MANET Simulation Studies: The Current State and New Simulation Tools

Apresentação do Artigo de:
Stuart Kurkowski
Tracy Camp
Michael Colagrosso

Palestrante: Angelo Bannack
bannack@inf.ufpr.br
Universidade Federal do Paraná

Roteiro

- Introdução
- Simulação com credibilidade
- Análise dos artigos (Papers MobiHoc)
- Armadilhas comuns em simulações
- Novas ferramentas para simulações
- Conclusão

Introdução

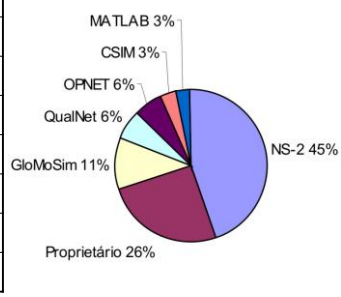
- Redes ad hoc móveis (MANETs) são compostas por unidades sem fio que cooperam para formar uma rede sem infra-estrutura;
- Devido ao fato de não haver coordenação ou configuração inicial de uma MANET, diversos desafios surgem:
  - Roteamento;
  - Comunicação sem Fio;
  - Recursos limitados (baterias, memória).
- Uma das formas de tentar contornar estes desafios é através de simulações;

Introdução

- Pesquisa realizada sobre os artigos enviados para o *ACM International Symposium on Mobile Ad Hoc Networking and Computing* (MobiHoc);
- Entre os anos de 2000 e 2004;
- Apenas artigos completos avaliados;
- Dos 111 artigos publicados, 84 (76%) utilizam simuladores para apresentar resultados;
- 21 dos 84 (25%) que utilizam simuladores não especificam qual o simulador que utilizam;
- A maioria, 28 de 63 (44%), utiliza o NS-2;

Introdução

Simulador	Utilização
NS-2	28 (45%)
Proprietário	16 (26%)
GloMoSim	7 (11%)
QualNet	4 (6%)
OPNET	4 (6%)
CSIM	2 (3%)
MATLAB	2 (3%)



Introdução

- Objetivos deste trabalho:
  - Discutir aspectos de credibilidade das simulações;
  - Apresentar o estado atual das simulações em MANETs;
  - Mostrar através da avaliação dos artigos (MobiHoc); que a maioria das simulações não possuem credibilidade;
  - O que fazer para dar credibilidade as simulações;
  - Apresentar duas novas ferramentas para auxiliar na credibilidade.

Simulação com Credibilidade

- Repetível: Outros pesquisadores devem ser capazes de repetir os resultados da simulação, para trabalhos futuros;
- Imparcial: Os resultados não devem ser específicos a um único cenário utilizado no experimento;
- Realística: Os cenários e condições utilizados nas simulações precisam ser de natureza realística;
- Estatística: As execuções e análises dos experimentos devem ser baseados em princípios matemáticos.

Como Atender estes Parâmetros?

- Repetível:
  - Fornecer o código e arquivos de configuração;
  - Identificar o simulador e a versão utilizada;
  - Identificar o Sistema Operacional;
  - Identificar todas as variáveis de configuração;
  - Informar os cenários avaliados;
  - Técnicas utilizadas para evitar inicializações tendenciosas;
  - Técnicas utilizadas para analisar os resultados.

Como Atender estes Parâmetros?

- Imparcial:
  - Utilizar técnicas para resolver ou minimizar problemas de inicializações tendenciosas;
  - Geração de números aleatórios de forma realmente aleatória e que atenda os objetivos da simulação;
  - Utilizar uma variedade de cenários.
- Realística, utilizar limites realísticos para fatores como:
  - Densidade de unidades;
  - Área de cobertura das unidades;
  - Velocidade das unidades;

Como Atender estes Parâmetros?

- Estatística:
  - Utilizar técnicas para resolver ou minimizar problemas de inicializações tendenciosas;
  - Executar várias simulações;
  - Listar todos os parâmetros assumidos;

Análise dos Artigos

- Cada artigo submetido a um questionário;
- Analisado e revisado por 3 pessoas;
- 111 artigos analisados;
- 84 (76 %) utilizam simulação;
- 63 (75 %) informam qual o simulador utilizado;
- 46 (55 %) não utilizam **mobilidade** para simular redes ad hoc **móveis**;

Análise dos Artigos

- Baseado nos parâmetros de credibilidade apresentados, menos de 15 % dos artigos são passíveis de repetição;
- Mais de 90 % dos artigos apresentam resultados tendenciosos;
- Aproximadamente 12 % das simulações aparenta ser baseada em princípios matemáticos.

