



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) BR 112014016794-0 B1



(22) Data do Depósito: 03/01/2013

(45) Data de Concessão: 30/08/2022

(54) Título: MÉTODO PARA REDUZIR O TEMPO DE GUARDA DE UM SISTEMA EM REDE ESPECÍFICO MÓVEL (MANET), E, SISTEMA EM REDE ESPECÍFICO MÓVEL (MANET)

(51) Int.Cl.: H04W 84/18; H04W 74/04.

(30) Prioridade Unionista: 12/01/2012 IL 217506.

(73) Titular(es): RAFAEL ADVANCED DEFENSE SYSTEMS LTD..

(72) Inventor(es): MICHAL WERMUTH; YOAV WERMUTH.

(86) Pedido PCT: PCT IL2013050008 de 03/01/2013

(87) Publicação PCT: WO 2013/105085 de 18/07/2013

(85) Data do Início da Fase Nacional: 07/07/2014

(57) Resumo: MÉTODO PARA REDUZIR O TEMPO DE GUARDA DE UM SISTEMA EM REDE ESPECÍFICO MÓVEL (MANET), E, SISTEMA EM REDE ESPECÍFICO MÓVEL (MANET). A presente invenção é direcionada para um método para reduzir o tempo de guarda de um sistema de rede específico móvel (MANET) durante recepção, de acordo com o qual uma arquitetura de transceptor que é fornecida em cada nó, inclui uma combinação de um transmissor de salto e uma pluralidade de receptores de salto independentes de banda estreita que são capazes de receber e processar toda a banda operacional designada para o sistema, de uma vez, e que inclui frequências de canal selecionadas de maneira dinâmica dentro de uma largura de banda operacional larga. Alternativamente, a arquitetura de transceptor inclui um receptor de banda larga não de salto, capaz de receber e processar de uma vez toda a banda operacional designada para o sistema. Diversos canais dispersados de maneira arbitrária sobre uma banda de frequência designada para o sistema são recebidos de maneira simultânea enquanto mantendo a arquitetura do sistema MANET. Os padrões de salto de transmissão são determinados para utilizar o número mínimo possível de frequências. Para cada nó de transmissão, intervalos de tempo nas quais um (...).

“MÉTODO PARA REDUZIR O TEMPO DE GUARDA DE UM SISTEMA EM REDE ESPECÍFICO MÓVEL (MANET), E, SISTEMA EM REDE ESPECÍFICO MÓVEL (MANET)”

Campo da Invenção

[0001] A presente invenção refere-se ao campo de comunicação móvel. Mais particularmente, a invenção refere-se a um sistema e método para melhorar a eficiência espectral e escalabilidade de redes móveis específicas.

Fundamento da Invenção

[0002] Redes móveis específicas (MANETs) são redes sem fio autoformadas e autorrestabelecíveis que suportam dados e/ou comunicação de voz entre nós móveis ou estacionários, sem qualquer infraestrutura física.

[0003] Uma MANET é um tipo de rede em malha (“Mesh Network”) com capacidades de mobilidade adicionadas. Em rede de comunicação de malha cada nó na rede pode atuar como um roteador independente a despeito de se ou não ele está conectado a outra rede. Ele fornece conexões contínuas e reconfiguração ao redor de trajetos partidos ou bloqueados “saltando” de um nó para outro nó até que o destino seja alcançado. A Fig. 1 (técnica precedente) mostra um trajeto de conexão tomado como exemplo entre nó “A” e nó “B” em uma típica rede em malha.

[0004] Redes em malha são autorrecuperáveis: a rede pode ainda operar quando um nó quebra ou quando a qualidade de uma conexão é baixa. MANET é uma rede em malha, capaz de lidar com os problemas introduzidos pela mobilidade dos nós. Uma das desvantagens de redes em malha é que se diversos assinantes precisam saltar através do mesmo nó, isto cria um “gargalo” naquele nó, e a velocidade de dados dos assinantes em disputa é substancialmente reduzida.

[0005] Cada nó móvel administra tabelas de roteamento dinâmicas que rastreiam a topologia MANET. As tabelas de roteamento podem ser

estabelecidas operando qualquer protocolo de roteamento adequado para MANETs, por exemplo, Optimized Link State Routing Protocol - Protocolo de roteamento de estado de enlace otimizado - (OLSR - um protocolo de roteamento IP otimizado para redes específicas móveis), ou protocolo de roteamento Ad-hoc On-Demand Distance Vector - Protocolo de roteamento de vetor distância específico sob demanda - (AODV - um protocolo para redes móveis específicas. OLSR é um algoritmo pró-ativo de Estado de Enlace (LS) que mantém a informação de estado de enlace rádio, e AODV é um algoritmo reativo Vetor Distância (DV) que mantém apenas as distâncias para todos os outros nós. A topologia pode incluir possivelmente parâmetros adicionais tais como qualidade de enlace, localização física, e frequência de canal.

[0006] MANETs podem ser utilizados seja em ambiente militar ou em áreas onde a infraestrutura existente sofreu um colapso (por exemplo, áreas de desastre) ou não é suficiente. Em anos recentes tem havido uma necessidade crescente por capacidades MANET de banda larga para suportar mais usuários (nós) e mais aplicações que demandam. Contudo, o recurso espectro é escasso, e algoritmos MANET correntes não exploram o espectro eficientemente de forma suficiente para alcançar as necessidades crescentes.

