

# Sobre as Deficiências na Sinergia entre BitTorrent e MANETs e Alternativas Viáveis

Sidney Doria, Marco Aurélio Spohn

<sup>1</sup> Departamento de Sistemas e Computação  
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG  
Campina Grande – PB

{sidney, maspohn}@dsc.ufcg.edu.br

**Abstract.** *BitTorrent is well known as efficient in the Internet and has been the default protocol in researchs on the synergy among P2P networks and MANETs. This paper (i) analyzes the characteristics of BitTorrent and the adaptations for MANETs, proposed by previous works, to incentive discussion about the fact that BitTorrent might not be the optimal protocol to share contents among peers in MANETs. Moreover, we present (ii) our efforts to improve P2MAN, our proof-of-concept P2P sharing protocol, with a performance comparison with BitHoc, using NS-2 network simulator, with results showing that P2MAN nodes download contents faster than BitHoc nodes.*

**Resumo.** *BitTorrent é reconhecidamente eficiente na Internet e tem sido o protocolo referência em pesquisas sobre sinergia entre redes P2P e MANETs. Este artigo (i) analisa as características do BitTorrent e os trabalhos anteriores que propõem sua adaptação para MANETs, com o intuito de fomentar a discussão sobre a adequação do BitTorrent para distribuição de conteúdos em MANETs. Além disso, são apresentados (ii) os resultados dos nossos esforços para avançar tecnicamente o P2MAN, nosso protocolo de compartilhamento para prova de conceito e (iii) é apresentado um comparativo do P2MAN com o BitHoc, no simulador NS-2, cujos resultados indicam que, nos cenários apresentados, os nós P2MAN realizam downloads em menos tempo que os nós BitHoc.*

## 1. Introdução

As Redes Entre-Pares (*Peer to Peer* (P2P), em inglês) e as Redes *Ad Hoc* Móveis (*Mobile Ad Hoc Networks* (MANETs), em inglês) apresentam um desafio em comum: manter esforços colaborativos para prover comunicação de forma descentralizada em ambiente dinâmico. Tal similaridade sugere uma potencial sinergia entre as duas redes, de modo a produzir uma infra-estrutura de comunicação com a facilidade de instalação das MANETs combinada à resiliência das redes P2P.

Particularmente, BitTorrent [Cohen 2003] tem sido o protocolo alvo de pesquisas recentes sobre sinergia entre redes P2P e MANETs [Rajagopalan et al. 2006, Sbai et al. 2008, Souza and Nogueira 2008, Krifa et al. 2009a, Ko and Kim 2009, Quental and Gonçalves 2010]. Note-se que, embora BitTorrent seja conhecido pela sua eficiência e popularidade na Internet, há uma série de problemas de adaptação quando sobreposto a MANETs. Defende-se uma linha de pensamento em que a solução enfatiza os aspectos das MANETs sobre os aspectos P2P do problema.

Atualmente, estamos desenvolvendo o protocolo *Peer-to-MANET* (P2MAN) de distribuição de conteúdo P2P para MANETs. P2MAN adota uma abordagem *multicast* em malha de baixa sobrecarga, e um único grupo *multicast* para simplificar as operações de controle e reduzir sobrecarga. Além disso, foi projetado em uma abordagem holística, que considera as restrições das MANETs, e que tenta se valer de suas peculiaridades (e.g., escala e propósito restritos, roteamento *multicast* em malha). Os primeiros resultados [Doria and Spohn 2009] indicaram que P2MAN distribui conteúdos em MANETs de forma escalável e eficiente. Entretanto, seu desempenho foi mensurado isoladamente, sem comparativo um direto com as abordagens BitTorrent existentes na literatura.

Este trabalho traz três contribuições, a saber: (i) uma análise sobre os problemas de adaptação do BitTorrent sobre MANETs, com o intuito de apresentar uma discussão sobre a adequação do BitTorrent como protocolo de distribuição de conteúdos para MANETs; (ii) os resultados dos nossos esforços para o avanço técnico do protocolo P2MAN [Doria and Spohn 2009], nosso protocolo para compartilhamento de conteúdos em MANETs e (iii) um comparativo de desempenho entre o P2MAN e o BitHoc [Sbai et al. 2008], então expoente do BitTorrent para MANETs.

O restante do trabalho está organizado como segue. A Seção 2 detalha os trabalhos relacionados à sinergia entre redes P2P e MANETs, distribuição de conteúdo P2P e BitTorrent. A Seção 3 discute a viabilidade da sinergia entre BitTorrent e MANETs. A Seção 4 versa sobre o P2MAN e seus avanços técnicos recentes e a Seção 5 traz os resultados de um comparativo de desempenho entre o P2MAN e o BitHoc. Finalmente, a Seção 6 conclui este trabalho.

## 2. Trabalhos Relacionados

A literatura já trata de sinergia entre redes P2P e MANETs há quase uma década. As primeiras pesquisas tiveram por objetivo analisar o comportamento de protocolos relevantes de distribuição de conteúdo P2P, originalmente projetados para redes cabeadas tradicionais, sobre MANETs. Os resultados indicaram baixo desempenho das adaptações, principalmente devido às características mais dinâmicas das MANETs (e.g., mudanças de topologia, falhas de enlace).

