



Protocolo Híbrido de comunicação em RSSF móvel
com coordenação baseada em enxame de robôs
com comunicação contínua com a base

Gutierre Andrade Duarte

Roteiro

1. Introdução

2. Revisão de Protocolos Existentes

3. Redes de Sensores Sem Fio com Topologia Móvel

4. Enxames de Robôs

5. Enxame de Partículas para Coordenar as RSSF Móveis

6. Coordenação

7. Protocolo Proposto para RSSF Móveis

8. Experimentos e Resultados

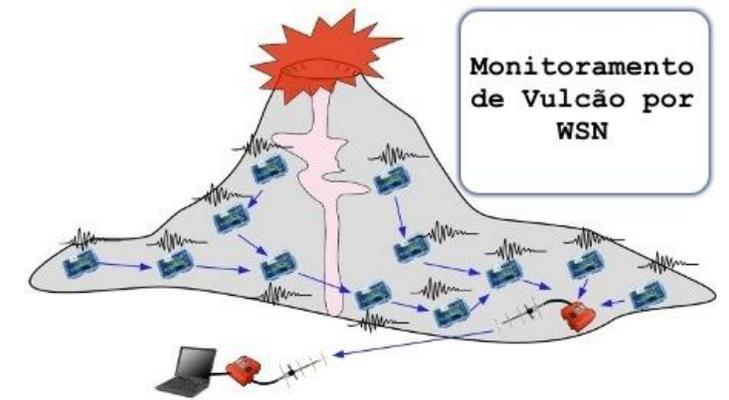
9. Conclusões e Trabalhos Futuros

Introdução

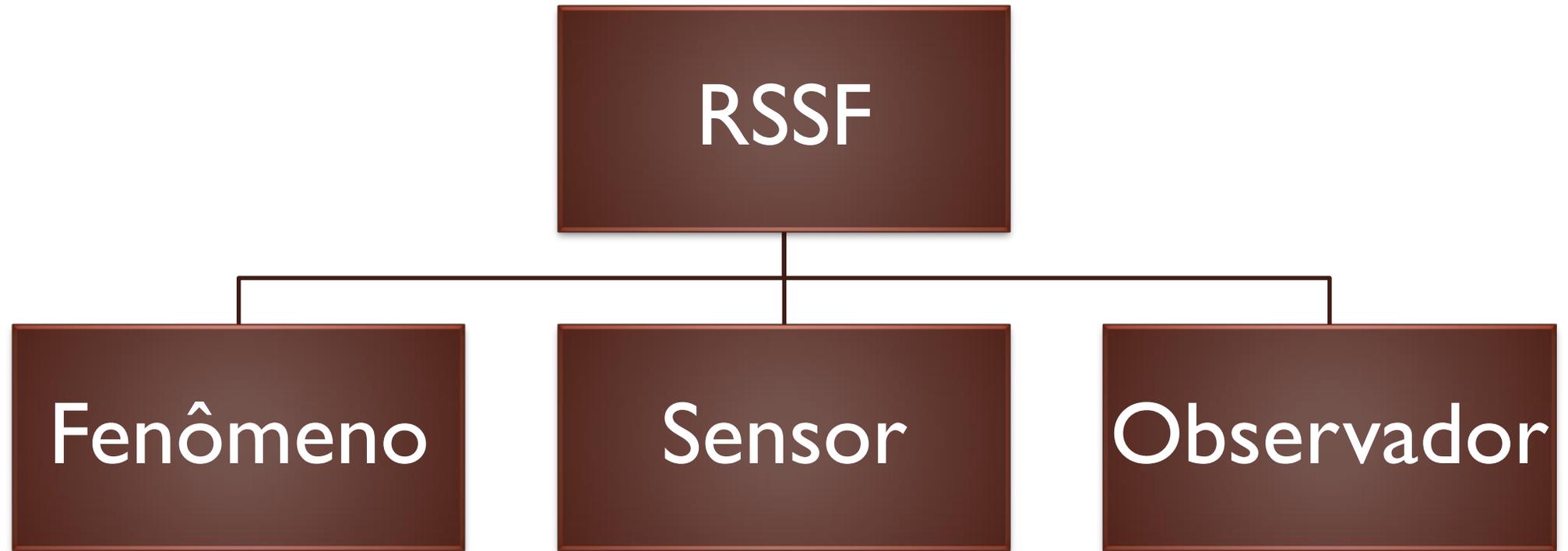
- O grande avanço tecnológico nas áreas de sensores, circuitos integrados e comunicação sem fio proporcionou o surgimento das redes de sensores sem fio (RSSF).
- Nesses últimos anos este tipo de rede tem sido muito mais usada e também alvo de pesquisadores.
- As RSSF são usadas com objetivos de monitoramentos, rastreamentos e coordenação. Principalmente em áreas não acessíveis a seres humanos.

Introdução

- Aplicações típicas das RSSF
 - Uso militar (Vigilância)
 - Monitoramento Ambiental
 - Automação predial
 - Automação industrial
 - Engenharia
 - Tráfego



Introdução



Introdução

- Fenômeno
 - Informações/dados
 - Alvos
- Sensor
 - Monitora o fenômeno sob análise
 - Formação: processador, rádio para comunicação, conversores, memória e bateria
- Observador
 - Corresponde ao usuário final

Introdução

- Como as RSSF mais especificamente em Topologia Móvel se diferenciam muito das redes tradicionais, surge a necessidade de protocolos de comunicação voltados para este tipo de rede, principalmente pela mobilidade dos nós sensores da rede.
- Premissas necessárias aos protocolos de comunicação
 - Topologia desconhecida
 - Sem manutenção
 - Consumo de energia é crítico
 - Alta taxa de falhas

Roteiro

1. Introdução

2. Revisão de Protocolos Existentes

3. Redes de Sensores Sem Fio com Topologia Móvel

4. Enxames de Robôs

5. Enxame de Partículas para Coordenar as RSSF Móveis

6. Coordenação

7. Protocolo Proposto para RSSF Móveis

8. Experimentos e Resultados

9. Conclusões e Trabalhos Futuros

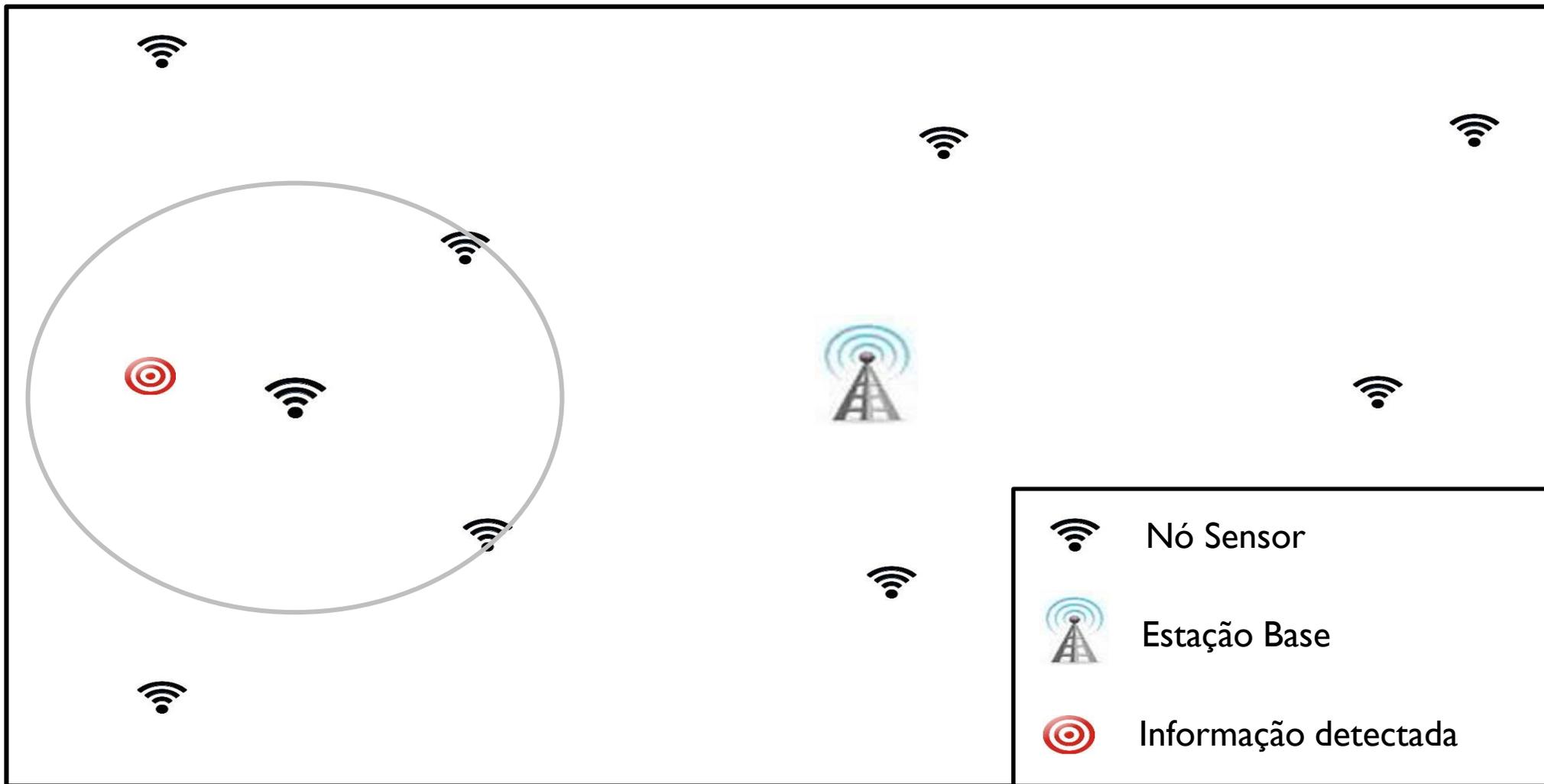
Revisão de Protocolos Existentes

- Foi feita uma revisão de alguns protocolos tradicionais.
- Serão apresentados os principais estudado, como:
 - *Flooding*
 - *Gossiping*

Revisão de Protocolos Existentes

- *Flooding*:
 - Mensagem é enviada por um ou mais nós na rede;
 - Mensagem é retransmitida por todos os nós da rede;
 - O nó retransmite para todos os outros nós em seu alcance com exceção do nó que lhe enviou a mensagem.