[0007] Os nós MANET são identificados por um nó ID e operam um algoritmo distribuído Medium Access Control (MAC) - Controle de acesso de mídia - que aloca recursos de tempo a nós em cada canal MANET. O sistema utiliza um número limitado de canais rádio embora gerenciando cada canal separadamente, e dividindo a linha de tempo de cada canal entre os nós MANET. Se a linha de tempo é dividida para faixas como mostrado na Fig. 2), a divisão de tempo entre nós MANET é chamada "TDMA", a saber, "Time Division Multiple Access - Acesso Múltiplo em Divisão de Tempo - (um método de acesso de canal para redes de mídia compartilhadas que permite a diversos usuários compartilharem o mesmo canal de frequência

dividindo o sinal em diferentes intervalos de tempo).

[0008] Em redes MANET sem fio, algoritmos distribuídos sofisticados são necessários para gerenciar o acesso a diversos canais rádio, que determinam para cada nó quando receber e quando transmitir em qualquer canal para cada período de tempo.

[0009] Em um ajustamento MANET padrão (onde um transceptor pode receber somente um canal de cada vez) uma vez que a frequência do canal tenha sido ajustada, a rede em malha é carregada somente entre os assinantes que estão sintonizados para aquele canal, e o algoritmo MAC tem significado somente dentro do canal selecionado que é cego para todos os outros canais. Embora a frequência de canal possa ser selecionada entre diversas frequências, uma vez que ela tenha sido escolhida ela se torna não relacionada à operação em rede. Assim, um sistema MANET com uma coleção de canais é de fato uma coleção de sistemas MANET paralelos não conectados, cada um trabalhando apenas em seu próprio canal com velocidade de dados e desempenho de confiabilidade limitado pela largura de um único canal. Esta observação é também verdadeira quando a linha de tempo é dividida em intervalos de tempo: durante cada intervalo de tempo em cada canal um diferente MANET é gerenciado, e os participantes daquele MANET operam algoritmos distribuídos para decidir como dividir o canal entre eles (isto é, para determinar que nó irá transmitir, em que momento. Portanto, sempre que um receptor de salto é utilizado, um “tempo de guarda” (o máximo atraso de propagação que pode ocorrer no sistema) é utilizado como uma margem de segurança antes que o receptor seja deixado saltar para a próxima frequência. Contudo, este tempo de guarda se soma a períodos em vazio no intervalo de tempo, retardando assim com o ciclo TDMA e prejudicando eficiência-tempo do sistema.

[00010] É, portanto um objetivo da presente invenção melhorar a eficiência espectral e a escalabilidade de sistemas MANET enquanto

reduzindo o tempo de guarda alocado para os intervalos de tempo.

[00011] É ainda outro objetivo da presente invenção fornecer um sistema MANET melhorado que seja capaz de reduzir latência (a quantidade de tempo que leva um pacote de dados para mover através de uma conexão em rede).

[00012] Outros objetivos e vantagens da invenção se tornarão evidentes quando a descrição prosseguir.

Sumário da Invenção

[00013] A presente invenção é direcionada para um método para reduzir o tempo de guarda de um sistema em rede específico (MANET) durante recepção, de acordo com o qual uma arquitetura de transceptor que é fornecida em cada nó inclui uma combinação de um transmissor de salto e a uma pluralidade de receptores de salto independentes de banda estreita, que são capazes de receber e processar toda a banda operacional designada para o sistema, de uma vez, e que incluem frequências de canal selecionadas de maneira dinâmica dentro de uma largura de banda operacional larga. Alternativamente, a arquitetura de transceptor inclui um receptor de banda larga não de salto capaz de receber e processar toda a banda operacional designada para o sistema, de uma vez.

[00014] Diversos canais dispersados de maneira arbitrária sobre uma banda de frequência designada para o sistema, são recebidos de maneira simultânea enquanto mantendo a arquitetura do sistema MANET. Os padrões de salto de transmissão são determinados para utilizar um número mínimo possível de frequências. Para cada nó que transmite, intervalos de tempo nos quais um receptor de contrapartida em cada nó ativo remanescente não está transmitindo e um canal de frequência no qual nenhum outro nó ativo transmite, são encontrados. A frequência de transmissão é então determinada, e se nenhum outro nó escolheu o mesmo intervalo de tempo, e se com transceptor não está transmitindo na faixa, a transmissão é recebida enquanto

permitindo que nós relé transmitam de maneira simultânea utilizando canais diferentes. Sempre que uma pluralidade de receptores independentes de banda estreita é utilizada para recepção, tempo de guarda é alocado para intervalos de tempo sob demanda. De outra maneira, nenhum tempo de guarda é alocado para os intervalos de tempo.

[00015] De acordo com uma modalidade, o receptor de banda larga recebe em diversos canais simultaneamente e inclui:

- a) um pré-seletor de banda global para selecionar uma faixa de frequência;
- b) um amplificador de baixo ruído global para amplificar a faixa selecionada;
- c) uma unidade de controle de ganho global para controlar o ganho global do receptor de referência;
- d) um filtro antisserrilhado para filtrar os sinais amplificados;
- e) um ou mais conversores analógico para digital (ADCs) para amostrar o sinal recebido;
- f) um acionador ADC para controlar a operação dos ADCs;
- g) uma unidade de controle para controlar o ganho da unidade de controle de ganho global; e
- h) uma unidade de processamento de sinal digital para processar de uma vez amostras a partir da banda RF.

[00016] Nós podem receber e transmitir utilizando transceptores *full-duplex* ou *half-duplex*.

[00017] O tempo de guarda pode ser alocado sob demanda por meio de:

- a) ordenar todos os canais RF em sequência indexando-os de acordo com um padrão de salto;
- b) permitir um receptor saltar sobre frequências indexadas pares e permanecer em cada frequência por um período de tempo igual a um

intervalo de tempo mais a diferença máxima de atraso de propagação que pode ocorrer entre quaisquer dois nós; e

c) permitir outro receptor saltar sobre frequências indexadas ímpares e permanecer em cada frequência por um período de tempo igual a um intervalo de tempo mais a diferença máxima de atraso de propagação que pode ocorrer entre quaisquer dois nós.