Em [Kortuem et al. 2001] os autores tratam sobre a colaboração entre redes P2P e MANETs. [Klemm et al. 2003] e [Ding and Bhargava 2004] versam sobre protocolos de distribuição P2P para MANETs. Os autores de [Gerla et al. 2005] discutem em profundidade o futuro da sinergia entre as duas redes e listam problemas em aberto. Em [Oliveira et al. 2005] os autores argumentam que as duas redes são complementares, visto que as MANETs são formadas tipicamente por nós de recursos computacionais limitados e as redes P2P eliminam a necessidade de servidores com recursos abundantes no sistema.

Para contornar o problema de desempenho, novas pesquisas vêm tentando abordagens entre camadas, que estabelecem comunicação direta entre a camada de aplicação e as camadas inferiores, ao custo de contrariar o propósito das modelagens por camadas. Em [Y. Charlie Hu and Pucha 2003] os autores propõem um protocolo de roteamento que se apóia em uma rede P2P auxiliar sobreposta, de modo que as descobertas de rotas ficam limitadas a  $O(\log N)$ . Os autores em [Conti et al. 2004] criaram uma camada adicional que se comunica com as demais camadas de rede, que consolida informações sobre o *status* da rede. Além disso, conjecturam *não ser possível* realizar certas operações

em MANETs com eficiência (e.g., economia de energia nas transmissões) com o paradigma de camadas independentes, mas não reuniram provas para embasar tal afirmação. Em [Kozat et al. 2004] os autores também projetaram uma camada adicional que coleta informações da rede.

Mais recentemente, outros trabalhos utilizaram abordagens entre camadas, de redes P2P sobrepostas, para alcançar resultados otimizados para tarefas como roteamento *unicast* e *multicast* e distribuição de conteúdos [Passarella et al. 2006, Delmastro et al. 2008, Lee et al. 2006, Sbai and Barakat 2009].

## 2.1. Adaptações do BitTorrent

Particularmente, o protocolo BitTorrent tem sido alvo freqüente de pesquisas recentes sobre sinergia entre redes P2P e MANETs. A literatura já abriga diversos trabalhos que tentam modificar o BitTorrent para otimizá-lo sobre MANETs.

O **BitTorrent for MANETs (BTM)** [Rajagopalan et al. 2006] usa uma camada especial que aglutina informações e operações de diversas camadas de rede, dando ciência à camada de aplicação sobre a topologia da rede, o que pode ser vantajoso. Tal camada de suporte é então co-responsável por rotear pacotes, solicitar arquivos e descobrir pares.

O **Network-Aware P2P (NAP)** [Ko and Kim 2009] modifica a estratégia de seleção de pares e a estratégia de seleção de pedaços, considerando a topologia e as condições de tráfego. Para obter tais informações, foi utilizada uma versão modificada do OLSR, onde cada nó troca com seus vizinhos, até dois saltos, como foi o tráfego transmitido em um período de tempo. Assim, a banda disponível é informada aos vizinhos através dos pacotes HELLO. Em outra modificação, os nós podem calcular o custo de envio de pacotes, através da combinação de distância e tráfego entre nós. Essa informação auxilia na seleção de nós para rotas menos congestionadas. Tal estratégia é então combinada à seleção de vizinhos com os pedaços mais raros.

O **Social Network based P2P File Sharing System (SNP)** baseia-se em estudos que relacionam o comportamento social de indivíduos e seus movimentos em redes P2P móveis. O SNP agrupa nós em comunidades com interesses em comum, valendo-se de palavras-chave que são trocadas pelos nós para esse fim. As comunidades são criadas a partir de uma função que verifica a similaridade entre as palavras-chave. Através da diferenciação entre os nós, são atribuídas funções especiais a determinados nós, de modo a facilitar a transferência de arquivos entre membros das comunidades.

O **BitHoc** [Sbai and Barakat 2009] é um expoente da literatura e já foi implementado tanto no simulador NS-2 [NS-2 2010] quanto em dispositivos pervasivos reais. BitHoc não utiliza tecnologia entre camadas. Sua modificação está na escolha dos pares aos quais os nós devem solicitar um arquivo. Sua estratégia geral é manter uma lista seletiva de pares, ordenada pela proximidade em saltos. Mantendo uma lista de nós próximos, o BitHoc busca reduzir a sobrecarga de roteamento e minimizar os bem conhecidos problemas relacionados ao TCP nas MANETs [Holland and Vaidya 1999, Lee et al. 2001, Wang and Zhang 2002, Wang and Zhang 2002]. Os autores do BitHoc também advogam pela manutenção da redundância, através de mecanismos próprios de incentivo, para uma distribuição de conteúdos mais justa entre os pares.

### 3. Sobre a Viabilidade da Sinergia entre BitTorrent e MANETs

O propósito desta Seção é discutir a viabilidade do uso do BitTorrent como mecanismo de distribuição de conteúdos entre pares em MANETs. O objetivo é fomentar a discussão científica sobre o tema, de maneira que se produzam idéias e propostas alternativas para o problema de distribuição eficiente de conteúdos em MANETs.

São muitos os argumentos e suposições utilizados na literatura para uso do BitTorrent como referência para distribuição de conteúdos P2P em MANETs. Por exemplo:

- **Eficiência comprovada na Internet**

BitTorrent é eficiente em distribuir conteúdos na Internet, provendo uma entrega rápida em uma escala impressionante. A suposição então é que tal eficiência possa ser reproduzida em uma rede com escala típica muito menor.

- **Popularidade**

É razoável supor que o uso de um protocolo popular como o BitTorrent em uma MANET pode reduzir o tempo gasto com treinamento dos usuários, visto que há uma boa chance de que alguns desses usuários já tenham experimentado o protocolo na Internet.