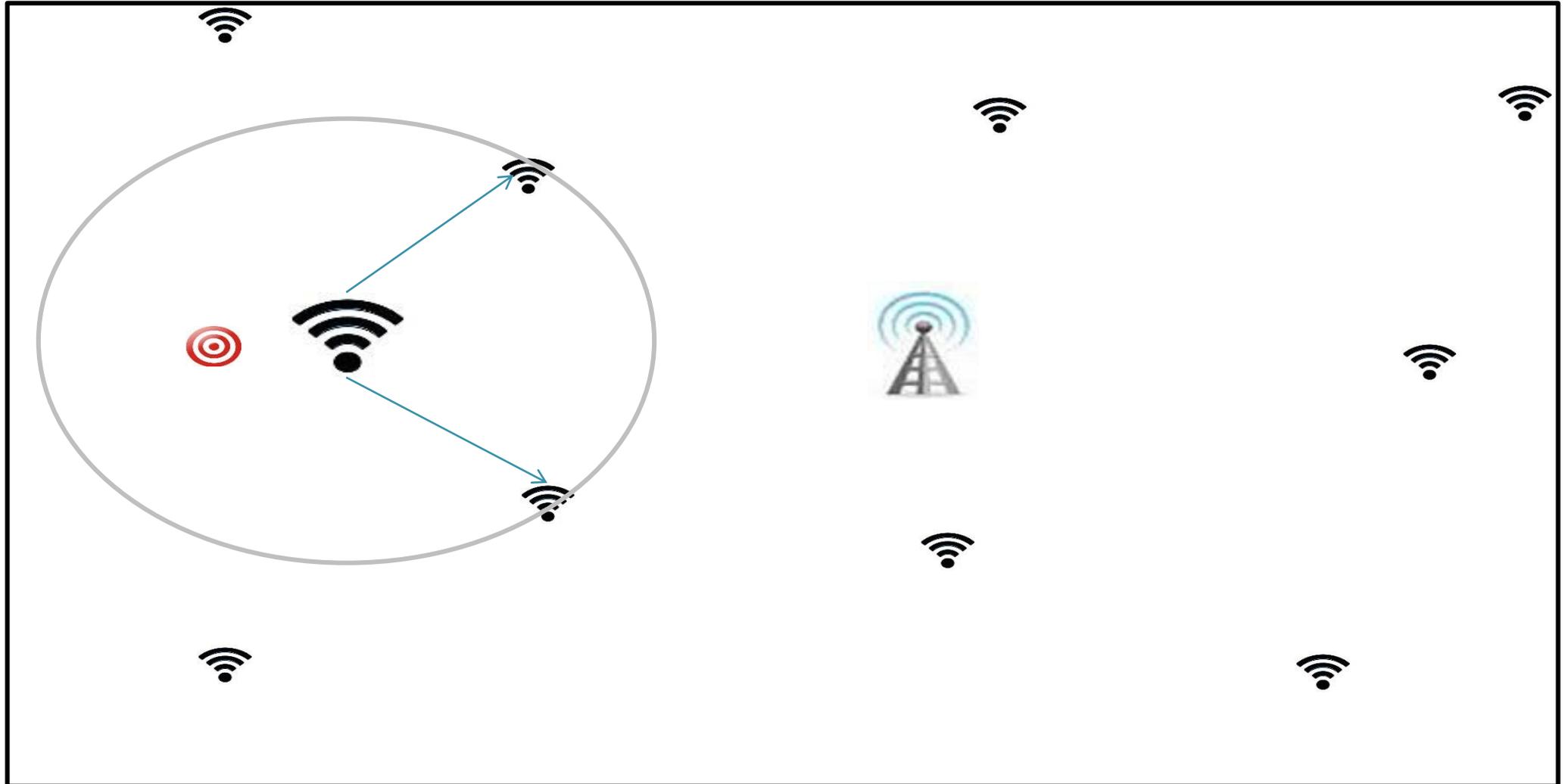
Legenda



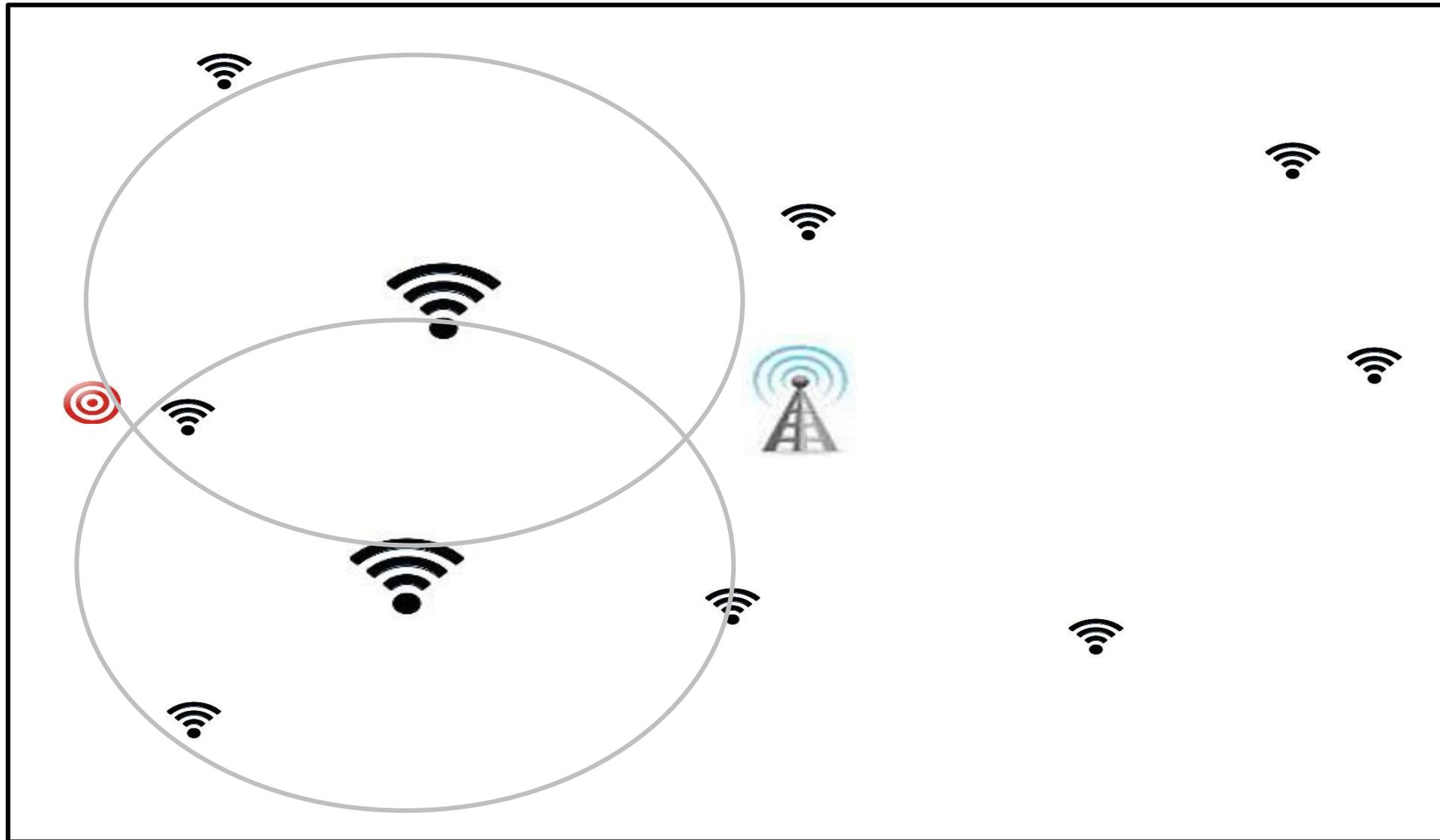
Flooding



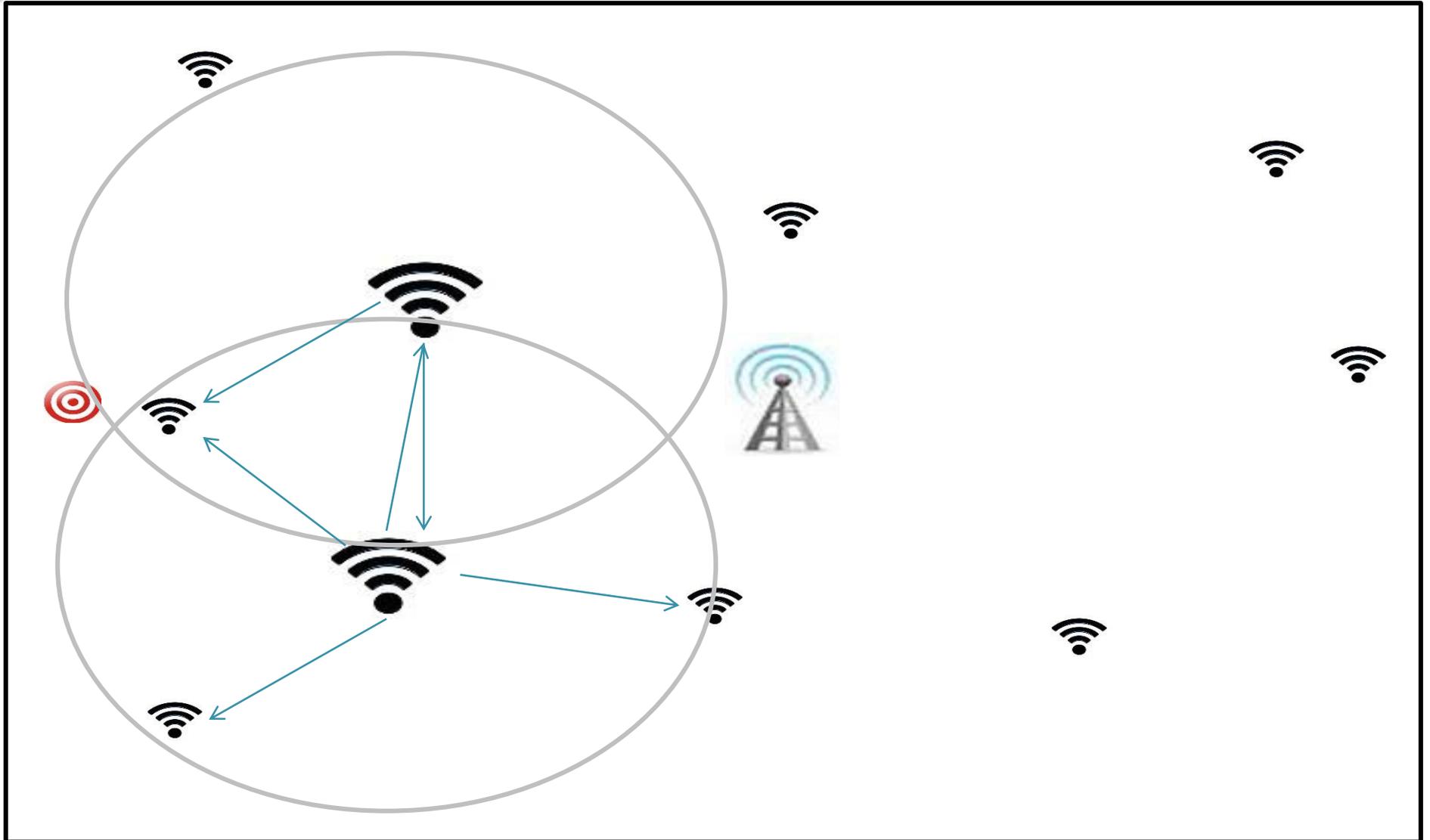
Flooding



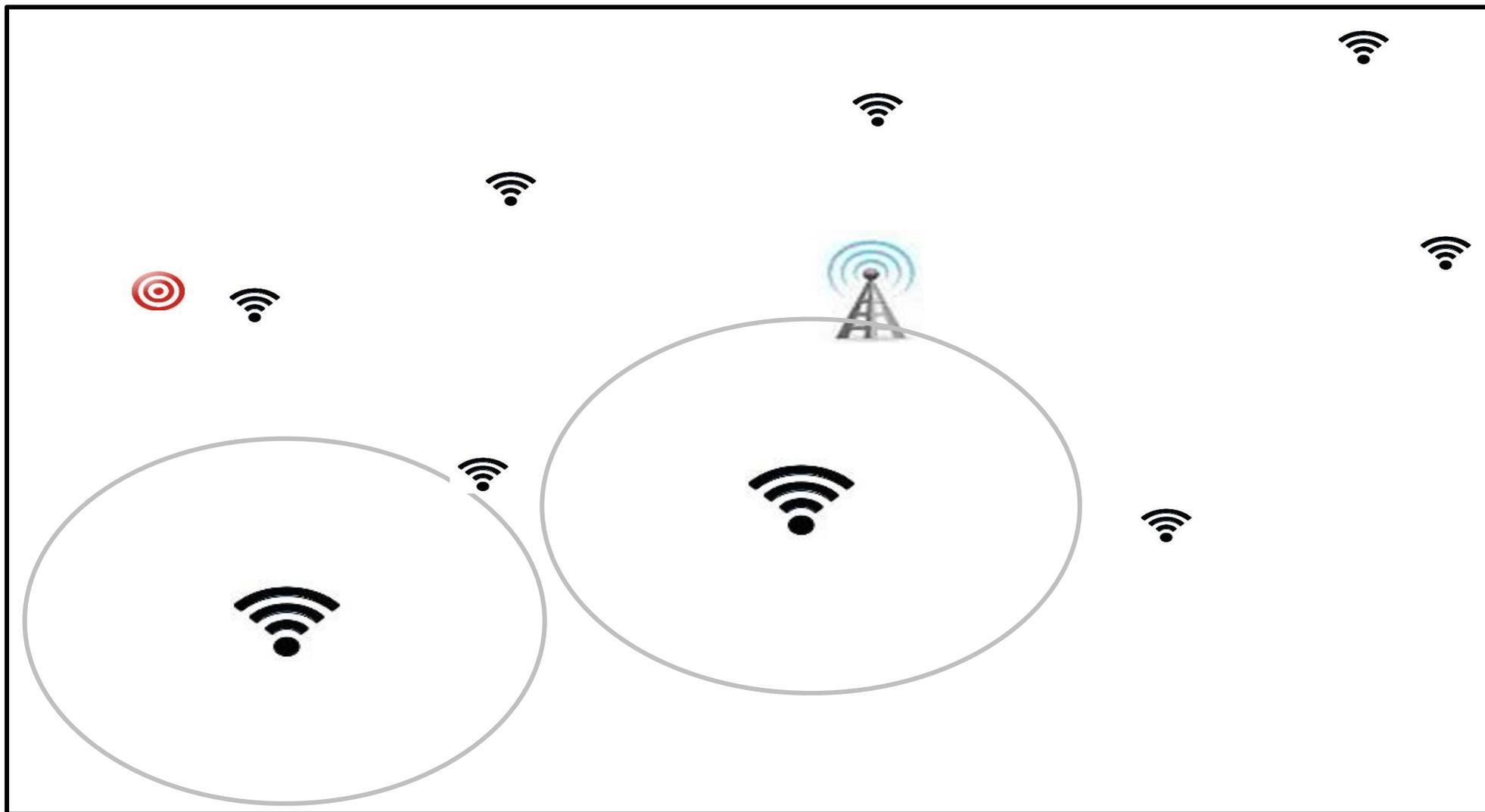
Flooding



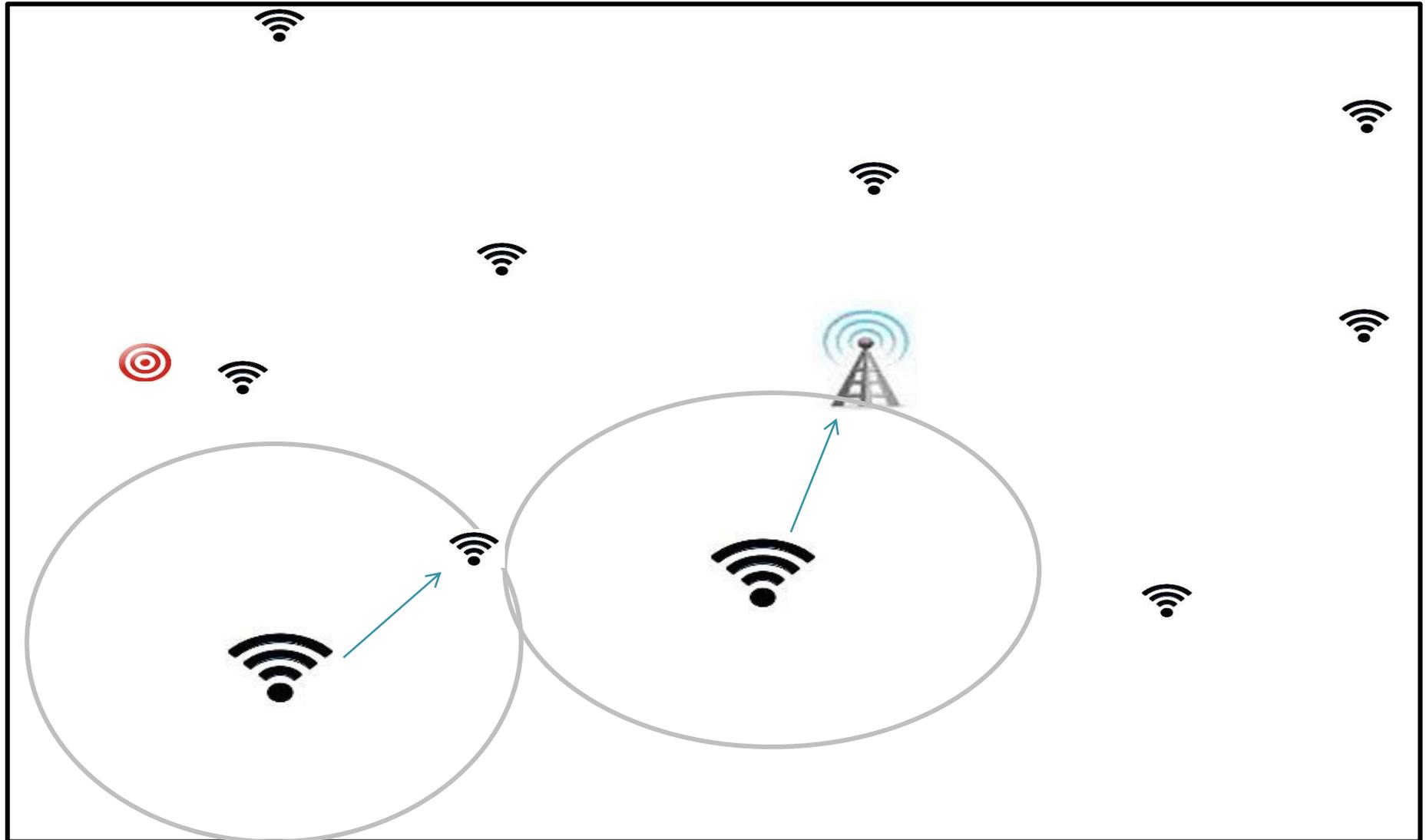
Flooding



Flooding

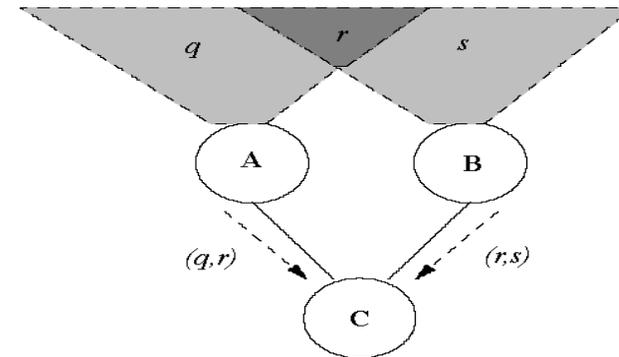
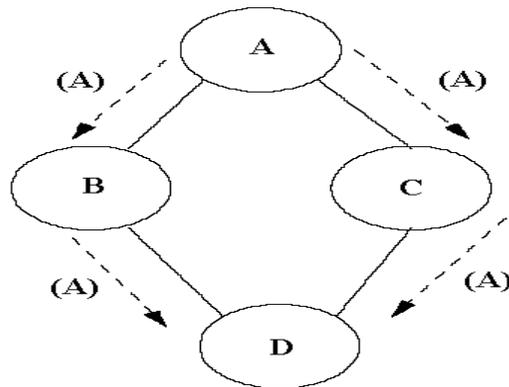


Flooding



Flooding

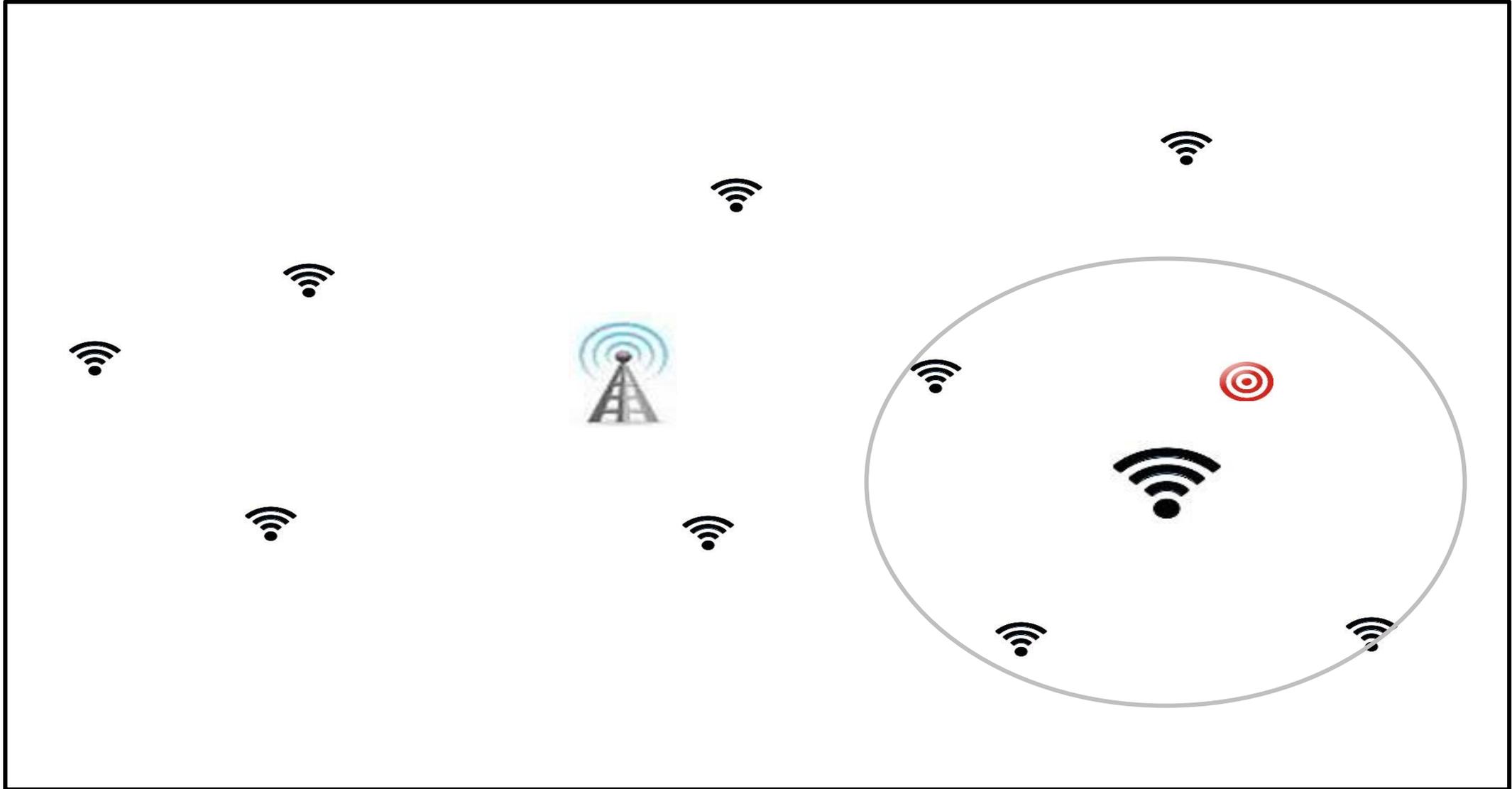
- Problemas no *Flooding*:
 - Implosão – quando um nó recebe o mesmo pacote mais de uma vez.
 - Sobreposição – quando a mesma informação contém em pacotes diferentes.



