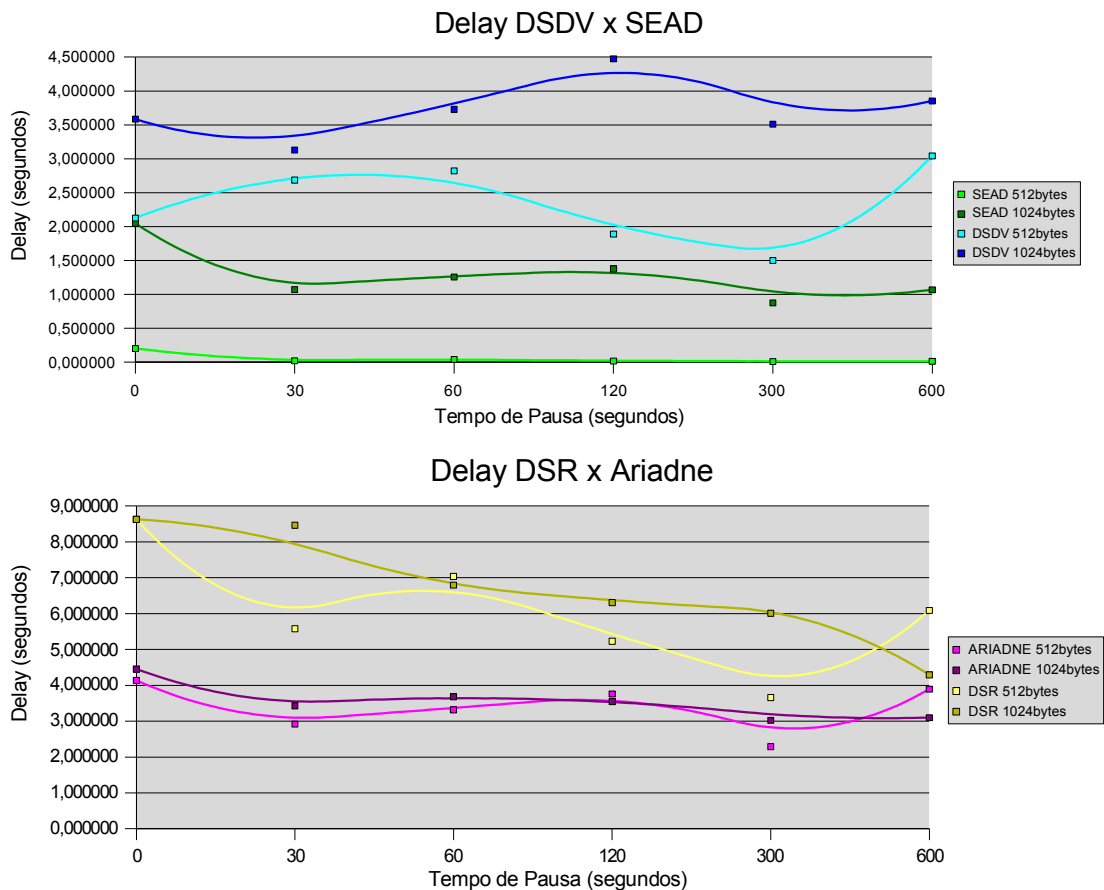
DSDV (600s 16kbps 512bytes)				
tempo pausa	delay	Throughput (kbps)	% pkt lost	Throughput Efetivo
0s	2,1255779	29,71	0,21	23,51
30s	2,6868904	28,11	0,22	21,89
60s	2,8226643	28,06	0,19	22,59
120s	1,8876824	30,79	0,29	21,99
300s	1,5000194	34,28	0,24	26,04
600s	3,0419331	32,00	0,23	24,66

SEAD (600s 16kbps 512bytes)				
tempo pausa	delay	Throughput (kbps)	% pkt lost	Throughput Efetivo
0s	0,2038388	38,66	0,62	14,53
30s	0,0200752	40,59	0,66	13,92
60s	0,0409158	39,26	0,67	12,90
120s	0,0180294	39,95	0,70	11,81
300s	0,0110682	41,06	0,59	16,76
600s	0,0117209	41,31	0,77	9,66

Nossa análise se baseou, primeiramente, em um comparativo dentro de cada métrica estudada. Também vamos comparar o comportamento dos protocolos seguros X não seguros.