[00018] Opcionalmente nenhum tempo de guarda é alocado para intervalos de tempo.

[00019] Sempre que um receptor convencional com dois ou mais canais de recepção simultâneos independentes é utilizado, o tempo de guarda alocado a intervalos de tempo é reduzido por meio de:

a) ordenar todos os canais RF por Indexação sequencialmente de acordo com o padrão de salto;

b) permitir que um primeiro receptor salte sobre frequências indexadas pares e permaneça em cada frequência por um período de tempo igual a um intervalo de tempo mais a diferença máxima de atraso de propagação que pode ocorrer entre quaisquer dois nós; e

c) permitir a um segundo receptor, escalonado em tempo por um intervalo de tempo em relação ao primeiro receptor, a saltar sobre frequências indexadas ímpares e permanecer em cada frequência por um período de tempo igual a um intervalo de tempo mais a diferença máxima de atraso de propagação que pode ocorrer entre quaisquer dois canais.

[00020] Sempre que a duração da diferença máxima de atraso de propagação possível seja mais do que o comprimento de um intervalo de tempo, o tempo de guarda pode ser omitido utilizando mais do que dois receptores.

[00021] Sempre que um único receptor de banda larga é utilizado, o tempo de guarda pode ser omitido sem indexação de canal ou sincronização de intervalo de tempo de receptor.

[00022] O tempo de guarda pode ser reduzido com mais do que um salto de frequência por intervalo de tempo ou com um atraso máximo mais curto do que o período de salto de frequência.

[00023] A presente invenção é direcionada para um sistema móvel de rede de comunicação específico (MANET) com um tempo de guarda reduzido durante recepção, que compreende:

- a) uma arquitetura de transceptor fornecida em cada nó, que inclui uma combinação de um transmissor de salto, e
 - a.1) uma pluralidade de receptores de salto independentes de banda estreita que estão sendo capazes de receber e processar toda a banda operacional designada para o sistema, de uma vez, e que inclui frequências de canal selecionadas de maneira dinâmica dentro de uma largura de banda operacional larga, ou
 - a.2) um receptor de banda larga de não salto que é capaz de receber e processar toda a banda operacional designada para o sistema de uma vez;

no qual, o sistema MANET é adaptado para:

- b) simultaneamente receber diversos canais dispersados de maneira arbitrária sobre uma banda de frequência designada para o sistema enquanto mantendo sua arquitetura;
- c) determinar padrões de salto de transmissão para utilizar o número mínimo possível de frequências;
- d) para cada nó de transmissão encontrar intervalos de tempo nas quais um receptor de contrapartida em cada nó ativo remanescente não está transmitindo e um canal de frequência no qual nenhum outro nó ativo transmite;
- e) para cada nó de transmissão determinar frequência de transmissão;
- f) para cada nó de transmissão se nenhum outro nó escolheu o mesmo

intervalo de tempo e se o transceptor não está transmitindo na faixa, receber a transmissão enquanto permitindo que nós relé transmitam simultaneamente utilizando diferentes canais;

- g) alocar tempo de guarda para intervalos de tempo sob demanda ou de outra maneira, não alocar um tempo de guarda para os intervalos de tempo, tal modo que a qualquer momento uma pluralidade de receptores independentes de banda estreita são utilizados para recepção.

Breve Descrição dos Desenhos

Nos desenhos:

- Fig. 1 (técnica precedente) mostra uma conexão em malha típica convencional;
- Fig. 2 (técnica precedente) mostra um ciclo TDMA típico;
- Fig. 3a é um diagrama de blocos de um receptor de referência com dois canais de recepção independentes de acordo com uma modalidade da invenção;
- Fig. 3b ilustra um diagrama de blocos de uma versão expandida com quatro canais receptores independentes de acordo com uma modalidade da invenção;
- Fig. 3c ilustra um diagrama de blocos de um receptor de referência de acordo com uma modalidade da invenção;
- Fig. 4 é um diagrama de blocos de um transmissor de referência de banda larga de acordo com uma modalidade da invenção;
- Fig. 5 (técnica precedente) ilustra um possível deslocamento de nós próximo-afastado em um sistema MANET onde um nó está próximo a um nó, porém está afastado de outro nó;
- Fig. 6a (técnica precedente) mostra um caso específico do MANET da Fig. 6 no qual a alocação de tempo de guarda fixo consome 50% do tempo do ciclo;

- Fig. 6b mostra um caso específico do MANET da Fig. 5 sem tempo de guarda de acordo com uma modalidade da invenção; e

- Fig. 6c mostra uma modalidade da invenção implementada utilizando a arquitetura de transceptor MANET melhorada.

Descrição Detalhada da Invenção

[00024] O sistema MANET melhorado proposto pela presente invenção utiliza um receptor de banda larga juntamente com processamento de sinal sofisticado para tirar proveito da recepção simultânea de diversos canais dispersados de maneira arbitrária sobre uma faixa de frequência de banda larga enquanto permanecendo dentro do contexto da arquitetura MANET.

[00025] A arquitetura de transceptor do sistema MANET melhorado inclui um transmissor independente que pode operar em canais fixos predeterminados ou pode ser de salto de acordo com alguma sequência de salto e velocidade.

[00026] Um MANET eficiente em espectro com eficiência em tempo aumentada e latência reduzida, utiliza recepção simultânea e compreende um receptor de referência e um transmissor de referência.

Receptor de referência da técnica precedente

[00027] Para a finalidade de ilustrar as implementações básicas dos algoritmos MANET melhorados, ou uma configuração de referência de dois receptores ou uma configuração de referência de quatro receptores é escolhida como o receptor de referência.