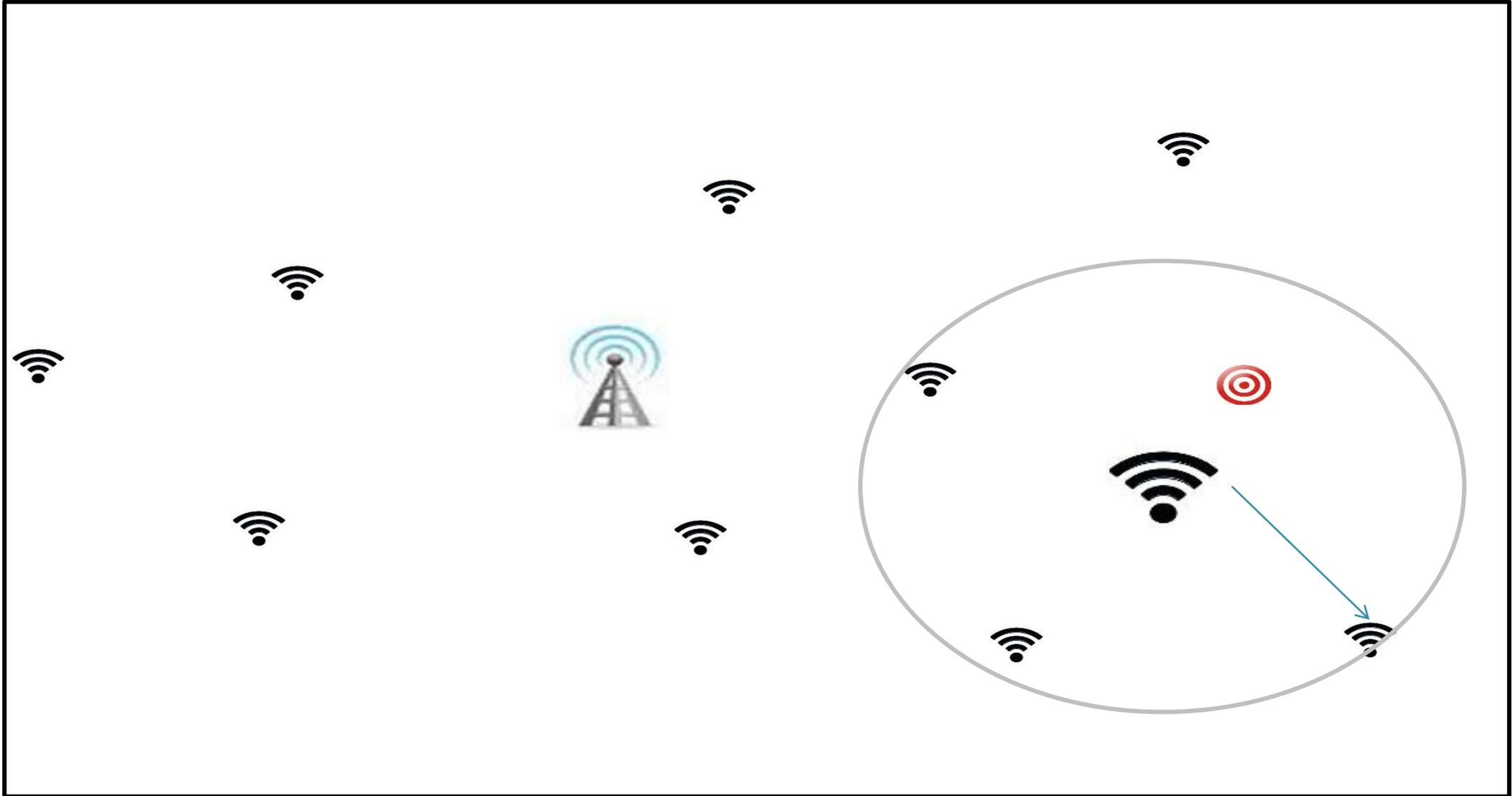
Revisão de Protocolos Existentes

- *Gossiping*
 - Mensagem é enviada por um nó por vez na rede;
 - Mensagem é retransmitida por apenas um nó que é escolhido aleatoriamente;
 - O nó que está com o pacote sempre escolhe um de seus vizinhos para fazer a retransmissão;
 - Esse procedimento acontece até que a mensagem chegue no destino.