- **Arquitetura**

A arquitetura do BitTorrent seria supostamente favorável às MANETs, já que amortiza o custo de servir o arquivo pela rede móvel e é possível reiniciar as transferências após desconexões de rede. Além disso, um nó pode servir pedaços de um conteúdo, enquanto esse conteúdo ainda está sendo descarregado. Isso pode ser vantajoso em uma MANET, cujo propósito tipicamente restrito sugere que os nós têm interesses similares.

Note-se que o problema de fato a ser resolvido é *como fazer distribuição eficiente de conteúdos em MANETs*, independentemente do protocolo a ser usado, e que alguns desses argumentos não válidos exclusivamente para o BitTorrent. Com exceção da popularidade, outros protocolos de distribuição de conteúdo também podem ser valorizados por tais argumentos. Essa observação leva a uma questão sobre o interesse assíduo dos pesquisadores em aplicar o BitTorrent nas MANETs:

*Qual é o fator técnico preponderante, pelo qual o BitTorrent está sendo escolhido de forma recorrente em pesquisas sobre sinergia com MANETs?*

Tal questão se refere à hipótese de que os esforços para que o BitTorrent seja usado de forma eficiente em MANETs sejam, sobremaneira, motivados pela sua popularidade. Essa hipótese se evidencia quando são estudados os problemas de adaptação entre BitTorrent e MANETs, juntamente com as modificações propostas pela literatura ao longo da última década.

#### 3.1. Problemas de Adaptação entre BitTorrent e MANETs

Distribuir conteúdos de forma eficiente entre pares sobre MANETs é um problema difícil, principalmente por conta das dissonâncias entre as duas redes. Por exemplo, as redes populares de compartilhamento de conteúdo P2P foram originalmente projetadas para a Internet (i.e., escala global, milhões de nós) e as MANETs típicas têm escala de dezenas de nós. Tais protocolos P2P geralmente são de camada de aplicação, usam *unicast* para

disseminar os dados, valem-se de nós estáticos e adotam a suposição de que os vizinhos estão a apenas um salto de distância. Em oposição, as MANETs utilizam *broadcasts* físicos não confiáveis em um meio compartilhado e seus nós são móveis, com enlaces de comunicação estabelecidos dinamicamente em roteamento salto a salto. A literatura comunica um conjunto de dificuldades de adaptação que podem ocorrer ao se tentar empregar BitTorrent em MANETs, tais como:

- **Transmissões *unicast***

BitTorrent emprega transmissões *unicast* para enviar mensagens de controle e para entregar os pedaços dos conteúdos, o que é custoso sobre MANETs, devido à sobrecarga provocada pelos *handshakes* em camadas mais baixas. O uso de *unicast* portanto pode degradar o desempenho do sistema de distribuição de conteúdos.

- **Mecanismo de Incentivo**

Com o mecanismo de incentivo *tit-for-tat* do BitTorrent, múltiplos nós são incentivados a compartilhar e a transmitir pedaços de seus conteúdos, de forma a elevar progressivamente a vazão do sistema, possivelmente ao limite da capacidade da rede. De fato, manter os nós colaborando na transmissão é a razão fundamental para os mecanismos de incentivo das redes P2P e um ponto fundamental de sua otimização. Entretanto, em uma MANET, tal abordagem pode levar a colisões excessivas devido à disputa pela ocupação do meio compartilhado, possivelmente até o colapso, produzindo um efeito oposto ao esperado [Grossglauser and Tse 2002]. Portanto, o incentivo a múltiplas transmissões *unicast* pode degradar o desempenho do sistema de distribuição de conteúdos.

- **TCP**

BitTorrent originalmente requer TCP como protocolo de transporte. Os problemas de desempenho do TCP em MANETs já foram demonstrados exaustivamente na literatura [Holland and Vaidya 1999]. O uso do TCP nas transmissões pode portanto degradar o desempenho do sistema de distribuição de conteúdos. Em atenção a esse problema, Anastasi et al. desenvolveram recentemente o TPA [Anastasi et al. 2009], um protocolo de transporte confiável mais eficiente do que o TCP em MANETs, que adota uma abordagem entre camadas. Mesmo considerando tais avanços recentes com protocolos de transporte para MANETs, ainda haveria a necessidade de adaptar o BitTorrent ou uma variante do protocolo para o TPA.

- **Tracker**

A arquitetura do BitTorrent prevê os *Trackers*, que são nós fixos na rede que endereçam os conteúdos. MANETs são totalmente dinâmicas, o que requer uma adaptação do modelo com *Trackers* para um modelo totalmente distribuído. Há também a hipótese de eliminação do *Tracker* no BitTorrent e a utilização de outras formas de localização de conteúdo na rede, como a difusão.

- **Distância entre Vizinhos**

O BitTorrent considera vazão de transmissão como métrica para reputação e seleção de pares. Na arquitetura original do BitTorrent assume-se que os vizinhos são nós estáticos que estão a um salto de distância. Portanto, não são consideradas as características de mobilidade e de roteamento salto a salto das MANETs. O desconhecimento da distância entre os pares pode levar o BitTorrent a provocar excesso de colisões numa MANET, mesmo com poucas transmissões ativas, visto

que elas podem ocorrer entre nós diametralmente opostos na rede, o que recrutaria vários nós intermediários a repassar os dados, ocupando o meio compartilhado. Portanto, tal suposição do BitTorrent pode degradar o desempenho de distribuição de conteúdos.