[00028] A Fig. 3a ilustra um diagrama de blocos de um receptor de referência da técnica precedente com dois canais de recepção independentes. Linhas cheias indicam trajetos de rádio frequência RF e linhas tracejadas indicam trajetos de controle. A arquitetura de receptor inclui no mínimo dois trajetos de recepção independentes, cada um fornecendo um canal de recepção programável de maneira individual. O receptor de referência 30

compreende um pré-seletor de banda global 31 que seleciona a faixa e a fornece para um amplificador global de baixo ruído 32 (Low Noise Amplifier - LNA) para amplificação. A faixa global é dividida em subfaixas por meio de filtros pré-seletores programáveis 33a e 33b. Os sinais de oscilador local - Local Oscillator (LO) - alimentando os misturadores 34a e 34b em frequências variáveis f_1 e f_2 (para a versão de dois canais como mostrado na Fig. 3a) ou f_1 , f_2 , f_3 e f_4 (para a versão de quatro canais como mostrado na Fig. 3b) são gerados por sintetizadores independentes 35a e 35b, cada um programado pela unidade central 36. Os sinais LO, os alcances de sub-banda e os níveis de controle de ganho, são determinados de maneira dinâmica pela unidade de controle digital 36 de acordo com os métodos de recepção empregados, e a frequência e força dos canais de recepção desejados. As saídas dos misturadores estão em uma frequência intermediária baixa comum (IF) e são conectados à unidade de processamento de sinal 37, usualmente do tipo FPGA (devido à alta velocidade de processamento requerida) que carrega amostragem de sinal (na frequência IF) e processamento digital de todos os canais de maneira simultânea.

[00029] Receptores multicanal até quatro canais independentes já foram tornados disponíveis comercialmente. Por exemplo, Rockell-Collins oferece o “Flex-Net-Four” que inclui até quatro receptores programáveis de maneira independente sobre as bandas HF/VHF/UHF (2 / 2000 MHz) e IAI/ELTA oferece o “ARC840D”, que vem em configuração de dois receptores e quatro receptores programáveis de maneira independente sobre as bandas VHF/UHF (30/1220 MHz). Assim, arquiteturas de receptor com até quatro receptores independentes são de factibilidade provada. Mais canais independentes podem ser facilmente adicionados replicando os ramais paralelos.

[00030] A Fig. 3b ilustra um diagrama de blocos para uma versão expandida da Fig. 3a com quatro canais de recepção independentes. Linhas

cheias indicam trajetos de rádio frequência RF, linhas tracejadas indicam trajetos de controle. Uma vez que a complexidade do hardware de cresce rapidamente, mais do que quatro canais pode se tornar menos prático. Um sistema similar pode ser conseguido por qualquer pessoa versada na técnica.

Receptor de referência MANET melhorado

[00031] A Fig. 3c ilustra um diagrama de blocos de um receptor de referência de acordo com uma modalidade da invenção. Linhas cheias indicam trajetos RF, a linha tracejada indica um trajeto de controle e a seta larga indica um barramento de dados. Utilizando por exemplo a banda UHF 225-400 MHz que é normalmente alocada para comunicações trazidas pelo ar, é possível construir receptores que podem receber simultaneamente toda a banda com alcance dinâmico suficiente. As tecnologias que possibilitam tais receptores são (1) conversores analógico para digital (ADC) que realizam amostragem de sinal direto em rádio frequência (RF) e praticamente estabelecem o limite para a largura de banda do sistema e faixa dinâmica, (2) a seção de processamento de sinal digital que processa toda a banda RF de uma vez, e é usualmente implementada utilizando o sistemas de porteira de campo programável (FPGA) quando lidando com sistemas de largura de banda elevada. Tal arquitetura de receptor é correntemente viável para diversos sistemas. Energia de processamento digital é agora suficiente para aproximadamente todas as aplicações, bem como tecnologia ADC que é suficiente para a maior parte de sistemas que requerem alcance dinâmico o mais elevado possível. Um exemplo de um ADC moderno que pode ser utilizado na implementação de receptor rádio de referência de banda larga é o ADC12D1800 por National Semiconductors, um ADC de canal duplo com uma frequência de amostragem máxima de 1800 MHz em cada um dos canais. Este dispositivo está visando especificamente software de banda larga de rádios definidos. Assim, diferentemente de um receptor da técnica precedente que recebe somente alguns canais de uma vez, dividindo a banda

em sub-bandas e reprogramando em sequência a frequência dos canais, o receptor de referência processa toda a banda de uma vez, isto é, recebe todos os canais de maneira simultânea.

Transmissor de referência

[00032] A Fig. 4 ilustra um diagrama de blocos de um transmissor de referência capaz de operar em ambos, modos de banda larga e salto de frequência de acordo com uma modalidade da invenção. Linhas cheias indicam trajetos RF, a linha tracejada indica trajeto de controle e a seta larga indica um barramento de dados. Esta arquitetura de transmissor é a mais provável de ser selecionada para aplicações de banda larga por uma pessoa versada na técnica. As amostras do sinal modulado, direto na frequência final, são geradas matematicamente pela unidade de processamento de sinal em uma forma digital e convertida para forma analógica por meio de um conversor digital para analógico de alta velocidade (DAC) tal como o AD9739A (Analog Devices) que é capaz de operar a uma velocidade de até 2,5 giga-amostras/segundo. As amostras de sinal a partir do DAC são transformadas para forma analógica por um filtro de reconstrução de banda global e pré-amplificadas por um amplificador RF de nível baixo. Então o sinal é alimentado para um atenuador de controle de energia cujo nível de atenuação é controlado de maneira dinâmica pela unidade de controle. Um filtro de banda global na saída do atenuador limpa produtos de distorção afastada gerados pelo pré-amplificador. A saída do filtro é alimentada para um acionador RF que a amplifica para um nível suficiente para acionar o amplificador de energia final (PA) até a energia de transmissão máxima permitida. A saída do PA passa através de um filtro harmônico de banda global que limpa os produtos PA em múltiplos da frequência de transmissão, e então o sinal alcança a antena transmissora.