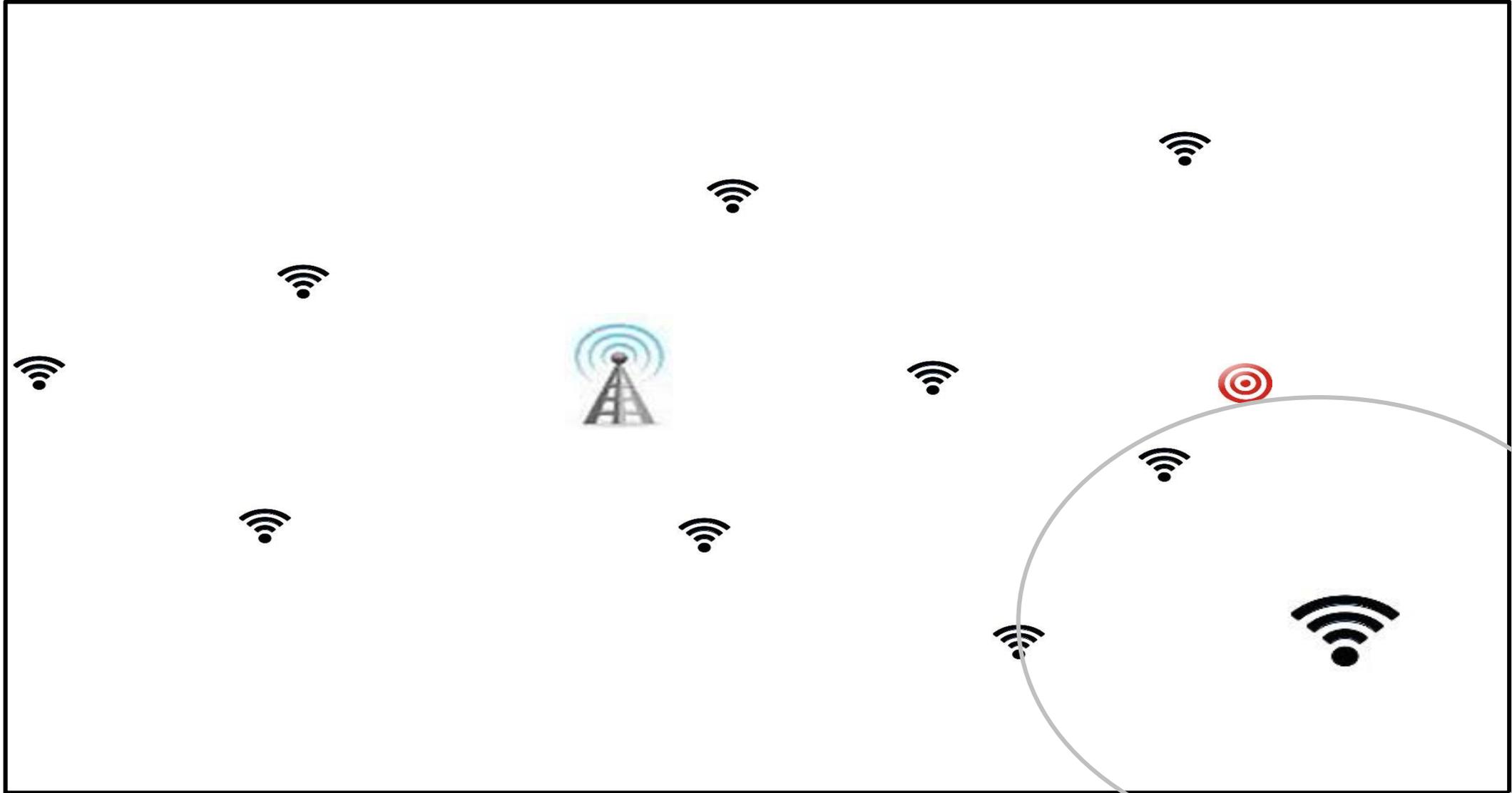
Gossiping



Gossiping



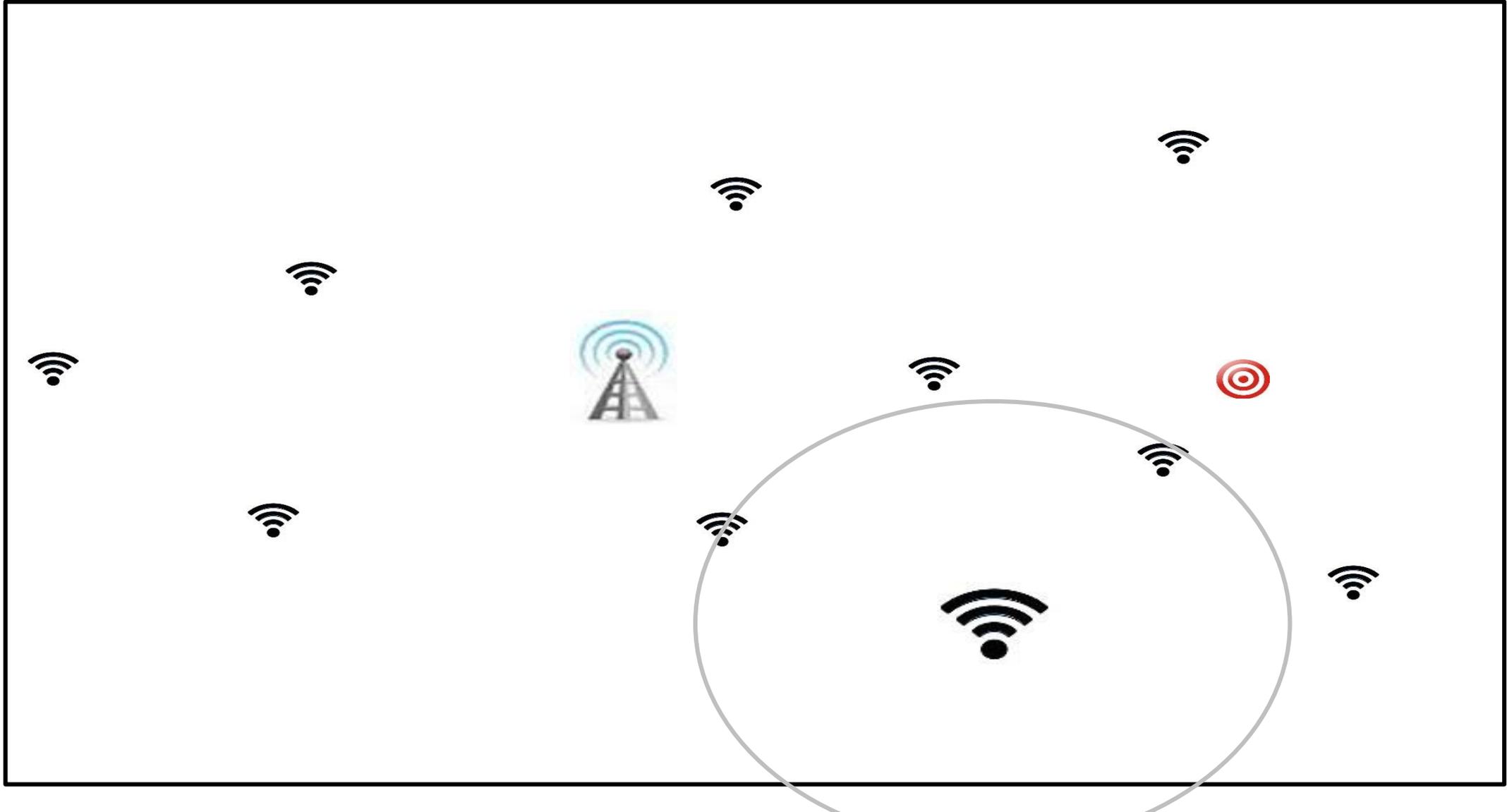
Gossiping



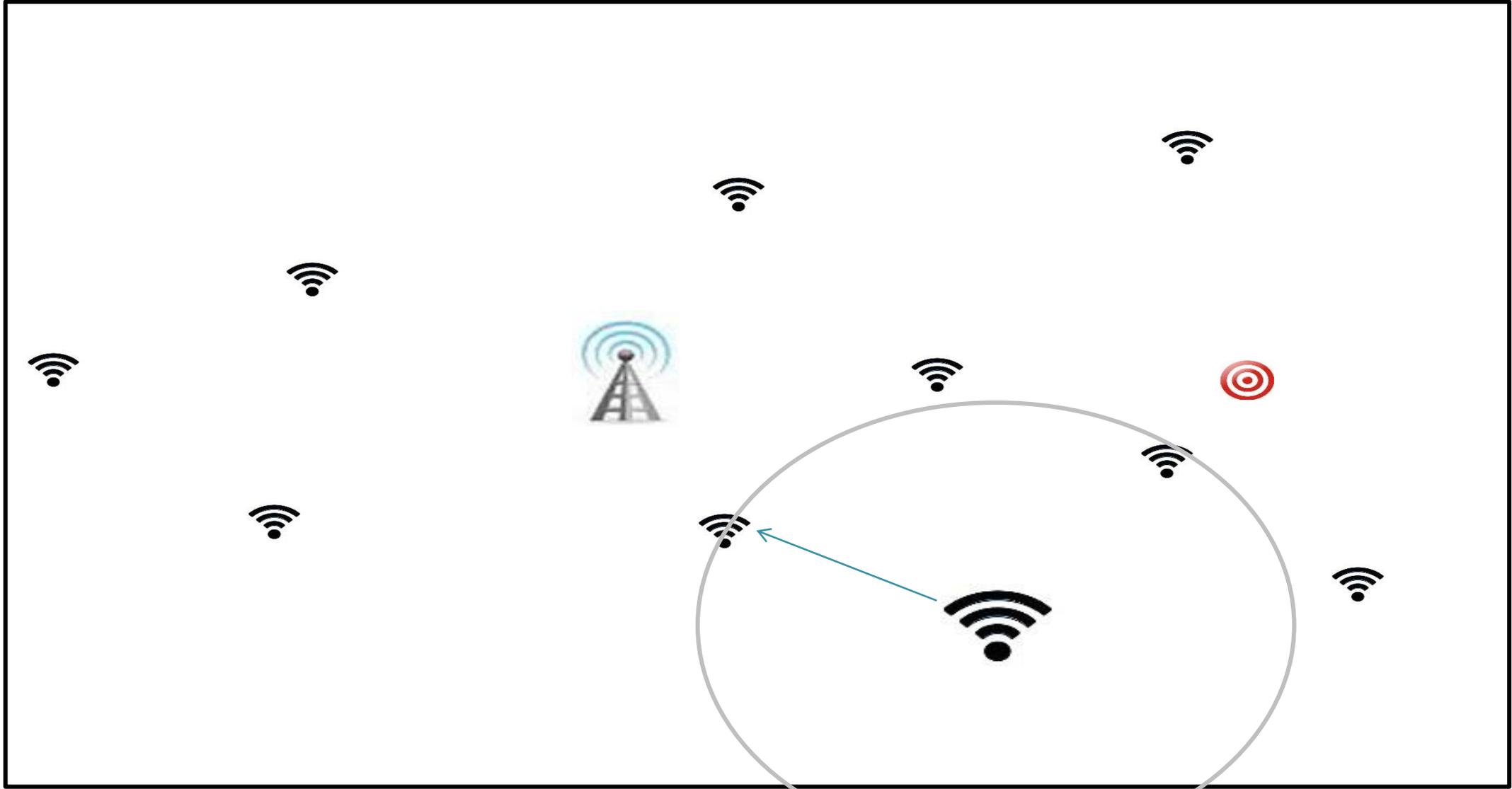
Gossiping



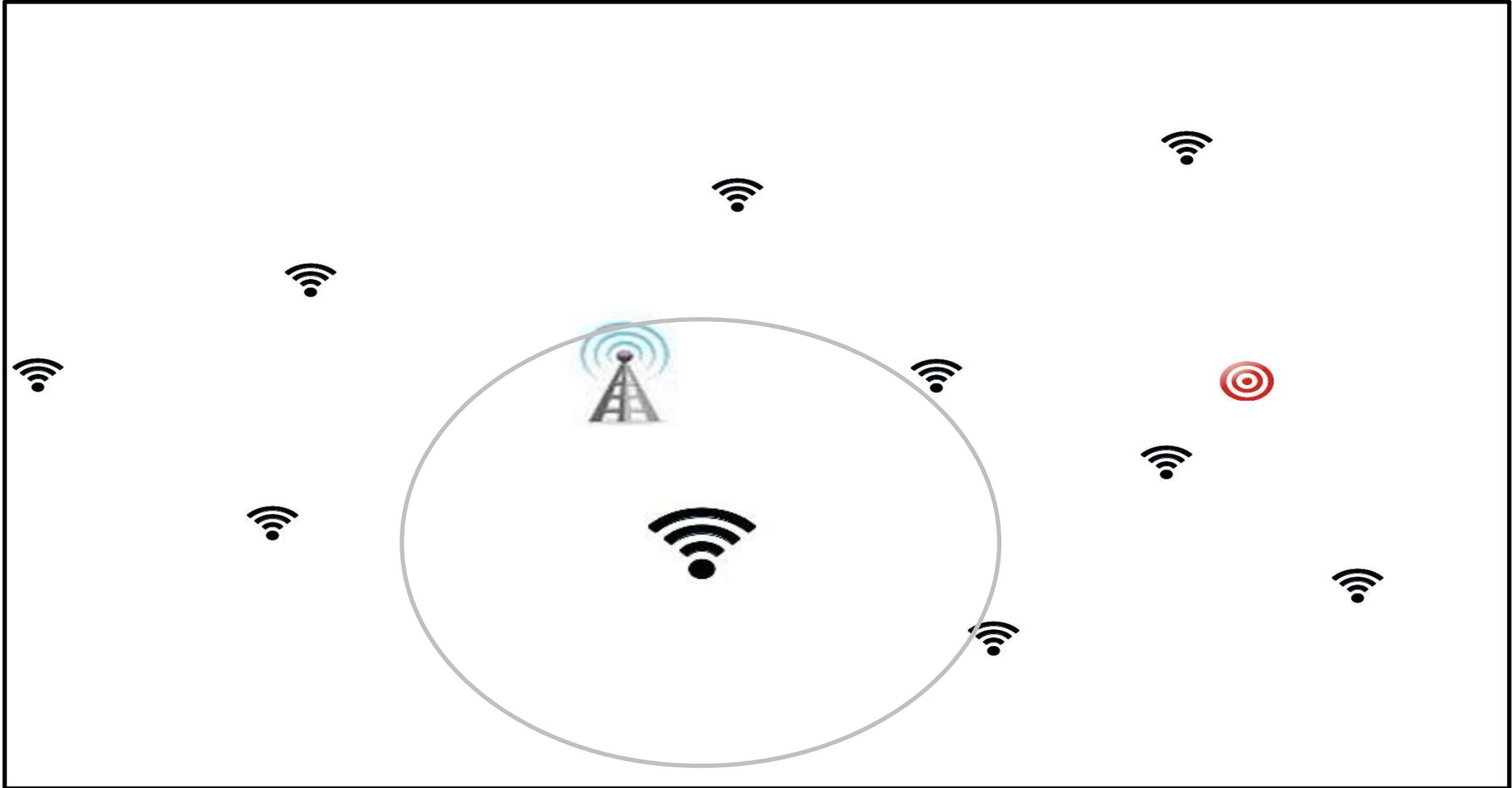
Gossiping



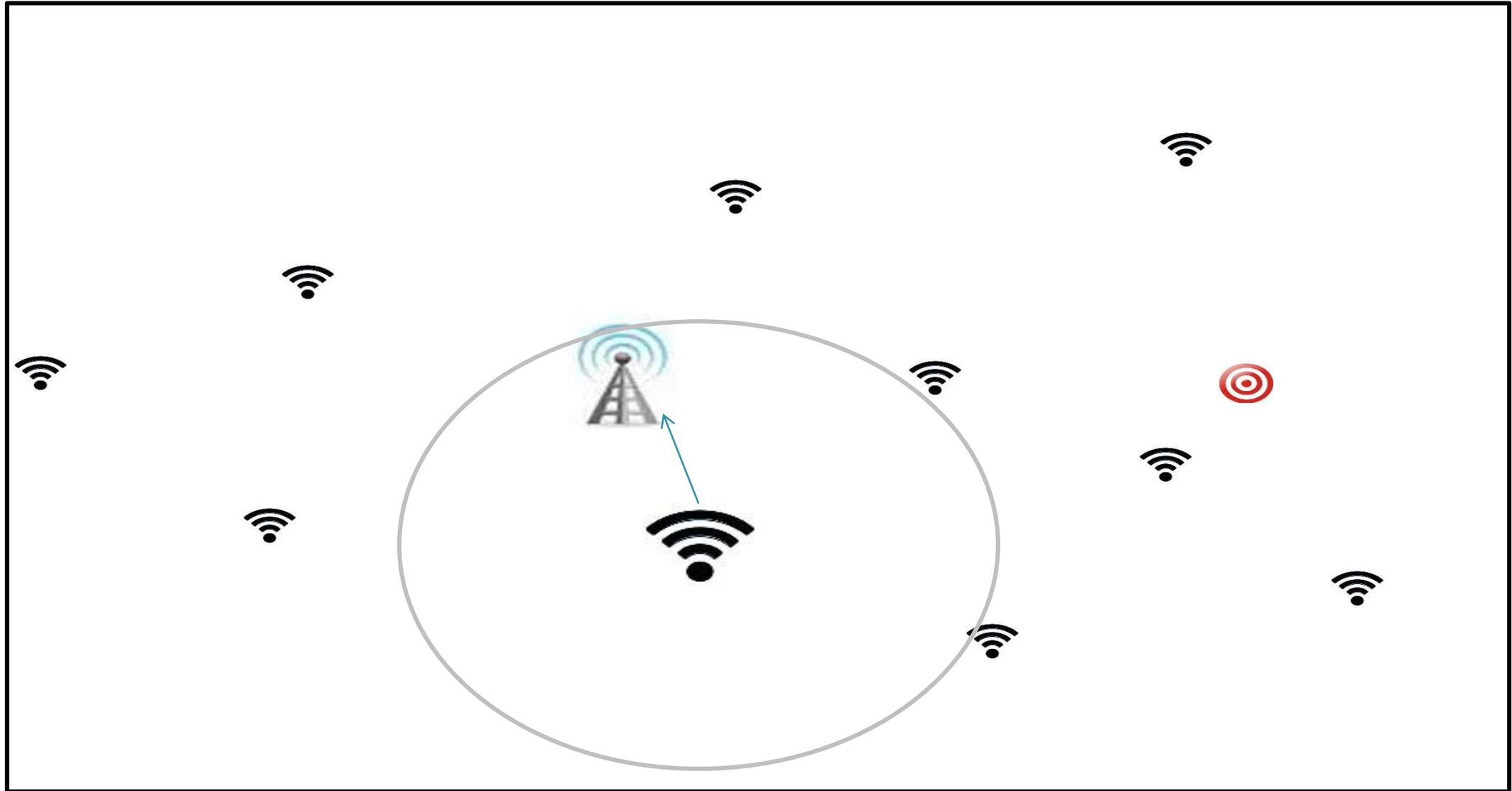
Gossiping



Gossiping



Gossiping



Gossiping

- Problemas no *Gossiping*:
 - Tempo de propagação da informação na rede se torna muito grande.

Roteiro

1. Introdução
2. Revisão de Protocolos Existentes
- 3. Redes de Sensores Sem Fio com Topologia Móvel**
4. Enxames de Robôs
5. Enxame de Partículas para Coordenar as RSSF Móveis
6. Coordenação
7. Protocolo Proposto para RSSF Móveis
8. Experimentos e Resultados
9. Conclusões e Trabalhos Futuros

RSSF com Topologia Móvel

- É dinâmica, tem uma topologia que muda constantemente.
- Os nós sensores vizinhos mudam constantemente.

RSSF com Topologia Móvel

- Algumas formas de coordenação da topologia das redes móveis:
 - Sistemas multiagentes
 - Os SMA são sistemas compostos por múltiplos agentes, que exibem um comportamento autônomo mas ao mesmo tempo interagem com os outros agentes presentes no sistema.
 - Enxames de partículas
 - A partir de reações simples ao ambiente e ao comportamento dos vizinhos emerge comportamento cooperativo da interação das partículas na realização de uma tarefa.

Roteiro

1. Introdução
2. Revisão de Protocolos Existentes
3. Redes de Sensores Sem Fio com Topologia Móvel
4. Enxames de Robôs
- 5. Enxame de Partículas para Coordenar as RSSF Móveis**
6. Coordenação
7. Protocolo Proposto para RSSF Móveis
8. Experimentos e Resultados
9. Conclusões e Trabalhos Futuros

Enxame de Partículas na Coordenação de RSSF Móveis

- Enxame de Partícula é o termo utilizado para designar sistemas de inteligência artificial onde o comportamento coletivo dos indivíduos em uma população soluciona determinados problemas.
- São formados por uma população de agentes interagindo localmente com o outro e com o ambiente.
- A inspiração na maioria das vezes vem da natureza, especialmente sistemas biológicos.

Enxame de Partículas na Coordenação de RSSF Móveis

- PSO – (*Particle Swarm Optimization*), Otimização por enxame de partículas é um algoritmo de otimização onde a solução é representada pela posição da partícula.
- Este algoritmo foi desenvolvido com inspiração no movimento de um bando de pássaros.

Coordenação do PSO

- Equação de posicionamento

$$\vec{X}(t+1) = \vec{X}(t) + \vec{V}(t+1)$$

- Equação de velocidade

$$\vec{V}_{(t+1)} = \omega \cdot \vec{V}_{(t)} + c1 \cdot r1 \cdot (\vec{P}_{best(t)} - \vec{X}_{(t)}) + c2 \cdot r2 \cdot (\vec{L}_{best(t)} - \vec{X}_{(t)})$$

- O algoritmo PSO pode ser usado na coordenação das Redes de Sensores Sem Fio com Topologia Móvel utilizando essa equação de velocidade.

Roteiro

1. Introdução
2. Revisão de Protocolos Existentes
3. Redes de Sensores Sem Fio com Topologia Móvel
4. Enxames de Robôs
5. Enxame de Partículas para Coordenar as RSSF Móveis
- 6. Coordenação**
7. Protocolo Proposto para RSSF Móveis
8. Experimentos e Resultados
9. Conclusões e Trabalhos Futuros

Coordenação

- Já existem diversas adaptações dos algoritmos de enxames funcionando como algoritmo de robôs.
- É o caso de um trabalho iniciado por alunos e professores na Universidade de Pernambuco.
- Esta ferramenta simula atividades de patrulha territorial e rastreamento de alvos móveis compartilhando informações por meio de uma rede de comunicações *ad hoc*.
- No trabalho de Pinheiro , foi desenvolvida uma ferramenta para simular um enxame de robôs atuando em patrulhamento territorial e rastreamento de alvos móveis. No trabalho os pesquisadores simplesmente transmitiam as informações para os robôs vizinhos, sem prever retransmissão ou concentração das informações no nó sorvedouro.

Coordenação

- Para a coordenação dos UAVs (Veículos aéreos não tripulados) Pinheiro usou as equações do algoritmo PSO.
- Equação de posicionamento

$$\vec{X}(t+1) = \vec{X}(t) + \vec{V}(t+1)$$

- Equação de velocidade

$$\vec{V}_{(t+1)} = \omega \cdot \vec{V}_{(t)} + c1 \cdot r1 \cdot (\vec{P}_{best(t)} - \vec{X}_{(t)}) + c2 \cdot r2 \cdot (\vec{L}_{best(t)} - \vec{X}_{(t)}) + \vec{A}_{COL} + \vec{A}_{COM}$$

Coordenação

- Percebemos que mesmo com a adição dos novos termos propostos por Pinheiro, durante uma simulação não se caracterizava uma RSSF, principalmente pelo fato de que os UAVs não se comunicavam com a base.
- Com o intuito de fazer alterações de melhoria nesta ferramenta, propomos mudanças na equação de velocidade com o objetivo de otimizar a coordenação dos UAVs.
 - Equação de velocidade proposta:

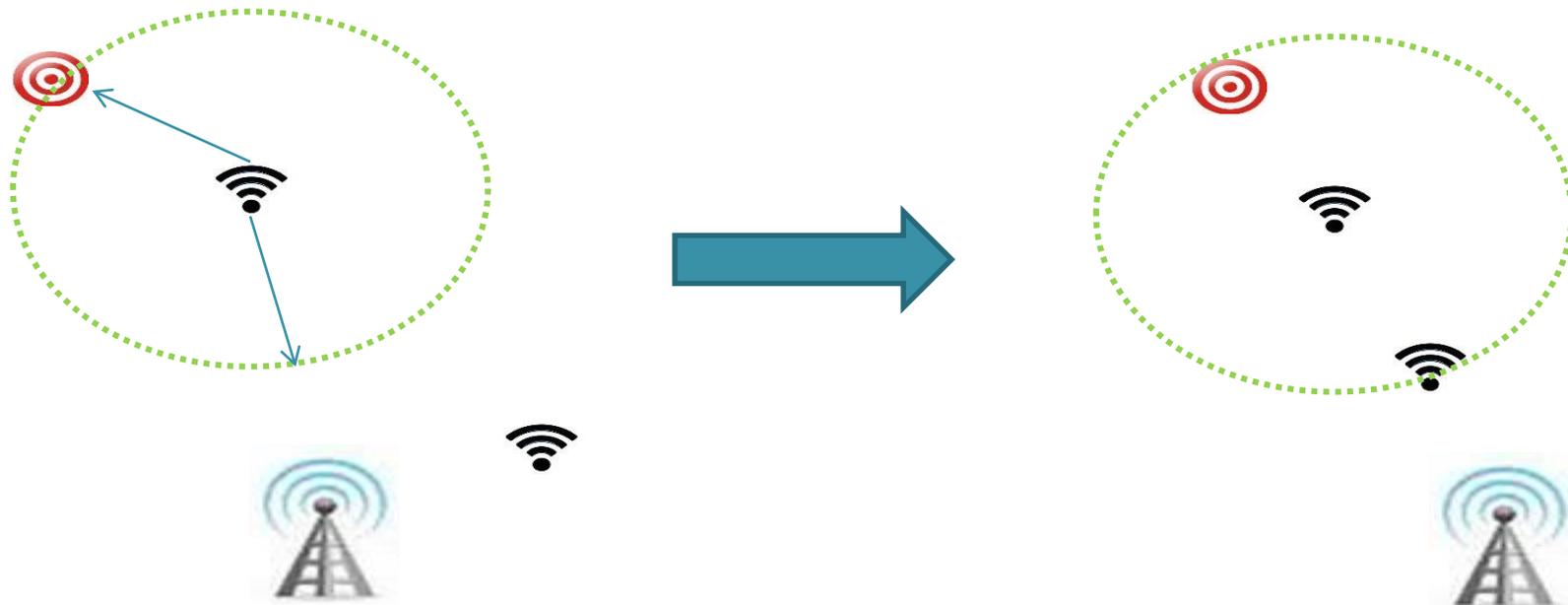
$$\vec{V}_{(t+1)} = \omega \cdot \vec{V}_{(t)} + c1 \cdot r1 \cdot (\vec{P}_{best(t)} - \vec{X}_{(t)}) + c2 \cdot r2 \cdot (\vec{L}_{best(t)} - \vec{X}_{(t)}) + \vec{A}_{COL} + \vec{A}_{COM} + (c3 \cdot r3 \cdot \text{boolean} \cdot (\vec{X}_{base(t)} - \vec{X}_{(t)}))$$

$$\vec{a}_{correcao} = B \times \vec{a}_{base} \times c_3 \times r_3$$

Trabalho Desenvolvido

- Nós propomos:

$$(c3 \cdot r3 \cdot \text{boolean} \cdot (\vec{X}_{\text{base}(t)} - \vec{X}_{(t)}))$$