- **Segurança**

Na Internet, o protocolo BitTorrent tipicamente realiza comunicação entre pares em enlaces independentes. Entretanto, em MANETs, o uso de meio físico compartilhado para as transmissões pode aumentar os riscos de segurança na entrega dos arquivos.

Para relativizar a viabilidade do uso de BitTorrent em MANETs, ponderam-se os problemas de adaptação citados e o fato de que a literatura demonstra não haver ainda uma adaptação do BitTorrent completamente otimizada para MANETs. Ademais, trabalhos anteriores utilizam cenários com restrições, visando permitir as análises de desempenho em ambiente controlado. Entretanto, tais cenários podem ser considerados pouco realistas por se afastarem em demasia da tipificação de uma MANET. Por exemplo, o cenário utilizado em [Krifa et al. 2009a, Souza and Nogueira 2008, Quental and Gonçalves 2010] considera apenas 40 nós, dispostos em formato de malha equidistante, sem mobilidade (i.e., nós estáticos), com alcance de rádio reduzido para 50m e transmitindo um único arquivo de tamanho reduzido, inicialmente a partir de uma única origem. É possível ainda visualizar que, considerando o conhecimento científico atual, se fossem aplicadas as adaptações mais bem sucedidas da literatura no protocolo BitTorrent, de forma a adequá-lo ao máximo para MANETs, haveria uma considerável descaracterização do protocolo.

Diante do exposto, pondera-se que o BitTorrent pode não ser a melhor escolha para distribuir conteúdos em MANETs. Defende-se que uma relação sinérgica otimizada entre redes P2P e MANETs pode requerer esforços que vão além da adaptação direta de uma arquitetura P2P de sucesso das redes cabeadas de larga escala (i.e., Internet), mesmo com as modernas adaptações entre camadas já propostas na literatura.

Para contribuir com novas formas de se obter vantagem dos conceitos P2P em MANETs, estamos desenvolvendo um protocolo nativo de distribuição de conteúdo para MANETs, denominado Peer-to-MANET (P2MAN). O objetivo é dar mais prioridade aos aspectos MANET em vez dos aspectos P2P do problema. A Seção 4.2 explica de forma sucinta o funcionamento do P2MAN.

#### **4. P2MAN: Uma Alternativa para Distribuição de Conteúdos em MANETs**

*Peer-to-MANET* (P2MAN) [Doria and Spohn 2009] é um protocolo de distribuição de conteúdos entre pares para MANETs, que implementa conceitos bem sucedidos das redes P2P populares, mas com uma abordagem que considera plenamente as restrições e as dificuldades inerentes às MANETs.

##### **4.1. Considerações Prévias**

Neste trabalho considera-se o caso geral em que uma MANET não é formada para um propósito geral, mas para a comunicação de um grupo de indivíduos inter-relacionados de alguma forma (e.g., campo de batalha, solução de desastres, operações de resgate, laboratórios provisórios). Sendo assim, é razoável assumir que a informação fluirá em

algum momento de um indivíduo para um grupo de indivíduos correlatos, especialmente fluxos de informações.

No escopo deste trabalho, a comunicação de dados significa compartilhamento de arquivos digitais, como os que são compartilhados na Internet através das redes P2P mais populares. Apesar dos bons resultados iniciais do P2MAN em grupos maiores de nós (e.g., 100 nós), e em mobilidades mais altas (e.g., 30 *m/s*), assume-se que os nós *não* se movem rápido e continuamente a tal ponto de que a única comunicação possível seria a inundação de pacotes. Assume-se que há ausência total de nós isolados, visto que o objetivo é verificar quão bem P2MAN pode distribuir conteúdos a todos os nós destinatários conectados.

Assume-se que não há nós erráticos na rede. Em particular, cada nó da rede deve cooperar repassando os pacotes que lhe foram solicitados. Neste trabalho não foram exploradas questões de segurança em quaisquer camadas. Entretanto, há um trabalho em andamento sobre segurança no P2MAN. Empregamos uma versão modificada da *Rede de Favores* como solução para reduzir o problema de drenagem maliciosa de recursos, provocada por nós maliciosos. Tais resultados serão objeto de outro trabalho.

#### 4.2. Arquitetura do P2MAN

O objetivo desta Seção é explicar de forma sucinta o funcionamento do P2MAN. Uma explicação detalhada consta em [Doria and Spohn 2009].

P2MAN é um protocolo *multicast*, que emprega grupos *multicast* distintos para entregar conteúdos e um grupo *multicast* especial, denominado *Canal Público*, para todas as operações de controle. Quando um nó P2MAN inicia, junta-se ao *Canal Público* (CP) para poder trocar mensagens de controle. Todos os nós que desejam compartilhar conteúdo devem ser membros do CP. Não há nós servidores com informações para localização de conteúdos nem tais informações são copiadas (i.e., mantidas em *cache*) pelos nós na rede. Em vez disso, para localizar um conteúdo, um nó consulta o *Canal Público* sem a necessidade de inundar a rede com mensagens de controle. Caso algum nó ativo tenha o conteúdo, este será alcançado em algum momento através do CP e a resposta retorna também via CP. A resposta traz consigo metadados gerados pelo nó proprietário do conteúdo, com informações detalhadas sobre o conteúdo.