Melhorando a eficiência de espectro de um MANET

[00033] A presente invenção propõe um novo método de

implementação um MANET que utiliza o espectro de maneira mais eficiente do que na técnica precedente, e fornece velocidades de dados mais elevadas e latência mais curta do que métodos de implementação MANET existentes o fazem. O sistema MANET melhorado proposto pela presente invenção explora a capacidade do receptor de referência receber de maneira simultânea toda a faixa de frequência (quando o receptor de referência MANET melhorado é empregado) ou diversos canais sobre um alcance de frequência de banda larga (utilizando um receptor de referência da técnica precedente), enquanto no contexto de uma arquitetura MANET.

Factibilidade prática:

[00034] Os algoritmos MANET melhorados propostos pela presente invenção utilizam transceptores *half-duplex*. Transceptores *half-duplex* são flexíveis e fáceis de implementar, uma vez que se está preocupado somente com proteger o receptor quanto à queima durante a transmissão. Em uma implementação possível, esta proteção pode ser alcançada facilmente e de maneira econômica por meio de uma única unidade conhecida como comutador-antena, que é capaz de operar de maneira correta a despeito da frequência de operação.

Utilizando MANET melhorado para aumentar eficiência de tempo para MANETs convencionais

[00035] Em sistemas MANET convencionais, a distância física relativa entre cada dois nós é o resultado de requisitos operacionais no campo. Usualmente as distâncias acima não são conhecidas antecipadamente, elas têm comprimentos randômicos e podem ser muito diferentes uma da outra. Por exemplo, no sistema MANET mostrado na Fig. 5 o nó D está perto do modo B, porém afastado do nó A. O atraso de tempo devido à propagação de onda eletromagnética desde o nó A até o nó D é d .

[00036] Se ambos os nós B e A desejam transmitir para o nó D o tempo de propagação da transmissão a partir de A até B será maior do que o

tempo de propagação da transmissão a partir de B até D. Uma vez de acordo com o esquema TDMA convencional, o nó D está ouvindo durante os intervalos de tempo de comprimento fixo para receber cada nó no sistema, se a transmissão do nó A chega com atraso, parte do pacote de dados ou mesmo todo o pacote de dados será perdido. Isto acontece porque o nó D irá comutar para a frequência de outro nó antes que todos os dados a partir do nó A o alcancem. O mesmo acontece também em modo de salto de frequência onde os nós saltam através de diversas frequências durante um único intervalo de tempo TDMA, uma vez que o nó D irá saltar para uma nova frequência antes que toda a transmissão a partir de A no salto de frequência corrente tenha alcançado seu destino. Para superar este problema, em esquemas de salto de frequência/TDMA da técnica precedente, ao final de cada intervalo de tempo (não importa se existe somente um salto de frequência naquela intervalo de tempo ou mais do que um), a camada física pré-aloca um tempo de guarda igual ao atraso de propagação máximo que pode ocorrer no sistema, de modo que ambas as transmissões de atraso curto e de atraso longo podem alcançar seu destino antes que o receptor seja deixado saltar para a próxima frequência. Este tempo de guarda soma períodos em vazio ao intervalo de tempo, retardando assim o ciclo TDMA e prejudicando a eficiência em tempo do sistema.

[00037] De acordo com uma modalidade da invenção o sistema permite omitir o tempo de guarda pré-alocado na camada física e, ao invés disto, o aloca sob demanda. Esta modalidade pode ser implementada em qualquer receptor da técnica precedente com dois ou mais canais de recepção simultâneos independentes como a seguir: se todos os canais RF são ordenados indexando-os sequencialmente de acordo com o padrão de salto, o receptor #1 salta sobre frequências indexadas pares e permanece em cada frequência por um período de tempo igual a um intervalo de tempo mais a diferença máxima de atraso de propagação que pode ocorrer entre quaisquer

dois nós. O receptor #2 faz exatamente o mesmo, exceto que ele salta sobre frequências indexadas ímpares e é escalonado em tempo por um intervalo de tempo relativa ao receptor #1. Com este arranjo pode ser facilmente apreciado a partir do exemplo na Fig. 6b que ambos, transmissores próximos com atraso curto, e transmissores afastados com atraso longo, são recebidos de maneira correta por qualquer um dos receptores.

[00038] Pode ser facilmente apreciado, contudo, que se a duração da diferença máxima de atraso de propagação possível é mais do que o comprimento de um intervalo de tempo, então mais do que dois receptores serão requeridos para omitir o tempo de guarda utilizando receptores da técnica precedente. Além disto, mesmo a configuração básica de dois receptores adiciona hardware considerável e complexidade de software. A dificuldade acima é superada utilizando a arquitetura de receptor MANET melhorada, a qual, com um método adequado permite omitir o tempo de guarda utilizando um único receptor e um algoritmo de baixa complexidade, como descrito abaixo.

[00039] A Fig. 6c mostra uma modalidade da invenção implementada utilizando a arquitetura de transceptor MANET melhorada. Aqui não há restrições ao comprimento do atraso, uma vez que o receptor está observando todos os canais simultaneamente, assim ele estará sempre pronto, não importa quão longo é o atraso, e, em oposição à implementação com um transceptor da técnica precedente, não há necessidade para indexação de canal ou sincronização do intervalo de tempo do receptor, o que reduz substancialmente ambas, a complexidade de hardware e de software. Além disto, o receptor não precisa conhecer as sequências de salto de frequência dos transmissores.