Roteiro

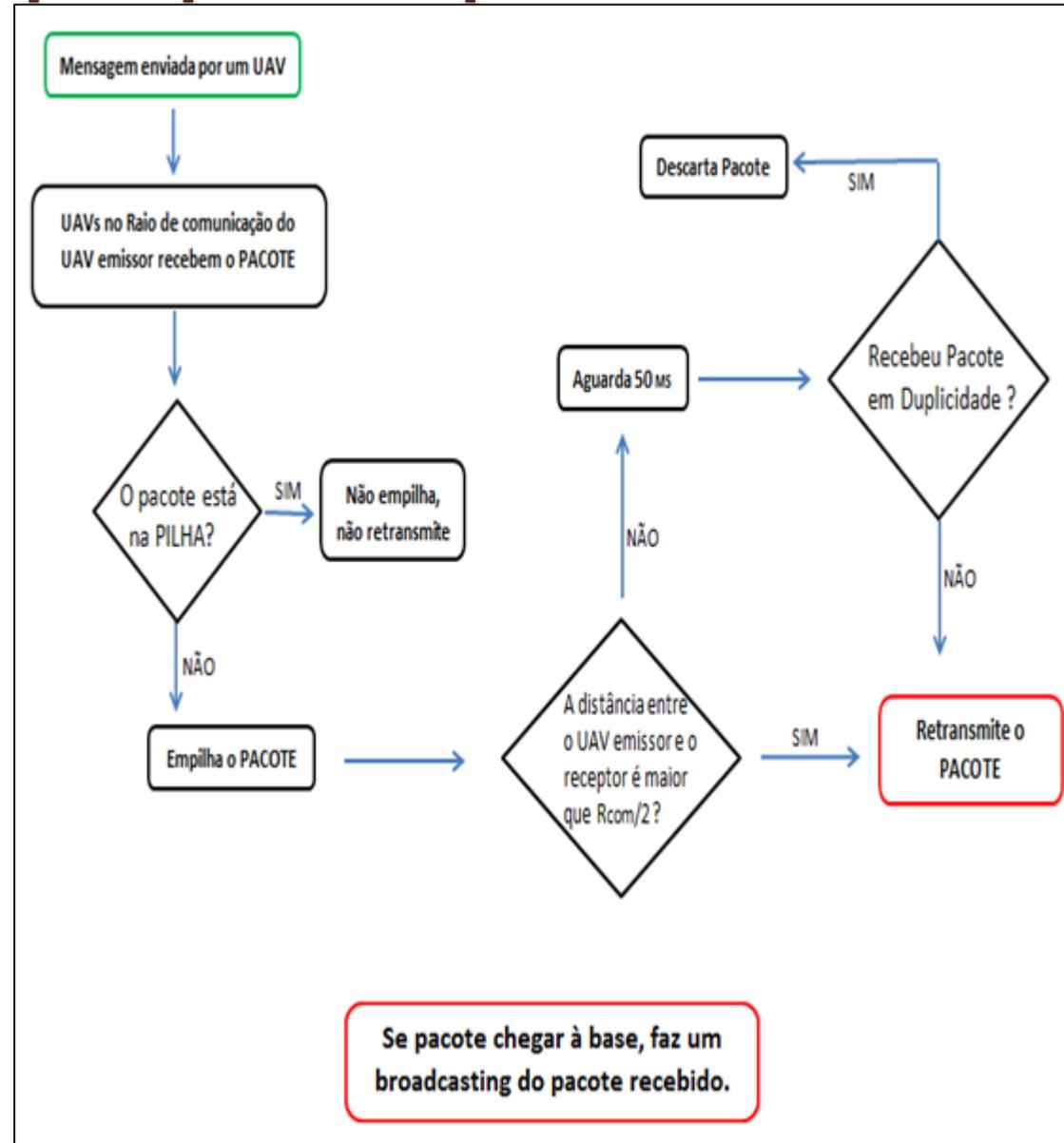
1. Introdução
2. Revisão de Protocolos Existentes
3. Redes de Sensores Sem Fio com Topologia Móvel
4. Enxames de Robôs
5. Enxame de Partículas para Coordenar as RSSF Móveis
6. Coordenação
- 7. Protocolo Proposto para RSSF Móveis**
8. Experimentos e Resultados
9. Conclusões e Trabalhos Futuros

Protocolo Proposto para RSSF Móveis

- Premissas

- Igualdade entre os nós sensores
- Fixação da estação base ou sorvedouro
- Mobilidade dos nós sensores
- Pacotes de dados transmitidos pelos nós sensores
- Empilhamento dos pacotes
- Retransmissão de pacotes
- *Broadcasting* de pacotes pela base
- Formato do pacote

Protocolo proposto para RSSF Móveis



Protocolo Proposto

Pacote do Tipo 1: Nó sensor pergunta se tem comunicação com a base.

ID	Tipo	Nº UAV Origem	Nº UAV Retrans	X UAV Origem	Y UAV Origem	X UAV Retrans	Y UAV Retrans		
32 bits	1	32 bits	32 bits	32 bits	32 bits	32 bits	32 bits		

Pacote do Tipo 3: Base responde que nó sensor possui comunicação.

ID	Tipo	Nº UAV Origem		X UAV Origem	Y UAV Origem				
32 bits	3	32 bits		32 bits	32 bits				

Protocolo Proposto

Pacote do Tipo 2: Nó sensor informa que detectou alvo.

ID	Tipo	Nº UAV Origem	Nº UAV Retrans	X UAV Origem	Y UAV Origem	X UAV Retrans	Y UAV Retrans	X Alvo	Y Alvo
32 bits	2	32 bits	32 bits	32 bits	32 bits	32 bits	32 bits	32 bits	32 bits

Pacote do Tipo 4: Base espalha uma informação de alvo detectado.

ID	Tipo	Nº UAV Origem		X UAV Origem	Y UAV Origem			X Alvo	Y Alvo
32 bits	4	32 bits		32 bits	32 bits			32 bits	32 bits

Protocolo Proposto

1: Nó sensor envia um pacote

ID	Tipo	Nº UAV Origem		X UAV Origem	Y UAV Origem				
32 bits	1	32 bits		32 bits	32 bits				

2: **Loop:**

3: Nó sensor recebe pacote;

4: Compara se o pacote já existe na pilha (ID, Tipo, Nº UAV Origem);

5: Se sim: não empilha e não retransmite;

6: Se não: empilha;

7: Pacote empilhado, calcula a distância entre o emissor e receptor:

8: Se distância < Raio de Comunicação / 2;

9: Aguarda T iterações;

10: Se receber pacote igual, não retransmite;

11: Retransmite o pacote:

ID	Tipo	Nº UAV Origem	Nº UAV Retrans	X UAV Origem	Y UAV Origem	X UAV Retrans	Y UAV Retrans		
32 bits	1	32 bits	32 bits	32 bits	32 bits	32 bits	32 bits		

12: Se distância > Raio de Comunicação / 2;

13: Retransmite o pacote:

ID	Tipo	Nº UAV Origem	Nº UAV Retrans	X UAV Origem	Y UAV Origem	X UAV Retrans	Y UAV Retrans		
32 bits	1	32 bits	32 bits	32 bits	32 bits	32 bits	32 bits		

14: **End Loop;**

Protocolo Proposto

1: Nó sensor envia um pacote

ID	Tipo	Nº UAV Origem	X UAV Origem	Y UAV Origem	X Alvo	Y Alvo
32 bits	2	32 bits	32 bits	32 bits	32 bits	32 bits

2: **Loop:**

3: Nó sensor recebe pacote;

4: Compara se o pacote já existe na pilha (ID, Tipo, Nº UAV Origem);

5: Se sim: não empilha e não retransmite;

6: Se não: empilha;

7: Pacote empilhado, calcula a distância entre o emissor e receptor:

8: Se distância < Raio de Comunicação / 2;

9: Aguarda T iterações;

10: Se receber pacote igual, não retransmite;

11: Retransmite o pacote:

ID	Tipo	Nº UAV Origem	Nº UAV Retrans	X UAV Origem	Y UAV Origem	X UAV Retrans	Y UAV Retrans	X Alvo	Y Alvo
32 bits	2	32 bits	32 bits	32 bits	32 bits	32 bits	32 bits	32 bits	32 bits

12: Se distância > Raio de Comunicação / 2;

13: Retransmite o pacote:

ID	Tipo	Nº UAV Origem	Nº UAV Retrans	X UAV Origem	Y UAV Origem	X UAV Retrans	Y UAV Retrans	X Alvo	Y Alvo
32 bits	2	32 bits	32 bits	32 bits	32 bits	32 bits	32 bits	32 bits	32 bits

14: **End Loop;**

Protocolo Proposto

1: Estação base recebe pacote

ID	Tipo	Nº UAV Origem	Nº UAV Retrans	X UAV Origem	Y UAV Origem	X UAV Retrans	Y UAV Retrans		
32 bits	1 ou 2	32 bits	32 bits	32 bits	32 bits	32 bits	32 bits		

2: Se for pacote do tipo 1:

3: Estação base converte em pacote do tipo 3, nesta conversão o único campo alterado é o tipo do pacote, já os campos de coordenadas e do Nº do UAV Retransmissor são apagados,;

4: Faz um broadcasting do pacote;

ID	Tipo	Nº UAV Origem		X UAV Origem	Y UAV Origem				
32 bits	3	32 bits		32 bits	32 bits				

5: Se for pacote do tipo 2:

6: Estação base converte em pacote do tipo 4, nesta conversão o único campo alterado é o tipo do pacote, já os campos de coordenadas e do Nº do UAV Retransmissor são apagados;

7: Faz um broadcasting do pacote;

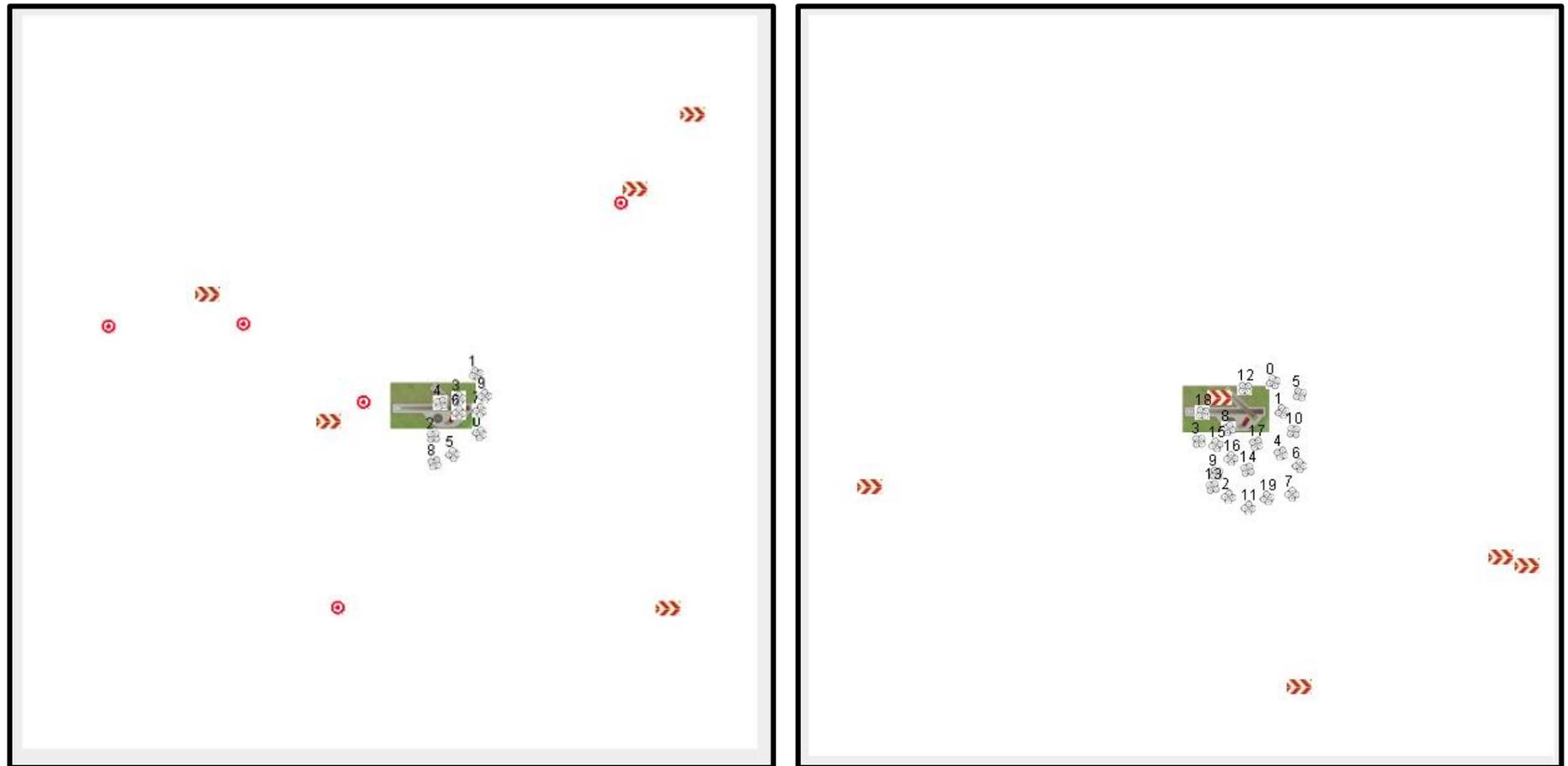
ID	Tipo	Nº UAV Origem		X UAV Origem	Y UAV Origem			X Alvo	Y Alvo
32 bits	4	32 bits		32 bits	32 bits			32 bits	32 bits

Roteiro

1. Introdução
2. Revisão de Protocolos Existentes
3. Redes de Sensores Sem Fio com Topologia Móvel
4. Enxames de Robôs
5. Enxame de Partículas para Coordenar as RSSF Móveis
6. Coordenação
7. Protocolo Proposto para RSSF Móveis
- 8. Experimentos e Resultados**
9. Conclusões e Trabalhos Futuros