Análise dos Artigos
Simulador e Ambiente

Total	%	Descrição
84 de 111	76 %	Utilizaram simuladores na pesquisa
0 de 84	0 %	Disponibilizaram o código publicamente
21 de 84	25 %	Não informaram qual o simulador utilizado
63 de 84	75 %	Informaram qual o simulador utilizado
28 de 63	45 %	Utilizaram o NS-2
7 de 63	11 %	Utilizaram o GloMoSim
4 de 63	6 %	Utilizaram o QualNet
4 de 63	6 %	Utilizaram o OPNET
2 de 63	3 %	Utilizaram o CSIM
2 de 63	3 %	Utilizaram o MATLAB
16 de 63	25 %	Utilizaram simuladores proprietários ou customizados

Análise dos Artigos
Simulador e Ambiente

Total	%	Descrição
41 de 47	87 %	Não informaram a versão do simulador público utilizado
82 de 84	97 %	Não informaram qual o Sistema Operacional utilizado
6 de 84	7 %	Informaram sobre os métodos de inicialização
39 de 84	46 %	Informaram o tipo de simulação (*terminating vs. steady-state)*
0 de 84	0 %	Discutiu questões sobre o modelo de gerador de números aleatórios utilizado – *Pseudo Random Number Generator* (PRNG)

Análise dos Artigos
Parâmetros de Inicialização

Total	%	Descrição
80 de 84	95 %	Simulação com protocolos em MANET
44 de 80	55 %	Não informaram o número de unidades utilizadas
41 de 80	51 %	Não informaram a área da simulação
30 de 80	38 %	Não informaram a área de transmissão das unidades
44 de 80	55 %	Não informaram a duração das simulações
50 de 80	63 %	Não informaram a taxa de transmissão
57 de 80	71 %	Não informaram o tipo de tráfico (CBR, HTTP, ...)
47 de 80	59 %	Não informaram o número de iterações executadas
34 de 80	43 %	Utilizaram mobilidade nas simulações

Análise dos Artigos
Parâmetros de Inicialização

Total	%	Descrição
6 de 34	16 %	Não informaram a velocidade das unidades
13 de 34	34 %	Não informaram a variação de velocidade
17 de 34	45 %	Não informaram o tempo de parada das unidades
21 de 34	55 %	Não informaram a variação do tempo de parada
31 de 34	91 %	Informaram o modelo de mobilidade utilizado

Análise dos Artigos
Parâmetros de Inicialização

Total	%	Descrição
20 de 31	65 %	Utilizaram o modelo *random waypoint mobility*
2 de 31	6 %	Utilizaram a versão *steady-state* do *random waypoint* (inicialização também aleatória)
2 de 31	6 %	Utilizaram o modelo de movimentação em grupo
3 de 31	10 %	Utilizaram o modelo de mobilidade *grid/road* (estrada)
4 de 31	13 %	Utilizaram o modelo direção aleatória (ping-pong)

Análise dos Artigos
Gráficos

Total	%	Descrição
82 de 84	98 %	Utilizaram gráficos para ilustrar o resultado das simulações
72 de 82	88 %	Não colocaram intervalos de confiança nos gráficos
8 de 82	10 %	Não colocaram legendas nos gráficos
20 de 82	24 %	Não informaram as unidades dos dados

Armadilhas Comuns

- Armadilhas que impactam a credibilidade de simulações MANET. Divididas em 4 grupos:
  1. Configuração da simulação;
  2. Execução da simulação;
  3. Análise dos resultados produzidos;
  4. Publicação.