Como em muitas redes P2P, P2MAN fraciona o conteúdo para a entrega. O nó proprietário decide como o objeto será dividido em pedaços e faz uma representação do conteúdo através de um mapa de *bits* (em que cada *bit* representa um pedaço do conteúdo). O proprietário também decide que grupo *multicast* será usado para transmitir o conteúdo. Os metadados são criados pelo nó proprietário, contendo as informações necessárias para guiar os nós solicitantes. Após receber a resposta, o nó solicitante junta-se ao grupo *multicast* anunciado pela fonte e envia uma mensagem de autorização ao Canal Público. Ao receber uma mensagem de autorização, o proprietário do conteúdo pode iniciar a transmissão.

Note-se que a maioria das redes P2P de distribuição de conteúdo emprega algum tipo de mecanismo de incentivo. Entretanto, múltiplas transmissões *unicast* podem produzir colisões em excesso devido à disputa pelo meio compartilhado. A abordagem *multicast* do P2MAN contorna esse problema, visto que apenas um nó transmissor é necessário para distribuir um conteúdo a todos os nós solicitantes. Por isso, outra finalidade

do processo de autorização é assegurar que apenas um nó seja o transmissor *multicast* do conteúdo para os membros do grupo *multicast*. Por outro lado, a diversidade necessária é obtida durante a seleção dos nós transmissores.

Assumindo-se a adoção de um protocolo de roteamento *multicast* sem entrega confiável (e sem um protocolo de transporte *multicast*, a garantia de entrega é realizada na camada de aplicação, através de um mecanismo de retransmissão denominado *Modo de Reparação*. No modo de reparação, um nó pode solicitar os pedaços que ainda não recebeu. O proprietário então retransmite os pedaços que faltam. Enquanto houver pedaços faltando, novos pedidos e retransmissões ocorrerão, até que o nó solicitante receba todos os pedaços.

### **4.3. Avanços Recentes do P2MAN**

Ao final do desenvolvimento da primeira versão do P2MAN, foram realizadas avaliações de desempenho no simulador NS-2 e os resultados constam na literatura [Doria and Spohn 2009]. Desde então o P2MAN passou por algumas refatorações, correções e recentemente alguns aspectos do seu *design* foram modificados para efeito de otimização. O objetivo desta Seção é comunicar as alterações mais relevantes do P2MAN desde a sua publicação original.

#### **4.3.1. Proteção contra Tempestade de Requisições**

Na versão mais recente do P2MAN, após transmitir um conteúdo, o nó proprietário inicia um temporizador denominado *Proteção contra Tempestade de Requisições*. O valor deste temporizador pode ser definido pelo usuário. O objetivo deste temporizador é evitar um efeito fase que pode ocorrer logo após o envio de muitos pedaços. Devido à intensa retransmissão de pacotes salto a salto até os nós solicitantes, alguns nós podem requisitar mais de uma vez pedaços que já foram enviados, pois ficam temporariamente impedidos de ouvir as respostas de suas requisições. A *Proteção contra Tempestade de Requisições* possibilita que os nós requisitantes ouçam as respostas do nó proprietário no canal público, sem que uma nova inundação de pacotes ocorra imediatamente.

#### **4.3.2. Múltiplas Entregas Simultâneas**

No P2MAN original ainda não era possível entregar múltiplos arquivos simultaneamente. Tal funcionalidade foi adicionada e foram realizadas novas simulações para medir o impacto das várias transmissões no tempo de entrega, no cenário de rede proposto no trabalho original. A figura 1 mostra os resultados da avaliação do P2MAN em processo de múltiplas entregas simultâneas de arquivos. As configurações utilizadas, definições de cenário, número de nós e demais parâmetros de simulação estão detalhados em [Doria and Spohn 2009]:



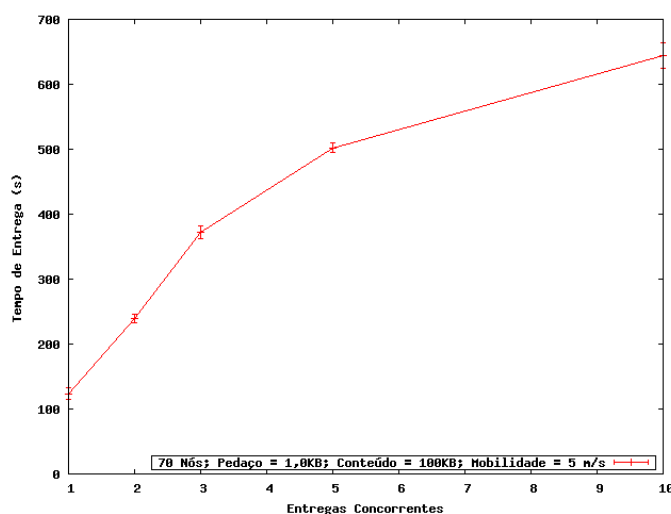


Figura 1. Tempo Total de Entrega x Entregas Concorrentes.

#### 4.3.3. Novo Modo de Reparação

No P2MAN, se um nó aguardar a chegada de um pedaço por mais tempo do que reza um temporizador programado, ele entrará em *Modo de Reparação*. De forma simplificada, quando um nó entra em modo de reparação o *download* é reiniciado, mas dessa vez o nó informa aos proprietários os pedaços que já possui, através de um mapa de *bits*. Ao receber respostas de nós proprietários, um nó requisitante envia uma *autorização de envio de pedaços* ao nó proprietário escolhido.