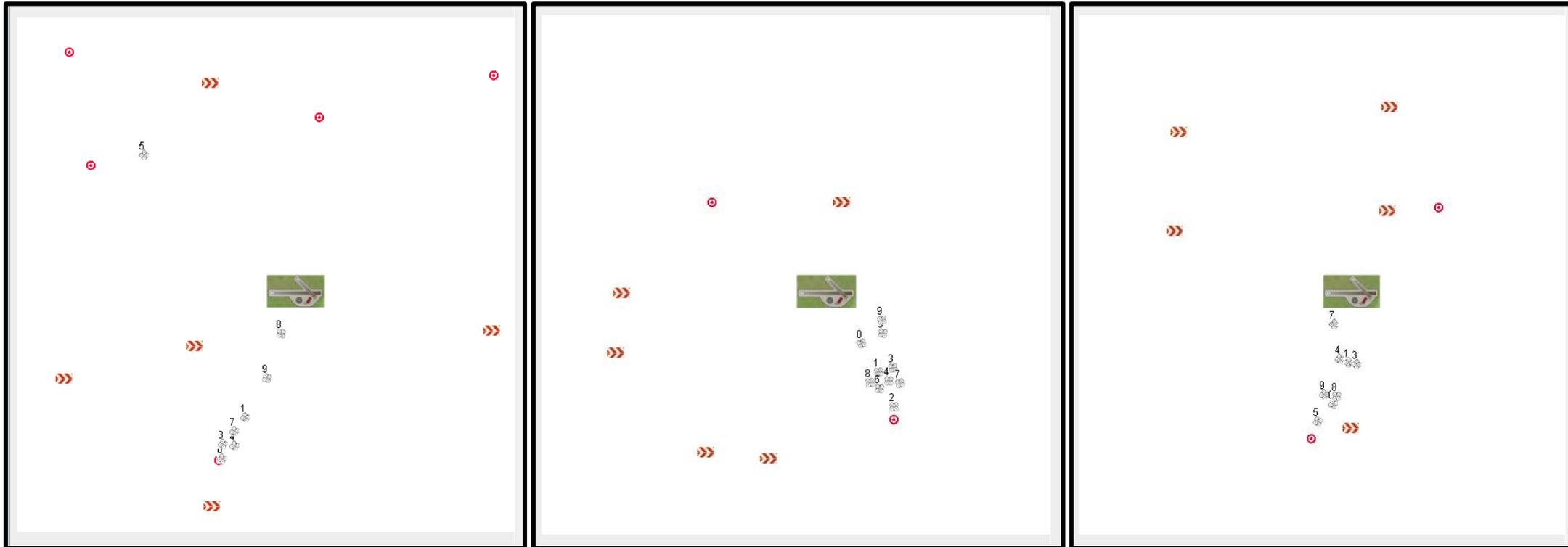
Experimentos e Resultados

Análises Dinâmicas – Inicialização em torno da estação base



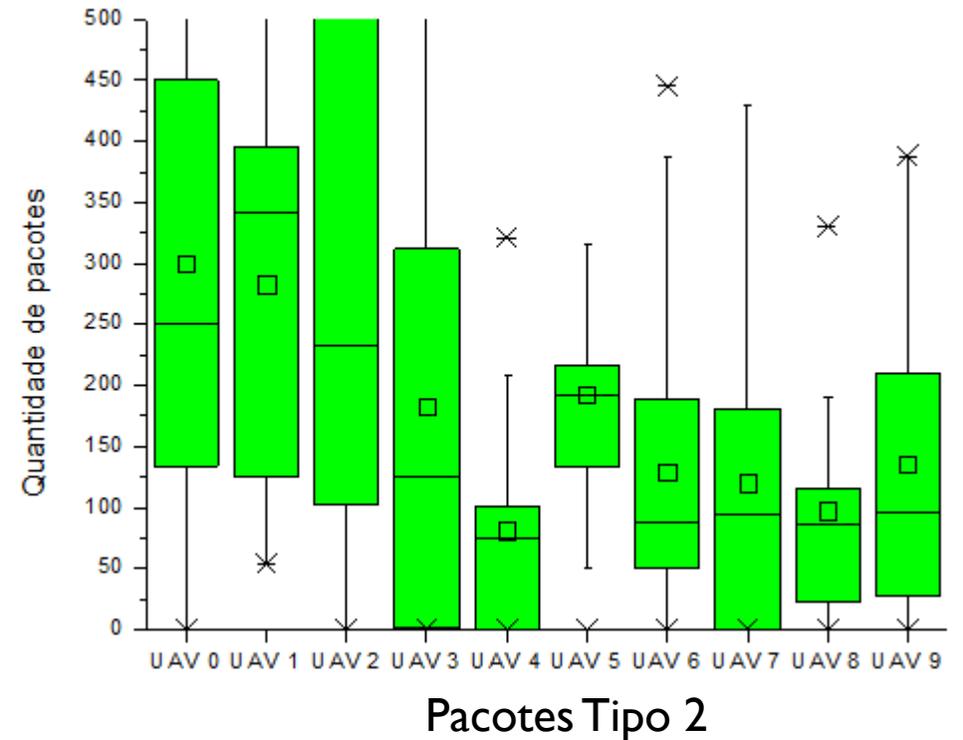
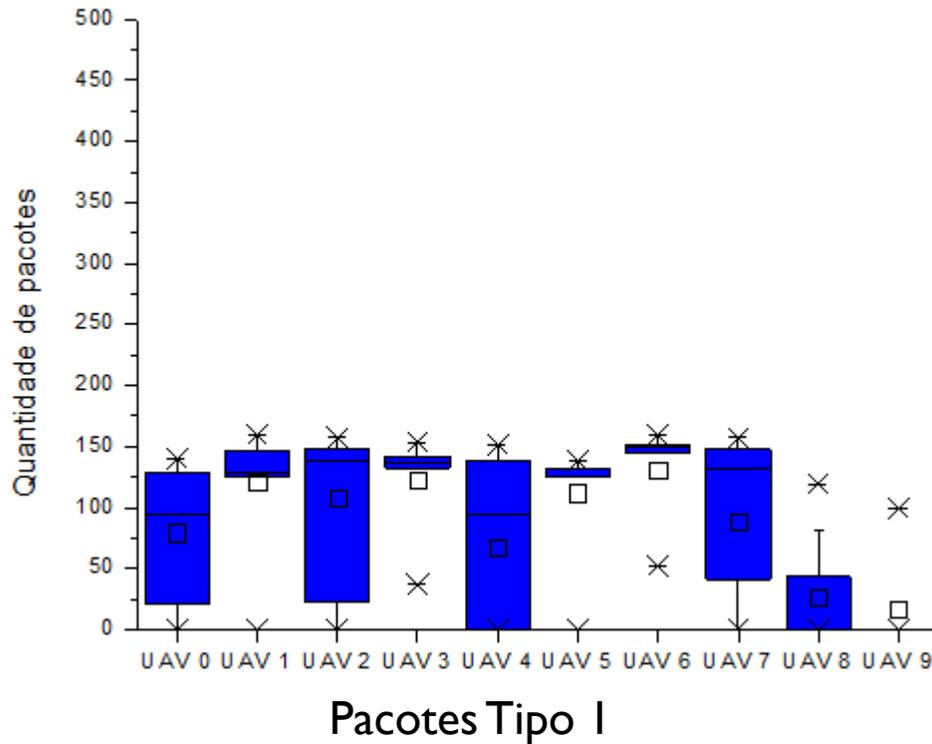
Experimentos e Resultados

Análises Dinâmicas – Formação de pontes de roteamento



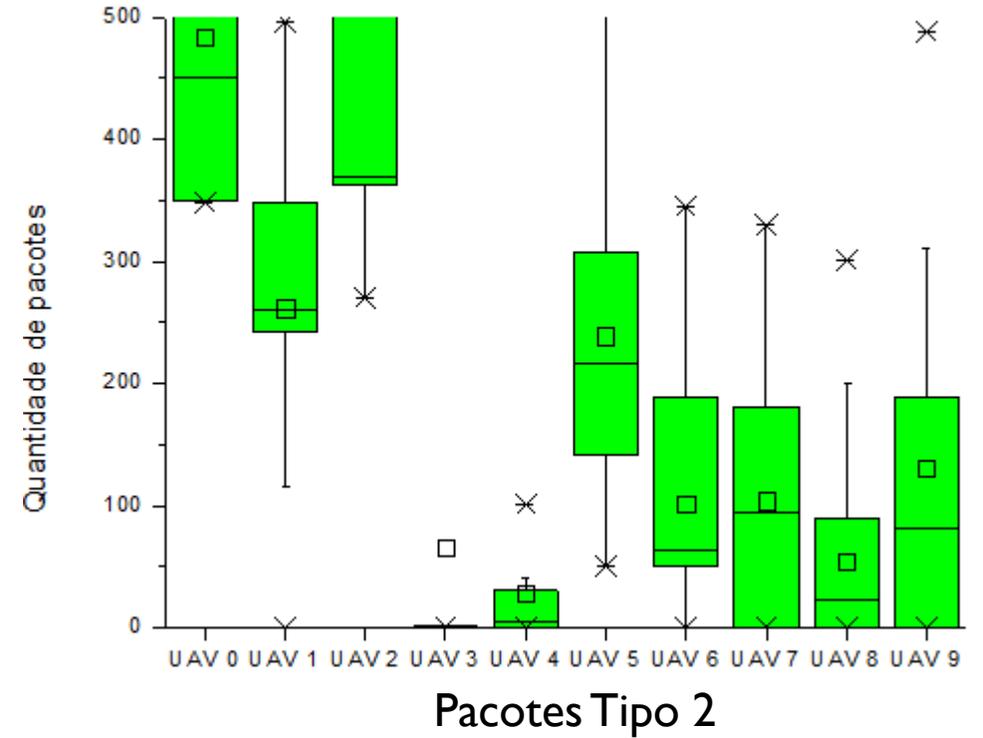
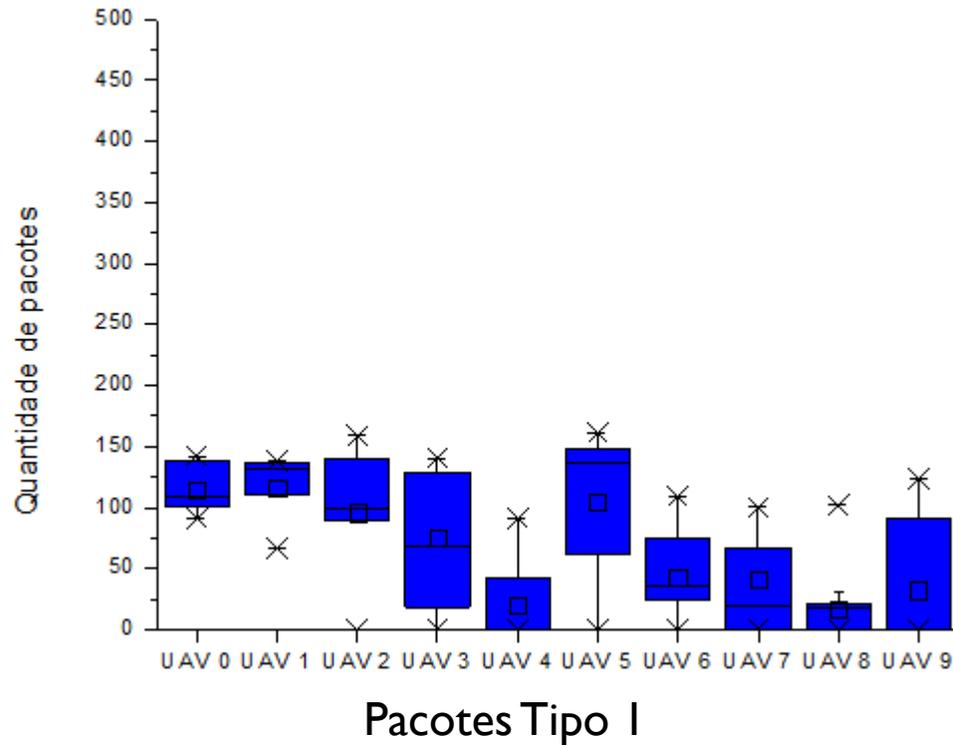
SIMULAÇÃO PARA 5 ALVOS