Armadilhas Comuns
1. Configuração da Simulação

- Não definir o tipo de simulação:
  - *Terminating*:
    - Condições específicas de inicio e fim;
    - Tamanho (tempo) da simulação bem definido;
    - Ex: Quanto tempo leva até que a bateria de uma das unidades da rede se esgote?
  - *Steady-State*
    - Condições de inicialização não importam;
    - Execução com tamanho (tempo) teoricamente infinitos. Não existe um evento que determine o fim da simulação;
    - Ex: Na média, qual dos dois protocolos tem a melhor taxa de entrega?

Armadilhas Comuns
1. Configuração da Simulação

- Não executar a validação e verificação do modelo:
  - Após o tipo de simulação ser definido, o modelo de simulação precisa ser preparado: protocolos implementados, compilados, testados;
  - O protocolo que está sendo avaliado precisa ser antes validado para garantir que ele realmente opera de acordo com as especificações;
  - Tarefa nem sempre trivial.

Armadilhas Comuns
1. Configuração da Simulação

- Deixar de definir variáveis de configuração:
  - NS-2 utilizam centenas de variáveis de configuração (ns-default.tcl do NS-2.27 tem 674 variáveis);
  - Isto torna difícil definir o valor padrão para cada uma delas;
  - Deve-se ao menos revisar os valores de todas as variáveis e em especial das mais básicas:
    - 3 dos 12 exemplos de arquivos de configuração do NS-2 não definem a área de transmissão das unidades.

Armadilhas Comuns
2. Execução da Simulação

- Não ajustar a semente do gerador de números aleatórios (PRNG) de maneira apropriada:
  - Se a semente não é variada, cada simulação irá produzir o mesmo resultado.
- Não inicializar o cenário corretamente:
  - Em simulações do tipo *terminating*, a rede normalmente é inicializada com um certa configuração, que representa o inicio da janela de simulação;
  - Limpar caches, filas e tabelas.

Armadilhas Comuns
2. Execução da Simulação

- Coleta de métricas:
  - Se a simulação é executada da maneira apropriada, porém o pesquisador não consegue obter os dados que estava procurando, a simulação torna-se sem valor;
- Não executar um número suficiente de vezes:
  - Uma única execução pode trazer bons resultados, entretanto não será possível ter confiança nos valores obtidos, e nem uma média conhecida.

Armadilhas Comuns
3. Análise de Resultados Produzidos

- Avaliar os resultados sobre um único conjunto de dados:
  - Simulações de eventos discretos tem natureza aleatória, dessa forma diversos conjuntos de dados devem ser analisados;
- Tendências de inicialização:
  - Simulações do tipo *steady-state* necessitam que o pesquisador se preocupe com a inicialização. A maneira mais comum de se fazer isso, mas nem sempre a mais adequada, é a de eliminar os dados iniciais obtidos com a simulação;

Armadilhas Comuns
3. Análise de Resultados Produzidos

- Análise estatística inadequada:
  - Consiste em não utilizar as fórmulas estatísticas corretas com as diferentes formas de saída. Por exemplo, utilizar a fórmula padrão para média e variância sem garantia de que os dados estejam distribuídos de maneira idêntica e independente;
- Não informar/calcular intervalos de confiança:
  - O intervalo de confiança é uma ferramenta que fornece uma faixa de valores em que nós acreditamos que o valor verdade esteja localizado;
  - Intervalos de confiança levam em consideração a aleatoriedade e a variedade de saídas de uma simulação.

Armadilhas Comuns
4. Publicação

- A grande armadilha na publicação é quebrar o critério de repetibilidade do experimento;
- Para garantir a repetibilidade todas as variáveis utilizadas nas simulações precisam ser publicadas.
- Se o NS-2 for utilizado, o conteúdo do arquivo **ns-default.tcl** precisa ser publicado.
- No caso do GloMoSim, os arquivos **config.in**, **app.conf**, **mobility.in** e **nodes.input**, caso utilizados, devem ser publicados para garantir a repetibilidade.

Novas Ferramentas

- Na tentativa de aumentar a credibilidade das simulações duas ferramentas foram criadas:
  - Visualização de simulações:
    - *interactive NS-2 protocol and environment confirmation tool* (iNSpect)
  - Caracterização de cenários:
    - SCenariO characteRizEr for Simulation (SCORES)

Novas Ferramentas
iNSpect

- O sistema visual humano é incomparável no reconhecimento de padrões, desta forma uma ferramenta visual permite entender a grande quantidade de dados produzido durante uma simulação.
- Uma ferramenta de visualização de simulações de redes sem fio permite:
  - Mostrar a topologia das unidades;
  - Validar os simuladores;
  - Analisar visualmente se os resultados obtidos condizem com aquilo que estava sendo pesquisado.