No P2MAN original, uma vez iniciado o processo de reparação ele não pára, mesmo que durante este processo ocorra a chegada de um pedaço da transmissão anterior. Uma situação assim nem sempre ocorre quando a transmissão é interrompida. Podem ocorrer dificuldades transientes na transmissão (e.g., colisões, interferências, congestionamento). Nesse caso, há um *trade off* entre aumentar o valor do temporizador de espera ou procurar um novo nó proprietário (i.e., *seeder*) imediatamente. Valores de temporização maiores são mais adequados a eventos transientes e novas escolhas de proprietários são melhores em ambientes mais dinâmicos, considerando que novas seleções sempre retornem os melhores nós proprietários para o nó solicitante.

Para resolver este problema na nova versão do P2MAN, optou-se por adicionar a possibilidade de abortar o processo de Reparação se um novo pedaço chegar antes do envio da autorização ao remetente. Assim, atualmente um nó pode entrar no Modo de Reparação e abortá-lo em tempo, caso perceba a chegada de um novo pedaço da transmissão original. O momento limítrofe para a interrupção do Modo de Reparação é antes do envio da autorização ao remetente. Considerando-se que a requisição de reparação pode solicitar a retransmissão de muitos pedaços, optou-se por uma rede que gera menos tráfego, o que assegura um bom desempenho do protocolo em ambientes com tráfego mais intenso.

## 5. Um Comparativo de Desempenho entre P2MAN e BitHoc

BitHoc é *de facto* um expoente da literatura sobre a sinergia entre BitTorrent e MANETs. Seus autores já produziram diversas publicações relacionadas, sendo a mais recente sobre sua implementação em dispositivos pervasivos reais [Krifa et al. 2009b]. Uma dificuldade encontrada para comparar P2MAN com o estado da arte foi obter os códigos dos protocolos de trabalhos relacionados. Ao limite dos nossos esforços, tentamos sem sucesso obter o código do BitHoc para reproduzir os experimentos dos autores no NS-2. Entretanto, foi possível realizar um comparativo do P2MAN com o BitHoc através do detalhamento do cenário disposto no artigo original do BitHoc [Krifa et al. 2009a], comparando tais resultados do BitHoc com os resultados do P2MAN no mesmo cenário.

### 5.1. Cenário de Simulação

O cenário proposto pelos autores do BitHoc é composto de 40 nós estáticos dispostos em forma de grande em um plano, como na figura 2. A distância entre dois nós foi definida em  $40m$  para um alcance de transmissão de  $50m$ . Os autores justificam tal cenário como sendo ideal para garantir conectividade e reduzir interferências.

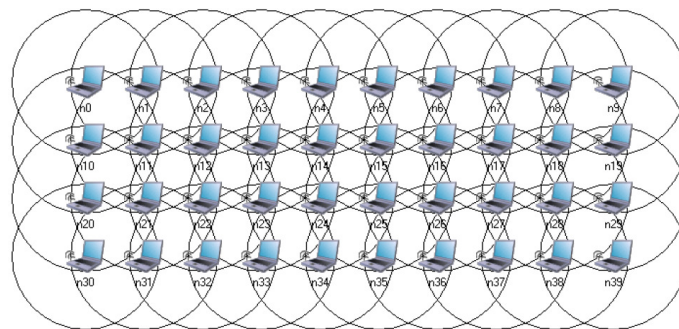


Figura 2. Topologia da Simulação [Krifa et al. 2009a].

O nó 0, no canto superior esquerdo, é o nó proprietário do conteúdo a ser distribuído e os demais nós são receptores. O tamanho do arquivo foi ajustado para  $10Mbytes$ . Todos os nós iniciam o *download* simultaneamente no tempo  $t = 1500s$ . A simulação encerra quando todos os nós recebem o arquivo. Quando um nó recebe um arquivo, imediatamente o disponibiliza para compartilhamento. Todos os nós utilizam o protocolo MAC 802.11 com o mecanismo RTS/CTSDData/ACK e enlace de  $1Mbps$ . O protocolo de rede é o DSDV e o de transporte é o TCP. Os parâmetros usados no BitHoc constam na tabela 0(a) e os parâmetros do P2MAN constam na tabela 0(b).

(a) BitHoc

Parâmetro	Descrição
Protocolo de Transporte	TCP
Protocolo de Roteamento <i>unicast</i>	DSDV
block_size_	1 KB
max_upload_num_	4
choking_period_	40 s
choking_best_neighbors_num_	3
received_bytes_reset_interval_	80 s

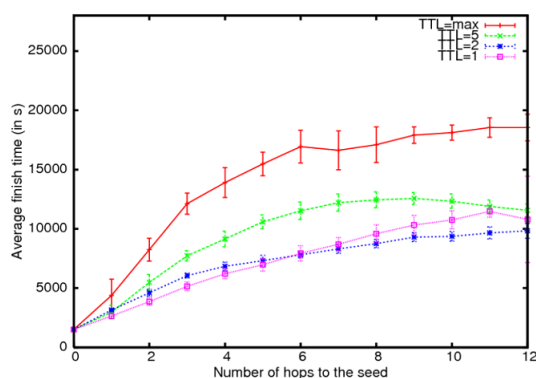
(b) P2MAN

Parâmetro	Descrição
Protocolo de Transporte	UDP
Protocolo de Roteamento <i>Multicast</i>	PUMA
Tamanho do Pedaco	1 KB
Temporizador de Reparação	600 ms

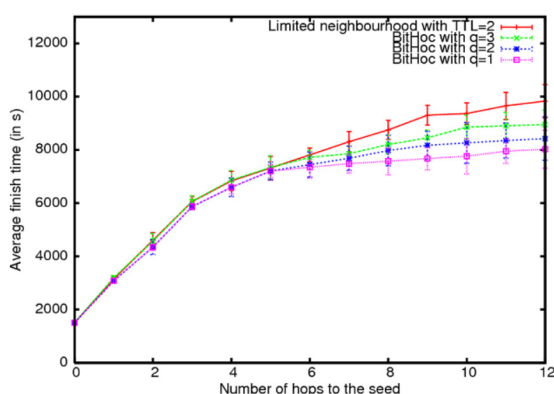
Tabela 1. Parâmetros de Simulação.