[00040] A omissão do tempo de guarda fixo melhora de maneira significativa a utilização de tempo. As Figs. 6a, 6b e 6c mostram um caso específico do MANET da Fig. 5, no qual existe apenas um salto de frequência

em cada transmissão e o comprimento do atraso de propagação máximo d (que corresponde à distância física), é igual a um período de uma única intervalo de tempo. Na Fig. 6a a alocação de tempo de guarda fixo consome 50% do tempo do ciclo. O melhoramento de tempo-eficiência devido à omissão do tempo de guarda da Fig. 6b e 6c é significativo. O tempo de guarda pode também ser economizado em outros esquemas TDMA com mais do que um salto de frequência por intervalo de tempo e/ou com atraso máximo mais curto do que o período de salto de frequência.

[00041] Uma vez que MANET melhorado opera em modo *half-duplex*, quando da comutação do estado de recepção para o estado de transmissão todos os trajetos de recepção se tornam desconectados. Assim, um código de correção de erro para frente - Forward Error Correction (FEC) - é introduzido para compensar a perda possível da cauda do último intervalo de tempo de recepção antes de alcançar o estado de transmissão. Contudo, uma vez que usualmente o sistema MANET melhorado permanece em modo de recepção por diversos intervalos de tempo antes de comutar para modo de transmissão, o FEC será requerido para corrigir somente uma pequena porcentagem do bloco de dados total. Assim, a velocidade FEC pode ser feita elevada e a taxa velocidade líquida de bits de dados não é apreciavelmente reduzida.

[00042] Os exemplos da descrição acima foram naturalmente fornecidos apenas para finalidades de ilustração, e não são projetados para limitar a invenção em qualquer modo. Como será apreciado pela pessoa versada, a invenção pode ser realizada em uma grande variedade de maneiras empregando mais do que uma técnica a partir daquelas descritas acima, todas sem exceder o escopo da invenção.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para reduzir o tempo de guarda de um sistema em rede específico móvel (MANET) durante recepção, caracterizado pelo fato de compreender:

- a) em cada nó fornecer uma arquitetura de transceptor que inclui uma combinação de um transmissor de salto; e,
 - a.1) uma pluralidade de receptores independentes de banda estreita de salto que são capazes de receber e processar pelo menos uma porção da banda operacional designada para dito sistema, de uma vez, e que inclui frequências de canal selecionadas de maneira dinâmica dentro de uma largura de banda operacional larga; ou,
 - a.2) um receptor de banda larga de não salto, capaz de receber e processar toda a banda operacional designada para dito sistema de uma vez;
- b) receber de maneira simultânea no mínimo diversos canais dispersados de maneira arbitrária sobre uma banda de frequência designada para dito sistema, enquanto mantendo a arquitetura de dito sistema MANET;
- c) determinar padrões de salto de transmissão para utilizar o número mínimo possível de frequências;
para cada nó de transmissão
- d) encontrar intervalos de tempo nas quais um transceptor de contrapartida em cada nó ativo remanescente não está transmitindo e um canal de frequência no qual nenhum receptor de contrapartida em cada nó ativo remanescente transmite;
- e) determinar frequência de transmissão do canal de frequência; e,
- f) se o transceptor no nó de transmissão não está transmitindo no intervalo, receber a transmissão;

no qual, sempre que uma pluralidade de transceptores independentes de banda estreita são utilizados para a recepção, alocar, pelo transceptor que transmite para a pluralidade de transceptores independentes de banda estreita, tempo de guarda para intervalos de tempo sob demanda de transmissão, antes de comutar de recepção para transmissão, de outra maneira, não alocar tempo de guarda para ditos intervalos de tempo.

2. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de o receptor de banda larga receber diversos canais simultaneamente e incluir:

- a) um pré-seletor de banda global para selecionar um alcance de frequência;
- b) um amplificador de ruído baixo global para amplificar o alcance selecionado;
- c) uma unidade de controle de ganho global para controlar o ganho global de dito receptor de referência;
- d) um filtro antisserrilhado para filtrar os sinais amplificados;
- e) um ou mais conversores analógicos para digital (ACDs) para amostrar o sinal recebido;
- f) um acionador ADC para controlar a operação de ditos ADCs;
- g) uma unidade de controle para controlar o ganho de dita unidade de controle de ganho global; e
- h) uma unidade de processamento de sinal digital para processar de uma vez amostras a partir da banda RF.

3. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de os nós receberem e transmitirem utilizando transceptores *full-duplex* ou *half-duplex*.

4. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de o tempo de guarda ser alocado sob demanda por meio de:

a) ordenar todos os canais RF sequencialmente indexando-os de acordo com um padrão de salto;

b) permitir a um receptor saltar sobre frequências indexadas pares e permanecer em cada frequência por um período de tempo igual a um intervalo de tempo mais a diferença máxima de atraso de propagação que pode ocorrer entre quaisquer dois nós; e,

c) permitir a outro receptor saltar sobre frequências indexadas ímpares e permanecer em cada frequência por um período de tempo igual a um intervalo de tempo mais a diferença máxima de atraso de propagação que pode ocorrer entre quaisquer dois nós.

5. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de nenhum tempo de guarda ser alocado para intervalos de tempo.

6. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato que sempre que um receptor convencional com dois ou mais canais de recepção simultâneos independentes for utilizado, o tempo de guarda alocado a intervalos de tempo é reduzido por:

a) ordenar todos os canais RF indexando-os sequencialmente de acordo com o padrão de salto;

b) permitir a um primeiro receptor saltar sobre frequências indexadas pares e permanecer em cada frequência por um período de tempo igual a um intervalo de tempo mais a diferença máxima de atraso de propagação que pode ocorrer entre quaisquer dois nós; e

c) permitir a um segundo receptor escalonado em tempo por um intervalo de tempo em relação a dito primeiro receptor, saltar sobre frequências indexadas ímpares e permanecer em cada frequência por um período de tempo igual a um intervalo de tempo mais a diferença máxima de atraso de propagação que pode ocorrer entre quaisquer dois nós.

7. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato que sempre que a duração da diferença máxima de atraso de propagação

possível ser mais do que o comprimento de um intervalo de tempo, o tempo de guarda ser omitido utilizando mais do que dois receptores.

8. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato que sempre que um único receptor de banda larga for utilizado o tempo de guarda ser omitido sem Indexação de canal ou sincronização de intervalo de tempo de receptor.

9. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de o tempo de guarda ser reduzido com mais do que um salto de frequência por intervalo de tempo.

10. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de o tempo de guarda ser reduzido com atraso máximo mais curto do que o período de salto de frequência.

11. Sistema em rede específico móvel (MANET) com um tempo de guarda reduzido durante recepção, caracterizado pelo fato de compreender:

a) uma arquitetura de transceptor fornecida em cada nó, que inclui uma combinação de um transmissor de salto; e,

a.1) uma pluralidade de receptores independentes de banda estreita de salto que são capazes de receber e processar toda a banda operacional designada para dito sistema, de uma vez, e que inclui frequências de canal selecionadas de maneira dinâmica dentro de uma largura de banda operacional larga; ou,

a.2) um receptor de banda larga de não salto, que é capaz de receber e processar toda a banda operacional designada para dito sistema, de uma vez;

no qual, dito sistema MANET é adaptado para:

b) receber de maneira simultânea diversos canais dispersados de maneira arbitrária sobre uma banda de frequência designada para dito sistema, enquanto mantendo sua arquitetura;

c) determinar padrões de salto de transmissão para utilizar o número mínimo possível de frequências;

d) para cada nó de transmissão, encontrar intervalos de tempo nas quais um transceptor de contrapartida em cada nó ativo remanescente não está transmitindo e um canal de frequência no qual nenhum transceptor de contrapartida em cada nó ativo remanescente transmite;

e) para cada nó de transmissão, determinar frequência de transmissão do canal de transmissão; e

f) para cada nó de transmissão, se nenhum outro nó escolheu o mesmo intervalo de tempo e se o transceptor no nó de transmissão não está transmitido em dita faixa, receber a transmissão enquanto permitindo nós relés transmitirem simultaneamente utilizando canais diferentes;

g) sempre que uma pluralidade de transceptores independentes de banda estreita forem utilizados para recepção, alocar, pelo transceptor que transmite para a pluralidade de transceptores independentes de banda estreita, tempo de guarda a intervalos de tempo sob demanda de transmissão, antes de comutar de recepção para transmissão, ou, de outra maneira, não alocar tempo de guarda a ditos intervalos de tempo.