Geração de pacotes



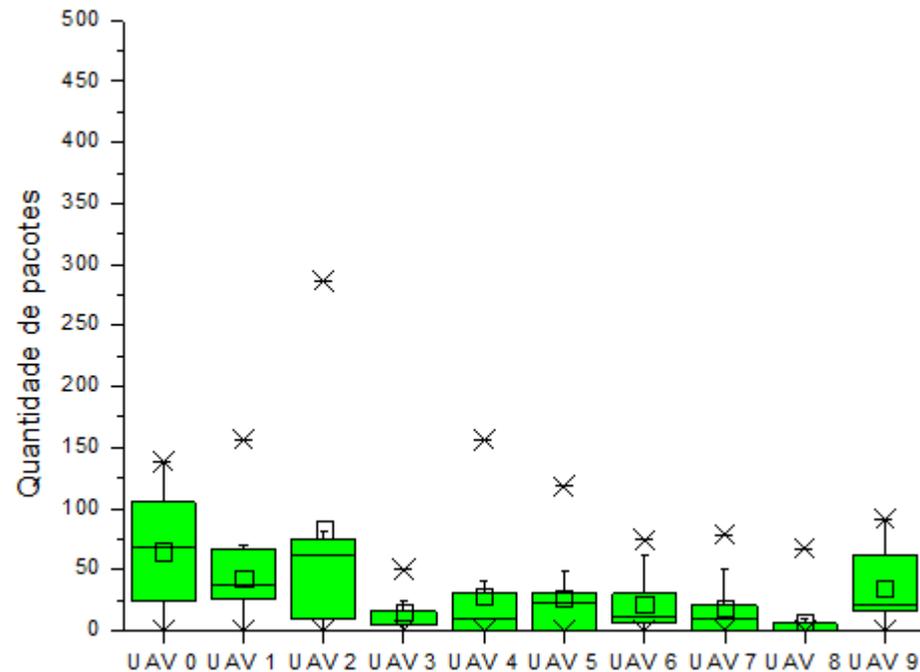
SIMULAÇÃO PARA 5 ALVOS

Recepção de pacotes



SIMULAÇÃO PARA 5 ALVOS

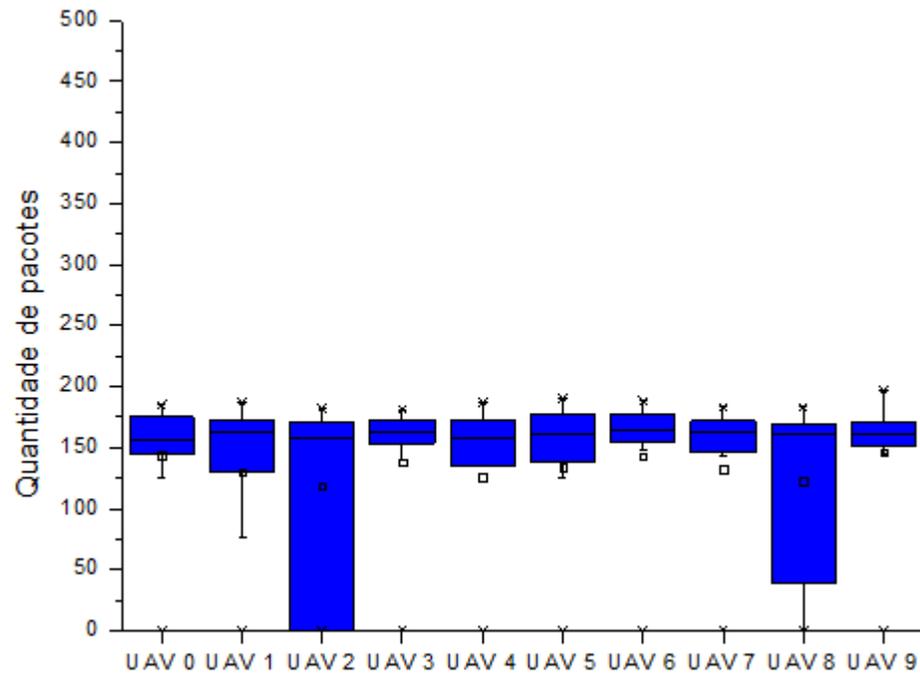
Retransmissão de pacotes



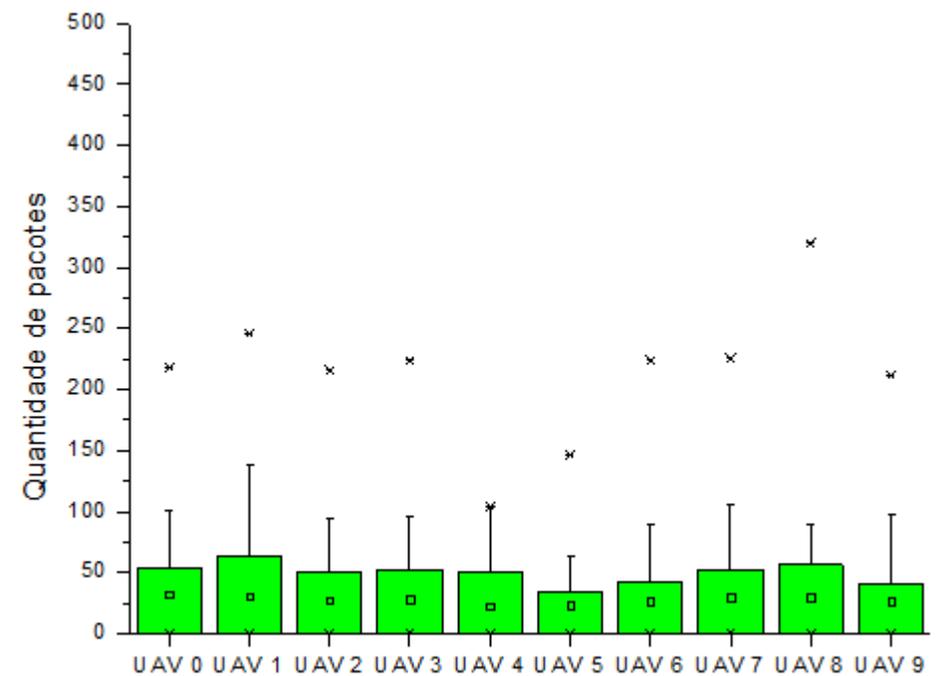
Pacotes Tipo 2

SIMULAÇÃO PARA 2 ALVOS

Geração de pacotes



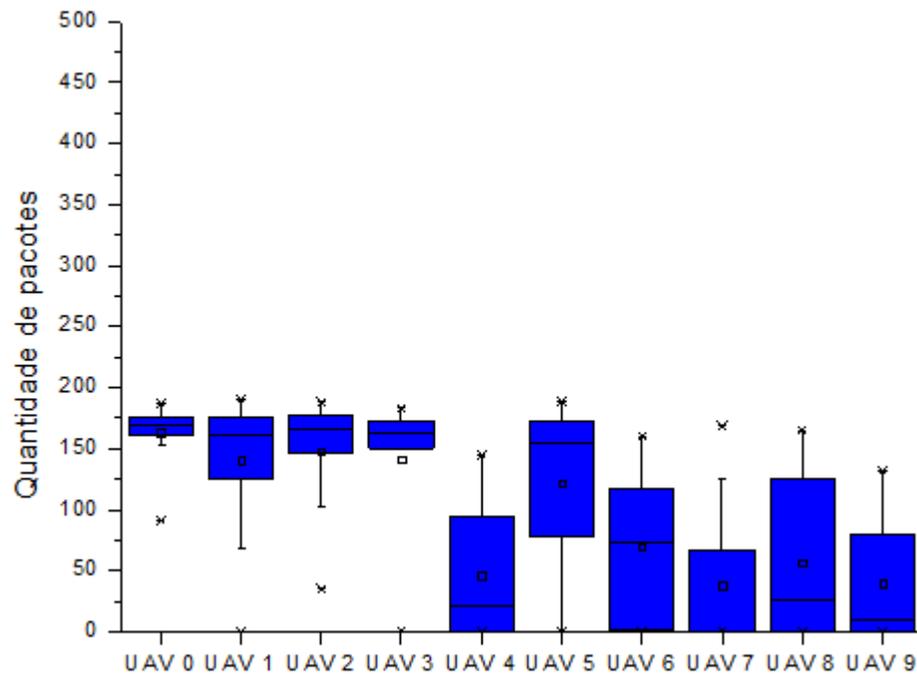
Pacotes Tipo 1



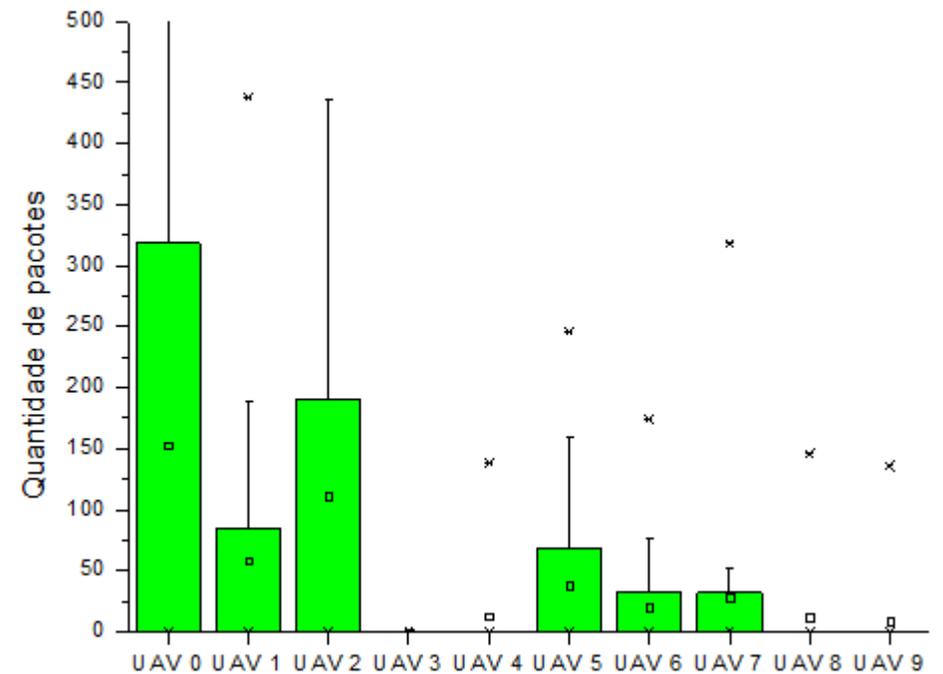
Pacotes Tipo 2

SIMULAÇÃO PARA 2 ALVOS

Recepção de pacotes



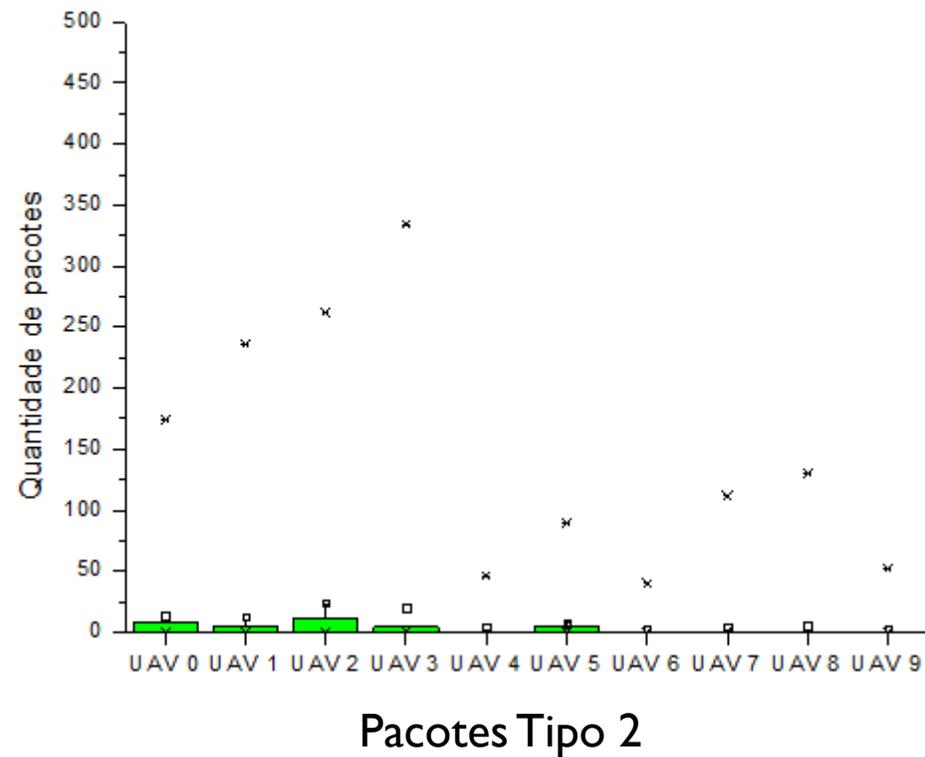
Pacotes Tipo 1



Pacotes Tipo 2

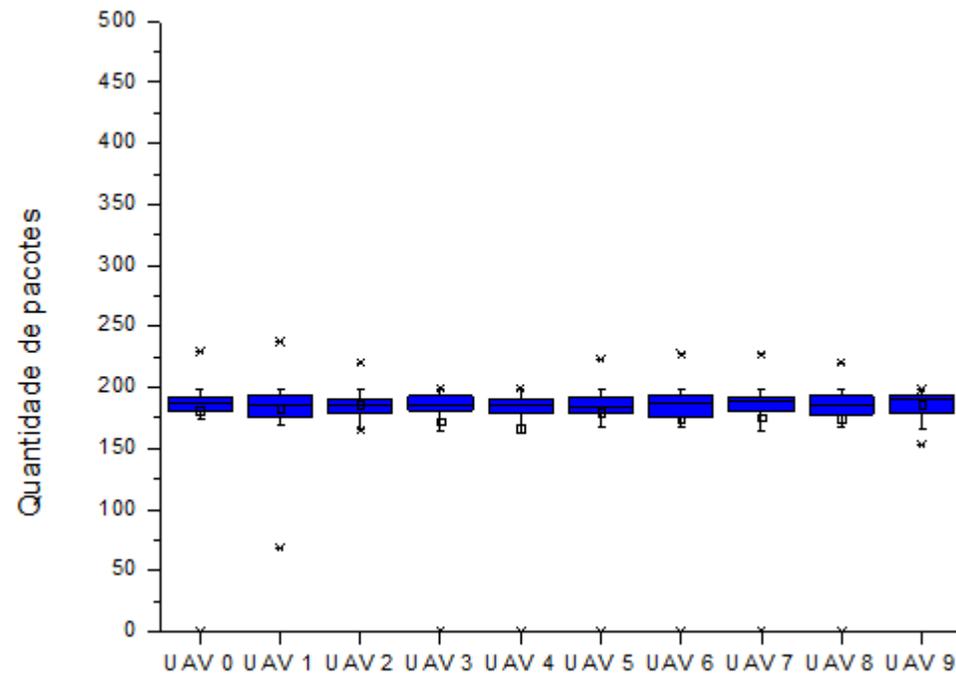
SIMULAÇÃO PARA 2 ALVOS

Retransmissão de pacotes

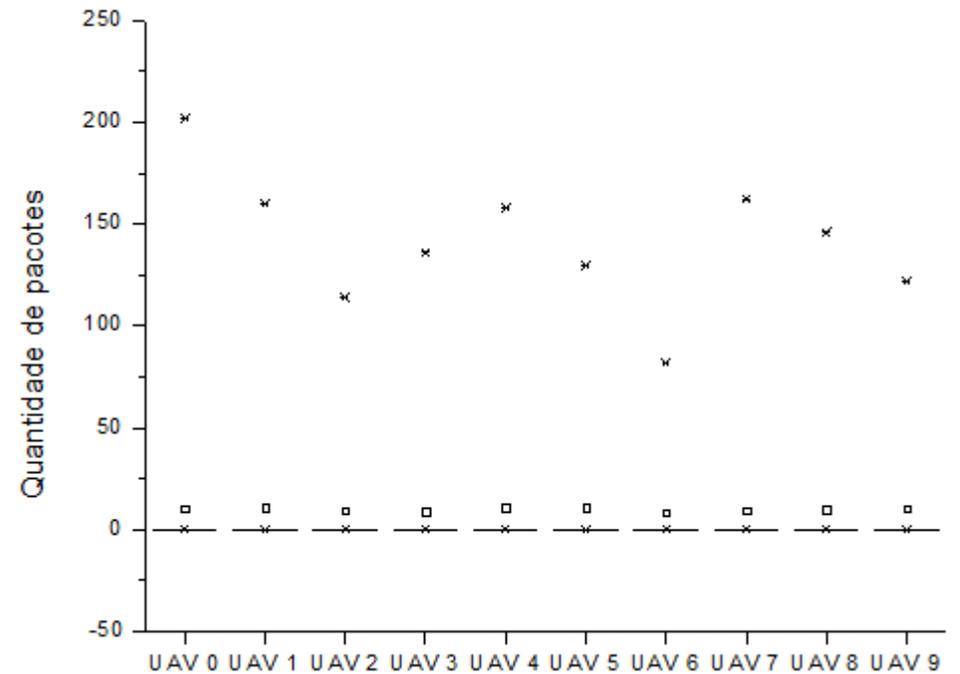


SIMULAÇÃO PARA 1 ALVOS

Geração de pacotes



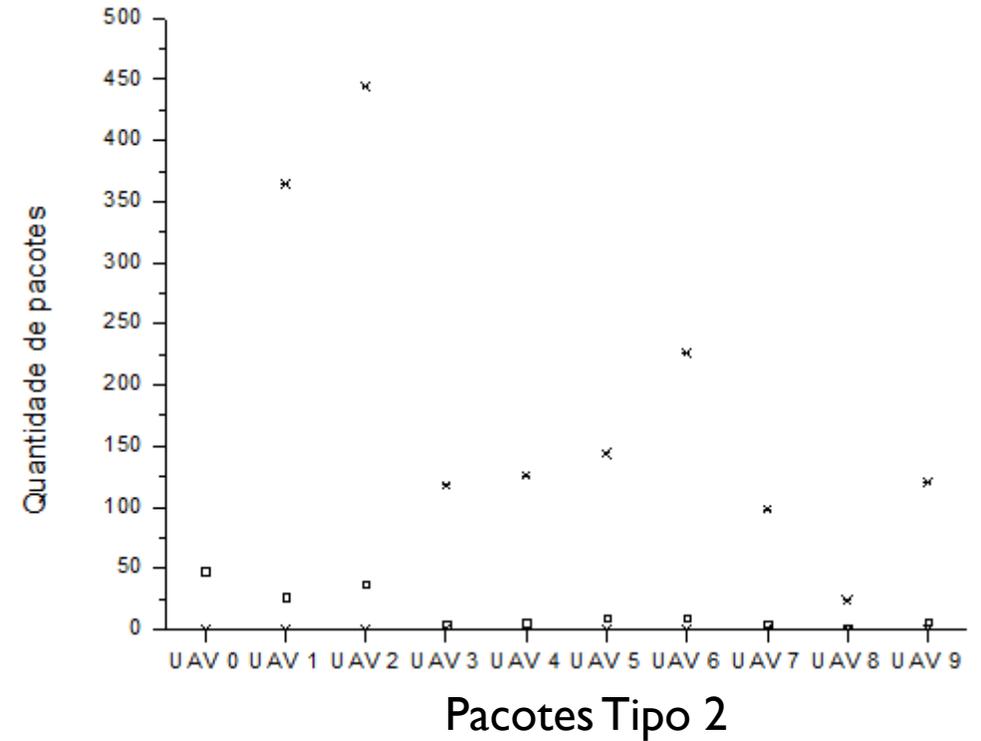
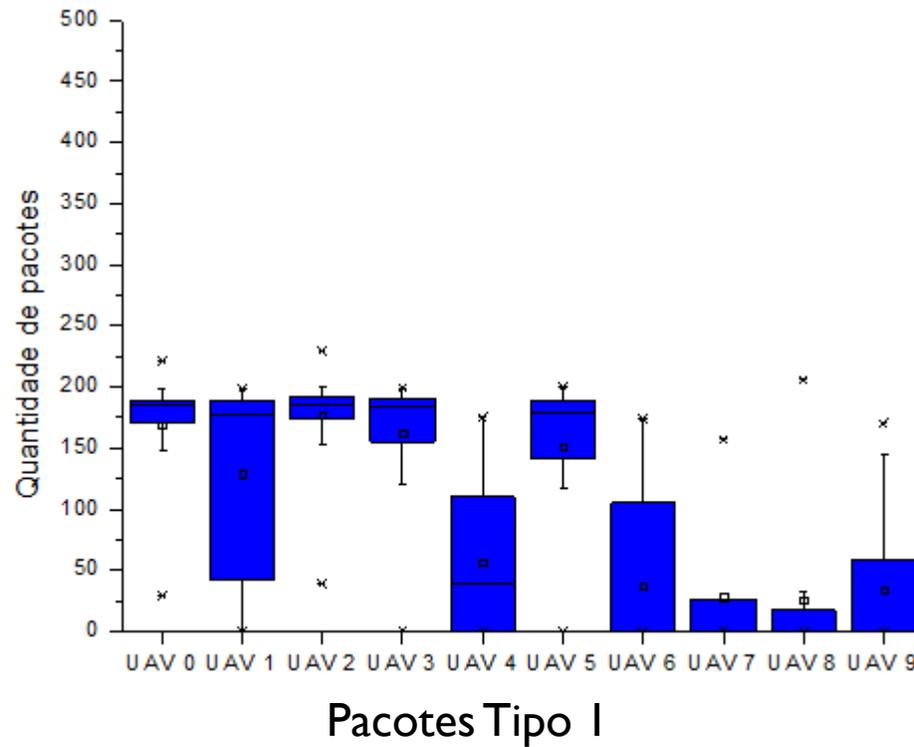
Pacotes Tipo 1