A métrica geral adotada para a comparação entre os protocolos foi o *Tempo Médio de Entrega*. Os resultados representam uma média de 20 execuções e intervalo de confiança de 95%.

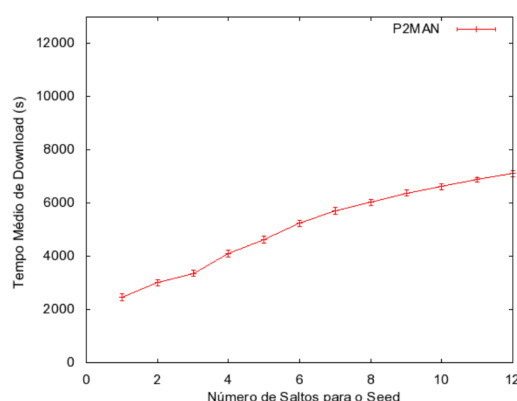
A Figura 3 mostra os tempos médios de entrega dos nós BitHoc (b) e P2MAN (c), como função do número de saltos para o nó 0. Note-se que neste cenário a maior distância para o nó 0 é de 12 saltos. Na Figura (b), o *quantum*  $q$  é um parâmetro do BitHoc que define a razão entre o número de fatias de tempo em que um nó servirá aos vizinhos próximos, e tempo em que servirá a vizinhos mais distantes.



(a) BitTorrent Padrão: Tempo Médio de Entrega



(b) BitHoc: Tempo Médio de Entrega



(c) P2MAN: Tempo Médio de Entrega

**Figura 3. Tempo Médio de Entrega.**

Como esperado, o tempo de entrega aumenta a medida que se observa nós mais afastados da origem dos dados. É possível perceber que os nós P2MAN têm um tempo de término mais curto cerca de 14% (a um salto) a 60% (a 4 saltos), com melhor êxito em toda a extensão do gráfico, quando comparado ao BitHoc utilizando o *quantum* mais eficiente para este cenário. Comparando-se o desempenho dos P2MAN ao BitTorrent padrão, com o *TTL* sem modificações (i.e., valor máximo), os nós P2MAN chegam a realizar o *download* em um tempo até 140% (a 12 saltos) mais curto.

## 6. Conclusão

Este trabalho apresentou uma análise das características do BitTorrent e de algumas adaptações do BitTorrent para MANETs, constantes na literatura, com o intuito de relativizar e fomentar a discussão sobre a viabilidade sinérgica entre o BitTorrent e as MANETs. Através da análise das características do BitTorrent e das dissonâncias entre BitTorrent e as MANETs, manifestadas através de problemas de adaptação destacados na literatura, ponderou-se que o BitTorrent pode não ser a opção mais eficiente de compartilhamento entre pares para MANETs.

Também foram apresentados os resultados dos nossos esforços para avançar tecnicamente o P2MAN, nosso protocolo de distribuição de conteúdo entre pares. Foram apresentados o temporizador de *Proteção contra Tempestade de Requisições*, a implementação de *Múltiplas Entregas Simultâneas*, cujo desempenho foi apresentado em gráfico, estendendo o artigo original do P2MAN [Doria and Spohn 2009], e o *Novo Modo de Reparação* que permite que nós P2MAN possam abortar o processo de autorização de envio na hipótese de chegada de pacotes com atraso superior ao temporizador de reparação.

Por fim, foi apresentado um comparativo do P2MAN com o *BitHoc*, no simulador NS-2. Os resultados indicaram que os nós P2MAN obtiveram desempenho superior aos nós BitHoc de 14% e 60%, e de até 140% quando o P2MAN é comparado ao BitTorrent padrão. Como trabalhos futuros, duas novas idéias estão em andamento: (i) estão sendo testadas versões do P2MAN que transmitem conteúdos em grupos associados a canais de rádio específicos, por conteúdo, de forma a priorizar transmissões ortogonais dos conteúdos para reduzir congestionamentos e incentivar o paralelismo. E, (ii) PUMA e P2MAN estão sendo implementados em dispositivos reais, com versões para Linux, de modo a ser possível testar seus desempenhos em uma bancada para testes reais.

## Referências

- Anastasi, G., Ancillotti, E., Conti, M., and Passarella, A. (2009). Design and performance evaluation of a transport protocol for ad hoc networks. *The Computer Journal Advance*, 52:186–209.
- Cohen, B. (2003). Incentives build robustness in bittorrent. In *Workshop on Economics of Peer-to-Peer Systems*, Berkeley, CA, EUA.
- Conti, M., Gregori, E., and Turi, G. (2004). Towards scalable p2p computing for mobile ad hoc networks. In *Proceedings of the Second IEEE Annual Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops*, page 109.
- Delmastro, F., Passarella, A., and Conti, M. (2008). P2p multicast for pervasive ad hoc networks. *Pervasive and Mobile Computing*, 4(1):62 – 91.
- Ding, G. and Bhargava, B. (2004). Peer-to-peer file-sharing over mobile ad hoc networks. In *Proceedings of the Second IEEE Annual Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops*, page 104.
- Doria, S. and Spohn, M. A. (2009). A multicast approach for peer-to-peer content distribution in mobile ad hoc networks. In *IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC)*, pages 1–6.