O Delay pode ser obtido diretamente do arquivo de saída do trace graph, já o Throughput efetivo teve de ser calculado. Para esse cálculo levou-se em conta, além do número de bits enviados, o número de pacotes perdidos permitindo assim uma visualização direta do desempenho de cada protocolo.

Delay - Ou latência refere-se ao tempo total que um determinado pacote levou, após ser gerado, para sair do nodo de origem e chegar ao nodo de destino. Esse parâmetro é usado constantemente como métrica para definir se uma rede é boa ou não, sendo que em um ambiente real podemos obter o delay através do comando ping.

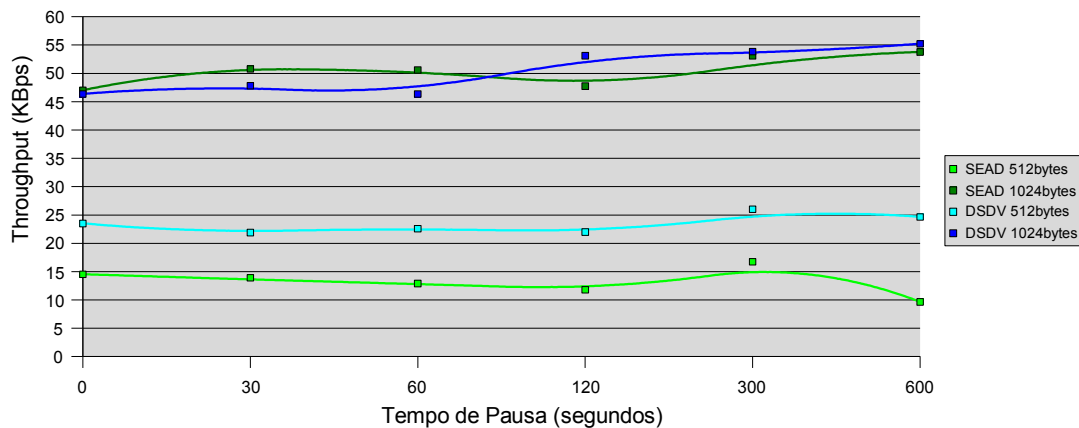


Observando esses gráficos, nota-se rapidamente que o delay dos protocolos seguros fica rigorosamente abaixo dos protocolos convencionais, isso porque os dois protocolos seguros contam com sistema de proteção em que existe um tempo máximo de resposta. Após esse tempo os pacotes simplesmente são descartados.

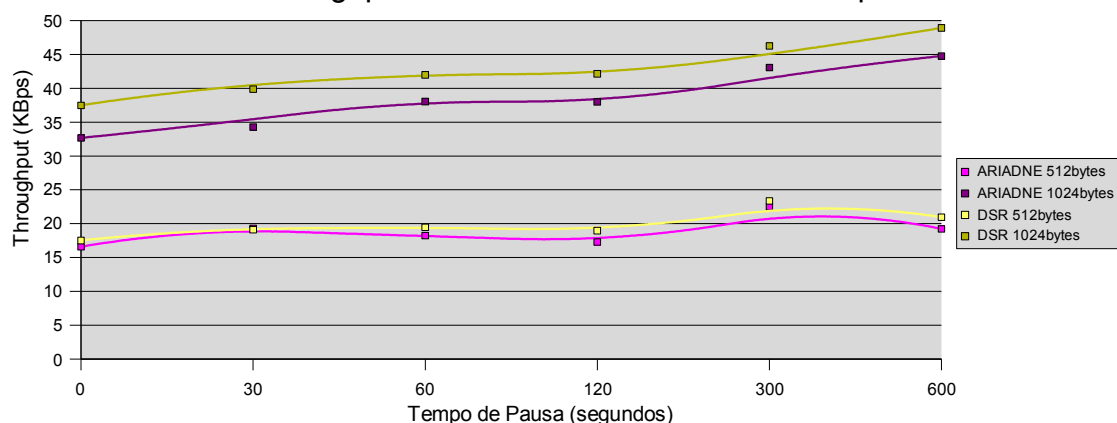
Ao comparar os dois protocolos seguros, verifica-se que o delay do SEAD é muito menor que o do Ariadne, elegendo-se, assim, esse como o melhor protocolo em relação ao estudo de caso, já que quanto menor o delay, mais rapidamente a informação irá trafegar entre os nodos.