Pacotes Tipo 2

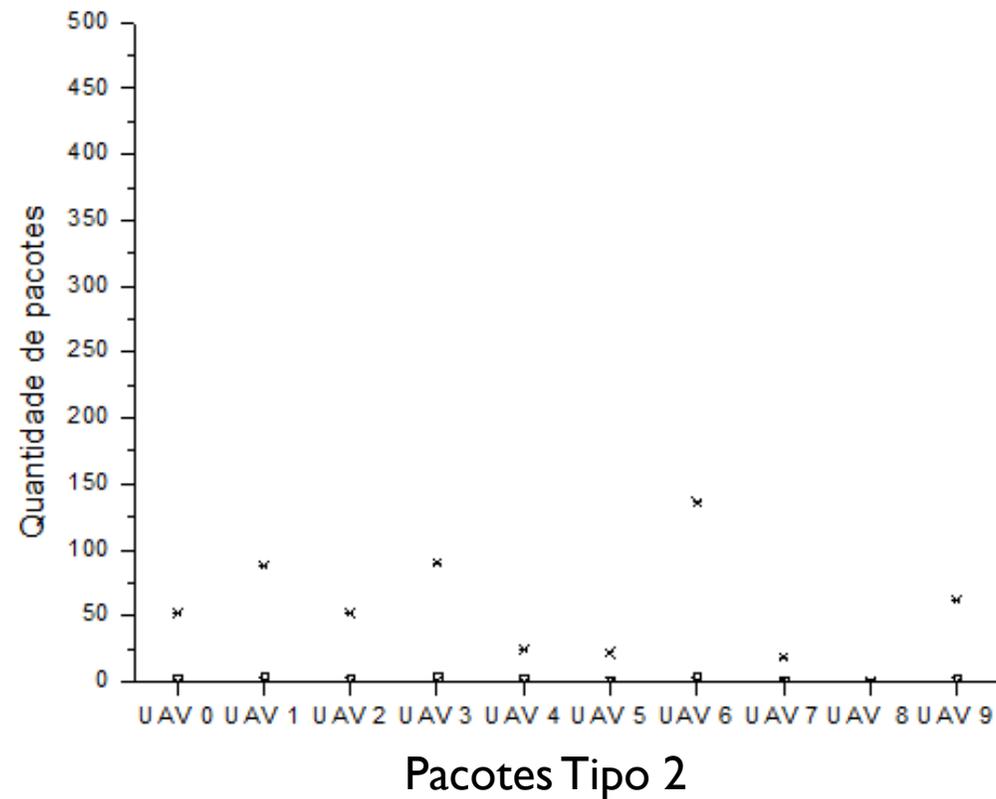
SIMULAÇÃO PARA 1 ALVOS

Recepção de pacotes



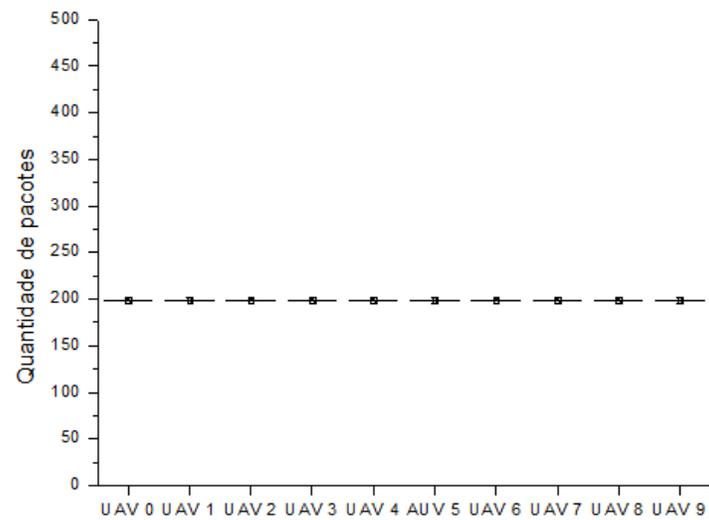
SIMULAÇÃO PARA 1 ALVOS

Retransmissão de pacotes

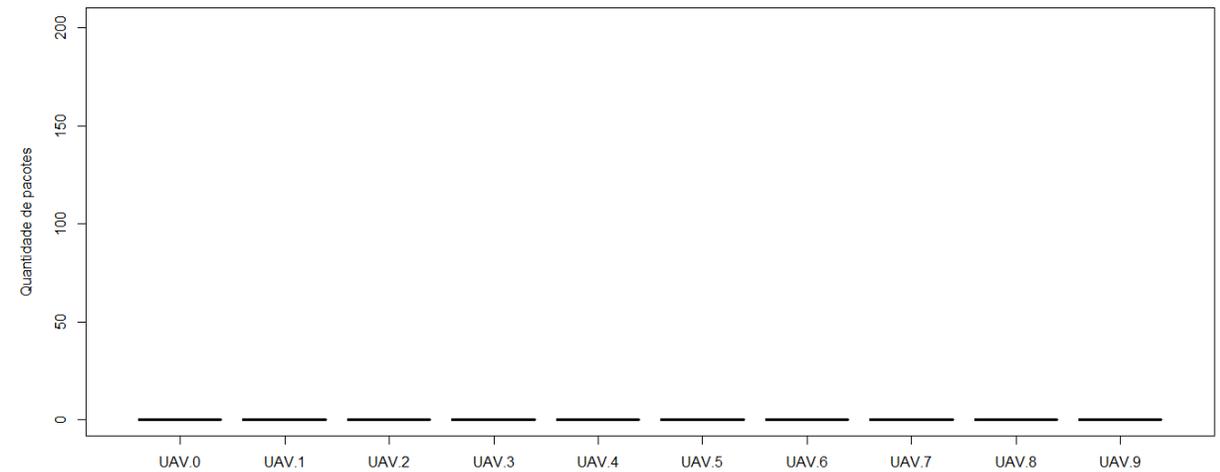


SIMULAÇÃO PARA 0 ALVOS

Geração de pacotes



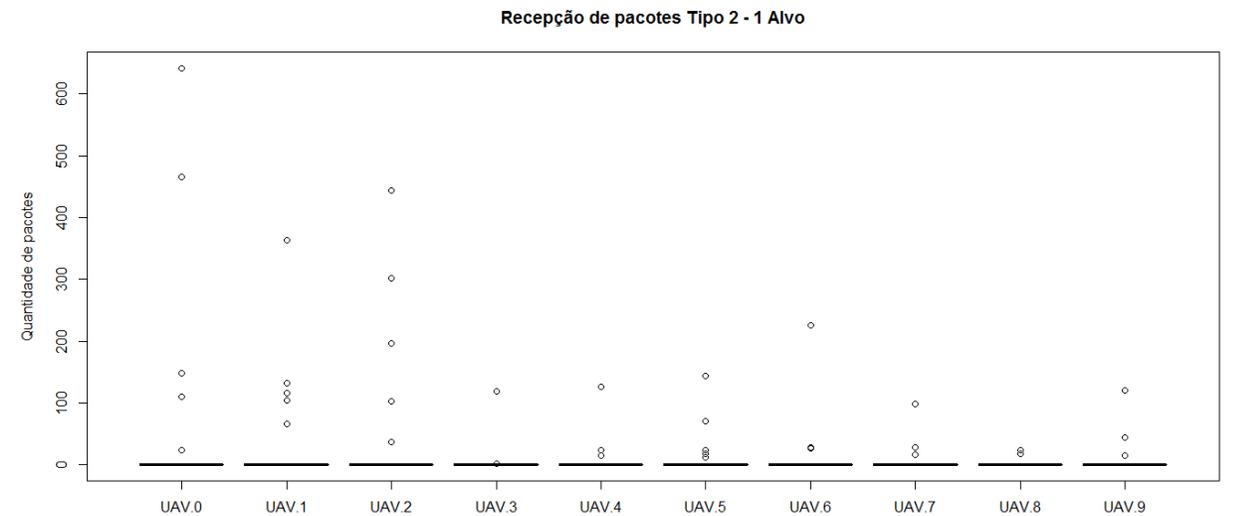
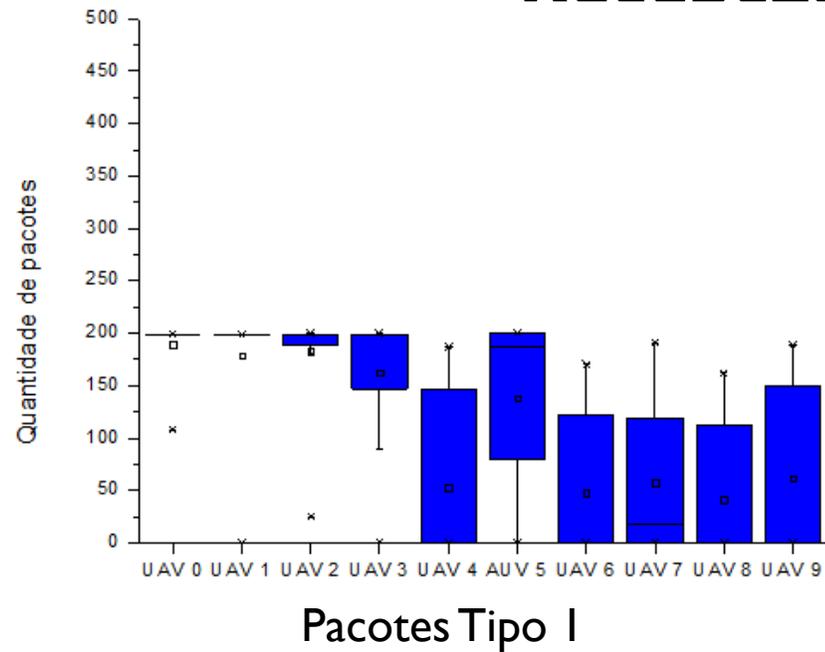
Pacotes Tipo 1



Pacotes Tipo 2

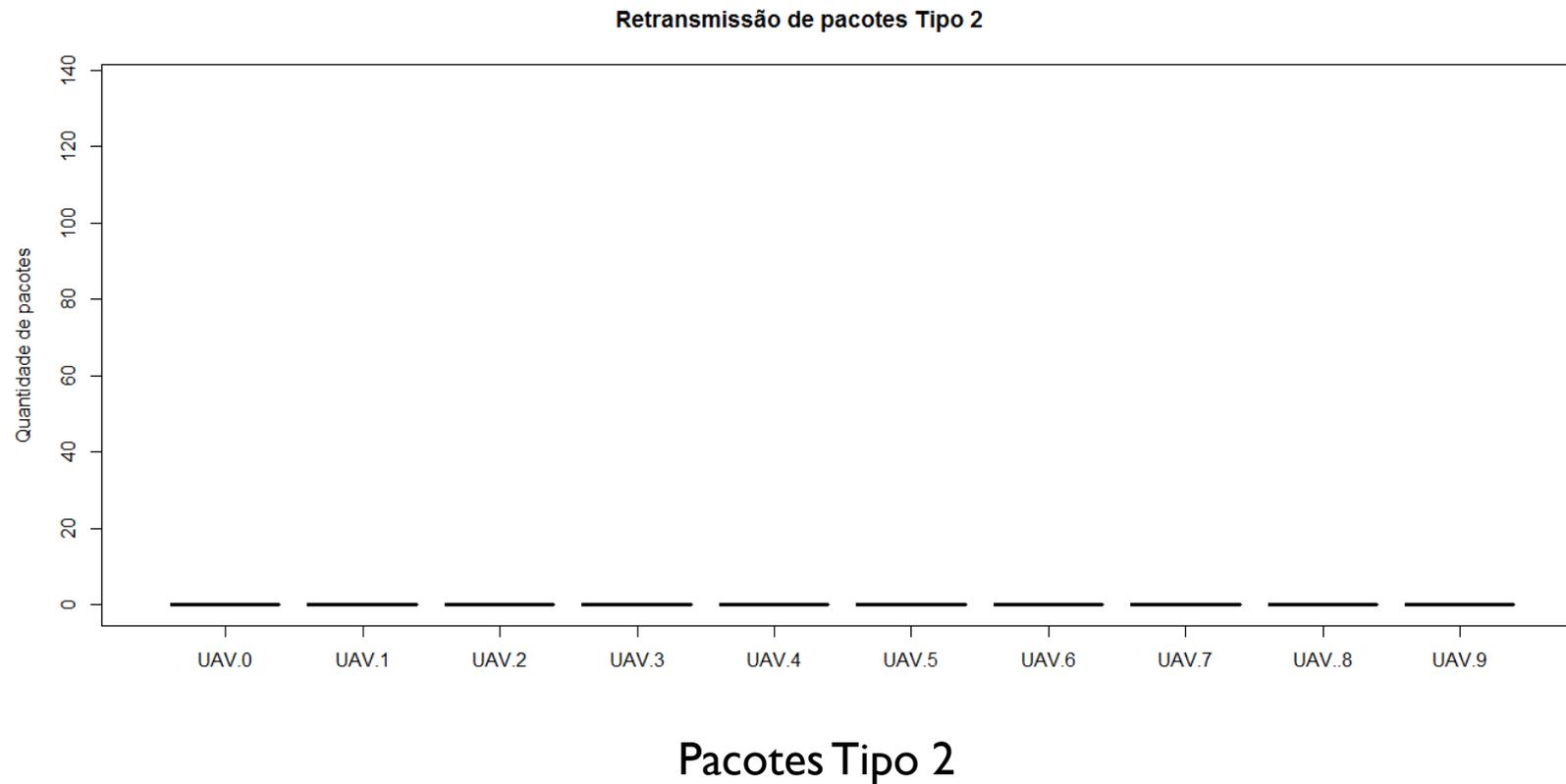
SIMULAÇÃO PARA 0 ALVOS

Recebção de pacotes



SIMULAÇÃO PARA 0 ALVOS

Retransmissão de pacotes



Roteiro

1. Introdução
2. Revisão de Protocolos Existentes
3. Redes de Sensores Sem Fio com Topologia Móvel
4. Enxames de Robôs
5. Enxame de Partículas para Coordenar as RSSF Móveis
6. Coordenação
7. Protocolo Proposto para RSSF Móveis
8. Experimentos e Resultados
- 9. Conclusões e Trabalhos Futuros**

Conclusões e Trabalhos Futuros

- Os resultados permitem concluir que:
 - As alterações no simulador e investigações de novos protocolos foram feitas com sucesso, bem como novas formas de coordenação do enxame
 - A proposta do protocolo levou a uma considerável economia de energia da rede na retransmissão de pacotes.
 - Na maior parte do tempo a comunicação com a base pôde ser mantida, seja direta ou indiretamente através da formação das pontes de roteamento

Referências Bibliográficas

- Blum, C.; Li, X. Swarm Intelligence. In: _____.[S.l]: Springer Berlin Heidelberg,2008. (Natural Computing Series), cap. Swarm Intelligence in Optimization, p. 43 – 85.
- Dorigo, M. Swarm-Bots and Swarmanoid: Two Experiments in Embodied Swarm Intelligence. Institute of Electrical and Electronics Engineers. Web Intelligence and Intelligent Agent Technologies, 2009. WI-AT '09. IEEE/WIC/ACM International Joint Conferences on. p. 2-3, 2009.
- Silva, D.M.P.F, de Oliveira, L.F.F. e Bastos Filho, C.J.A. A Influência da Comunicação Sem Fio *Ad Hoc* na Coordenação de Veículos Aéreos Não Tripulados Utilizando Inteligência de Enxames. Revista de Tecnologia da Informação e Comunicação, vol. 2, nº 2, 2012.
- Pinheiro, D. M. (Dezembro de 2011). Coordenação de Veículos Aéreos Não Tripulados Utilizando Inteligência de Enxames. *Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade de Pernambuco*. Recife, Pernambuco.

Referências Bibliográficas

- Nascimento, D. A. (Outubro de 2011). Análise de Requisitos de *Hardware* em Projeto de UAV Quadrotor. *Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade de Pernambuco*. Recife, Pernambuco.
- Lixin, X.; & Yueqing, R. A Study on Topological Characteristics of Wireless Sensor Network Based on Complex Network. Institute of Electrical and Electronics Engineers. International Conference on Computer Application and System Modeling, p.V15-486 –V15-489
- Lin, L.; Qibo, S., et. al., A Geographic Mobility Prediction Routing Protocol for Ad Hoc UAV Network. Institute of Electrical and Electronics Engineers. The 3rd Workshop on Wireless Networking & Control for Unmanned Autonomous Vehicles: Architectures, Protocols and Applications. p. 1597-1602, 2012.