Novas Ferramentas
iNSpect

- O iNSpect é concorrente do *Network Animator* (NAM), porém este não possui o conceito de enlace entre as unidades;
- Pode ser executado baseado no arquivo de entrada do NS-2 e também no arquivo de saída (*trace file*) gerado;
- Escrito em C++ e baseado em OpenGL;
- Mostra as rotas e o sucesso ou a falha na entrega de mensagens através de cores:
  - Enviando: azul
  - Recebendo ou Recebido com falha: vermelho
  - Recebido com Sucesso: verde

Novas Ferramentas iNSpect

- No que pode ajudar:
  - Análise e validação de topologia:
    - Pode visualizar a movimentação dos nós diretamente através do arquivo de mobilidade, sem necessidade de simulação e geração de *trace file.*
  - Análise e validação de modelo:
    - Com a ajuda do iNSpect foi possível encontrar um *bug* no NS-2.27 relativo ao envio de mensagens para unidades fora do alcance da transmissora.
  - Análise dos resultados da simulação:
    - Através da visualização da simulação é possível realizar otimizações no código.

Novas Ferramentas SCORES

- Dos 84 artigos analisados, 38 traziam informações sobre os cenários avaliados, num total de 44 diferentes cenários;
- Número de unidades variou de 10 a 1000;
- Área de simulação: 40 m x 40 m a 5000 m x 5000 m;
- Área de transmissão: 10m a 1061 m;
- Muitos pesquisadores perguntam o que um cenário real válido para simulações em MANETs: o SCORES tenta avaliar e responder esta pergunta, caracterizando os cenários;

Novas Ferramentas SCORES

- Caracterizar um cenário significa categorizá-lo em parâmetros tais como:
  - Mobilidade;
  - Densidade das unidades;
  - Área de cobertura.
- Cenários categorizados podem ser melhor comparados;
- SCORES é escrito em C++;
- Baseado em parâmetros de entrada, calcula parâmetros derivados;

Novas Ferramentas SCORES

- Entrada:
  - Número de unidades;
  - Área dimensional da simulação;
  - Área de Transmissão;
- Saída:
  - Densidade das unidades;
  - Área de cobertura das unidades;
  - Porcentagem da área de simulação coberta pela área de transmissão de uma unidade (*footprint*);
  - Caminho máximo;
  - Número mínimo de saltos para o maior caminho;

Novas Ferramentas SCORES

- Saída:
  - Média do número de unidades vizinhas baseada na área de transmissão e área de simulação;
  - Taxa de alteração da topologia: baseado no arquivo de mobilidade. Calcula de maneira idealística:
    - Adição de enlaces;
    - Exclusão de enlaces;
    - Duração de enlaces;
    - Número de vizinhas;

Conclusão

- Simulações baseadas em MANETs podem ser facilmente comprometidas com relação a credibilidade;
- Diversas armadilhas envolvendo credibilidade foram apresentadas;
- Os critérios para que uma simulação MANETs seja bem sucedida foram apresentados:
  - Repetível;
  - Imparcial;
  - Realística;
  - Estatística.

Conclusão

- Os erros mais comuns, analisados nos artigos MoBiHoc (2000 a 2004), foram documentados;
- Este artigo procura ser um guia para melhorar a credibilidade dos trabalhos de pesquisa em MANETs;
- Duas novas ferramentas para ajudar na credibilidade foram apresentadas:
  - iNSpect: ferramenta de visualização;
  - SCORES: ferramenta de caracterização de cenários;

Mais Informações

- iNSpect e SCORES:
  - http://toilers.mines.edu/Public/Tools
- Artigo original em que esta apresentação foi baseada:
  - http://toilers.mines.edu/pub/Public/PublicationList/CSM-MCS-05-02.pdf
  - Publicado em fevereiro de 2005
- Esta apresentação:
  - Apresentada em 04 de junho de 2007
  - Reapresentação em 18 de novembro de 2009