Throughput Efetivo - é calculado sobre o throughput do sistema mediante a retirada dos pacotes perdidos do cálculo. Essa é uma excelente métrica, pois um sistema que possui um throughput alto, e ao mesmo tempo possui grande perda de pacotes, torna-se inviável. Decidiu-se calcular o throughput ponderando os pacotes não perdidos no sistema, dessa forma, pode-se observar o rendimento real do sistema avaliado já que ao se avaliar apenas o Throughput, em um eventual caso, poderia ocorrer de um sistema possuir um excelente throughput e a perda de pacotes do sistema se encontrar na faixa dos 80%. Isso significa, na realidade, que grande parte do desempenho da vazão de informações do sistema esta sendo perdida.

Throughput Efetivo DSDV x SEAD



Throughput Efetivo ARIADNE x DSR - 16KBps



Podemos verificar na análise do DSDV x SEAD como o protocolo do SEAD tende a perder grande parte de sua vazão de dados para implementar a segurança dos dados. Isso acontece porque para autenticar os nodos e autenticar os pacotes existe uma necessidade maior de tráfego na rede, sendo que quanto menor o tamanho dos pacotes pior se tornará o desempenho do SEAD.

Por outro lado, ao se aumentar o tamanho do pacote a perda já não é tão significativa e se assemelha mais ao percentual de perda do ARIADNE x DSR, onde o protocolo seguro acompanha sempre muito de perto o desempenho do protocolo

convencional.

Após comparar todas as métricas e destacar métricas importantes como o delay, porcentagem de pacotes perdidos e throughput efetivo, podemos dizer que para o nosso caso o Ariadne seria o melhor protocolo, pois implementa a segurança e é um protocolo que não causa grande overhead na comunicação. Este protocolo só não seria indicado totalmente se não houvesse grande capacidade de processamento nos equipamentos, mas como tratamos de caças não tripulados podemos dizer que o Ariadne é o protocolo perfeito para o caso estudado.

6. Conclusão

Com base nos resultados podemos concluir que os protocolos seguros não causam um grande overhead nos protocolos em relação a protocolos sem segurança. Esses protocolos seguros também controlarem os delays da rede o que permite um melhor desempenho da rede.

Além disso esses protocolos também aumentam a segurança de uma rede sem grande comprometimento de bateria ou processamento, o que ajuda o uso desses protocolos, mesmo com uma maior segurança, em ambiente hostis.

Referências Bibliográficas

[DSR00] JOHNSON, David B. ; MALTZ, David A.; BROCH, Josh; **The Dynamic Source Routing Protocol for Multi-Hop Wireless Ad Hoc Networks** Disponível em: <<http://monarch.cs.cmu.edu/monarch-papers/dsr-chapter00.pdf>> Acesso em 14 de Fevereiro de 2005

[TES01] PERRIG, Adrian; CANETTI, Ran; SONG, Dawn; TYGAR, J. D. **Efficient and Secure Source Authentication for Multicast** Fevereiro de 2001

[ARI01] HU, Yih-Chun; PERRIG, Adrian; JOHNSON, David BA **Secure On-Demand Routing Protocol For Ad Hoc Networks** Disponível em: <<http://sparrow.ece.cmu.edu/~adrian/projects/secure-routing/ariadne.pdf>> Acesso em 12 de Fevereiro de 2006

HU, Yih-Chun; PERRIG, Adrian; JOHNSON, David B. **SEAD: Secure Efficient Distance Vector Routing for Mobile Wireless Ad Hoc Networks**. Disponível em: <<http://monarch.cs.rice.edu/monarch-papers/wmcsa02.pdf>>. Acesso em 12 de Fevereiro de 2006.

CHUNG, Jae; CLAYPOOL, Mark. **NS by Example**. Disponível em: <<http://nile.wpi.edu/NS/>>. Acesso em 20 de Dezembro de 2005.

PATWARDHAN, Anand; Et al. **Secure Routing and Intrusion Detection in Ad Hoc Networks**. Disponível em: <<http://csrc.nist.gov/mobilesecurity/Publications/nist-umbc-adhocids-ipv6.pdf>>. Acesso em 12 de maio de 2006.