- Gerla, M., Lindemann, C., and Rowstron, A. (2005). P2P manet's - new research issues. In *Perspectives Workshop: Peer-to-Peer Mobile Ad Hoc Networks - New Research Issues*, number 05152 in Dagstuhl Seminar Proceedings, Dagstuhl, Germany.
- Grossglauser, M. and Tse, D. N. C. (2002). Mobility increases the capacity of ad hoc wireless networks. *IEEE/ACM Trans. Netw.*, 10:477–486.
- Holland, G. and Vaidya, N. (1999). Analysis of tcp performance over mobile ad hoc networks. In *Proceedings of the 5th Annual ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking*, pages 219–230.
- Klemm, A., Lindemann, C., and Waldhorst, O. (2003). A special-purpose peer-to-peer file sharing system for mobile ad hoc networks. *IEEE 58th Vehicular Technology Conference*, 4:2758–2763.
- Ko, S. K. and Kim, Y. H. (2009). Network-aware p2p content sharing over manet. In *Tenth International Conference on Mobile Data Management: Systems, Services and Middleware (MDM)*, pages 661–65.
- Kortuem, G., Schneider, J., Preuitt, D., Thompson, T., Fickas, S., and Segall, Z. (2001). When peer-to-peer comes face-to-face: Collaborative peer-to-peer computing in mobile ad hoc networks. In *Proceedings of the First International Conference on Peer-to-Peer Computing*, page 75.
- Kozat, U., Koutsopoulos, I., and Tassiulas, L. (2004). A framework for cross-layer design of energy-efficient communication with qos provisioning in multi-hop wireless networks. In *Twenty-third Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies*, volume 2, pages 1446–1456.
- Krifa, A., Sbai, M. K., Barakat, C., and Turletti, T. (2009a). Bithoc: A content sharing application for wireless ad hoc networks. *Pervasive Computing and Communications, IEEE International Conference on*, 0:1–3.
- Krifa, A., Sbai, M. K., Barakat, C., and Turletti, T. (2009b). A standalone content sharing application for spontaneous communities of mobile handhelds. In *MobiHeld '09: Proceedings of the 1st ACM workshop on Networking, systems, and applications for mobile handhelds*, pages 77–78, New York, NY, USA. ACM.
- Lee, S.-B., Ahn, G.-S., and Campbell, A. (2001). Improving udp and tcp performance in mobile ad hoc networks with insignia. *IEEE Communication Magazine*.
- Lee, U., Park, J.-S., Yeh, J., Pau, G., and Gerla, M. (2006). Code torrent: content distribution using network coding in vanet. In *MobiShare '06: Proceedings of the 1st international workshop on Decentralized resource sharing in mobile computing and networking*, pages 1–5, New York, NY, USA. ACM.
- NS-2 (2010). The network simulator. <http://www.isi.edu/nsnam/ns>.
- Oliveira, L., Siqueira, I., and Loureiro, A. (2005). On the performance of ad hoc routing protocols under a peer-to-peer application. *Journal on Parallel and Distributed Computing*, 65(11):1337–1347.
- Passarella, A., Delmastro, F., and Conti, M. (2006). Xscribe: a stateless, cross-layer approach to p2p multicast in multi-hop ad hoc networks. In *MobiShare '06: Procee-*

- dings of the 1st international workshop on Decentralized resource sharing in mobile computing and networking*, pages 6–11, New York, NY, USA. ACM.
- Quental, N. C. and Gonçalves, P. A. (2010). Cds-bittorrent: Um sistema de disseminação de conteúdo para a melhoria do desempenho de aplicações bittorrent sobre manets. In *VI Workshop de Redes Dinâmicas e Sistemas Peer-to-Peer (WP2P)*.
- Rajagopalan, Sundaram, Shen, and Chien-Chung (2006). A cross-layer decentralized bittorrent for mobile ad hoc networks. In *Third Annual International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems: Networking & Services*, pages 1–10.
- Sbai, M. K. and Barakat, C. (2009). Revisiting p2p content sharing in wireless ad hoc networks. *Lecture Notes in Computer Science*, 5918:13–25.
- Sbai, M. K., Barakat, C., Choi, J., Hamra, A. A., and Turletti, T. (2008). *Adapting BitTorrent to Wireless Ad Hoc Networks*, volume 5198, pages 189–203. Springer Berlin / Heidelberg.
- Souza, C. and Nogueira, J. M. (2008). Um estudo do bittorrent em redes ad hoc sem fio críticas com localidade espaço-temporal. In *XXV Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos*, pages 329–342.
- Wang, F. and Zhang, Y. (2002). Improving tcp performance over mobile ad hoc networks ith out-of-order detection and response. In *Proceedings of the 3rd ACM International Symposium on Mobile Ad Hoc Networking & Computing*, pages 217–225.
- Y. Charlie Hu, S. D. and Pucha, H. (2003). Exploiting the synergy between peer-to-peer and mobile ad hoc networks. In *9th Workshop on Hot Topics in Operating Systems*, pages 37–42, Lihue, HI, USA.