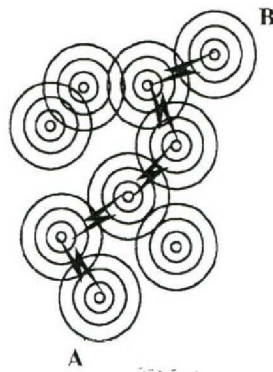


Fig. 1

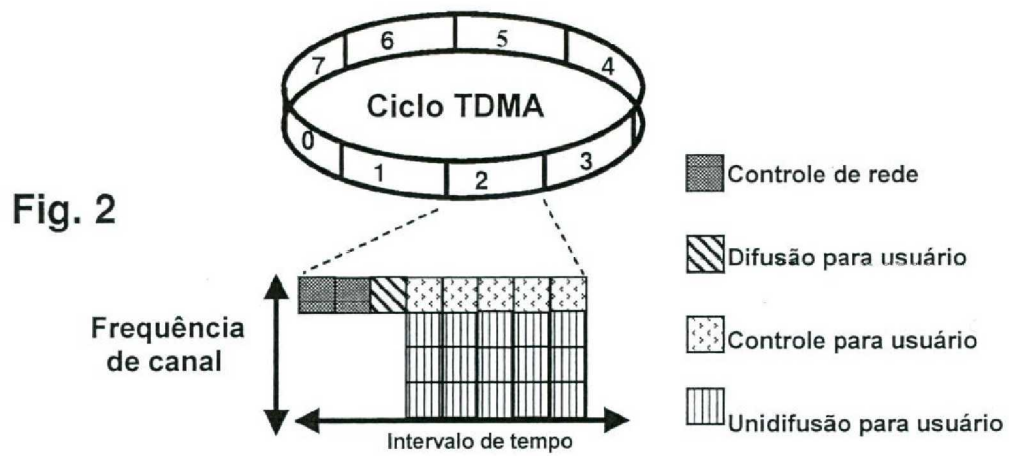


Fig. 2

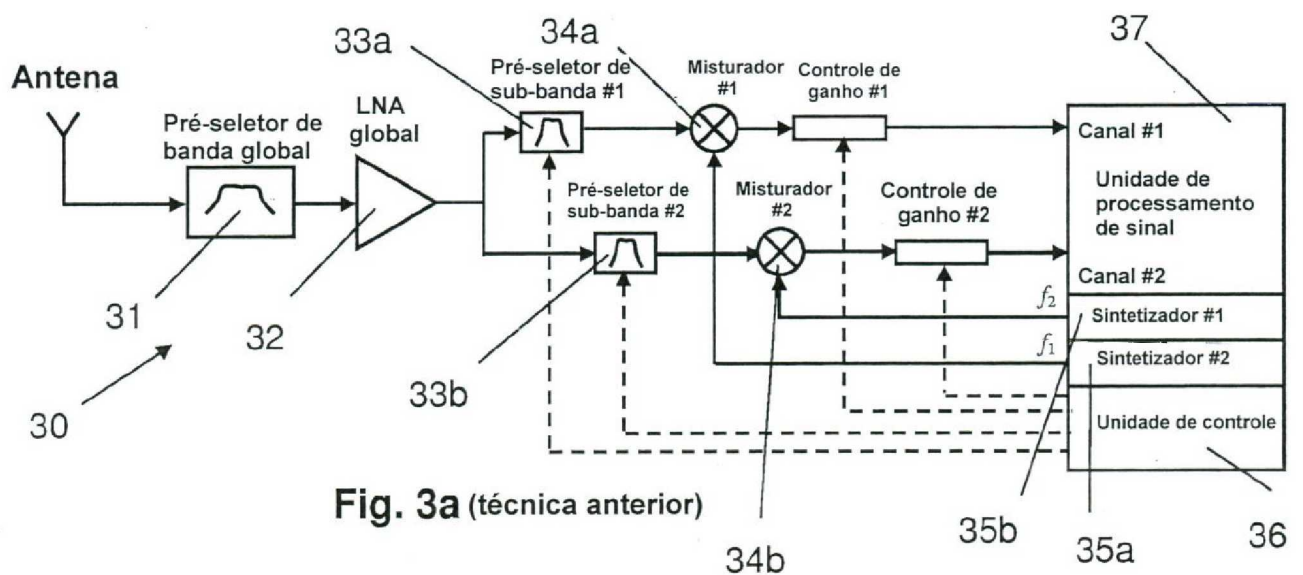


Fig. 3a (técnica anterior)

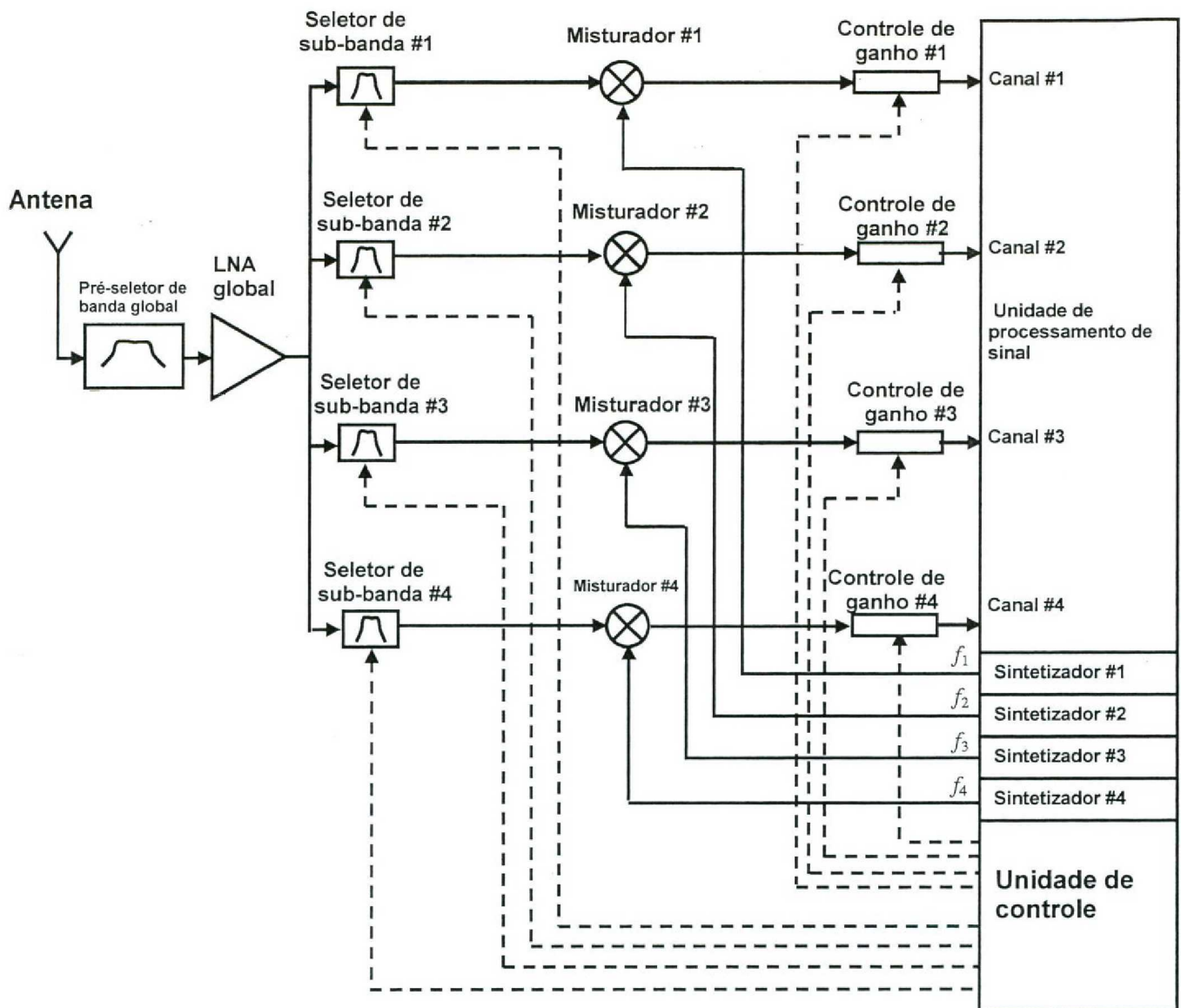


Fig. 3b (técnica anterior)

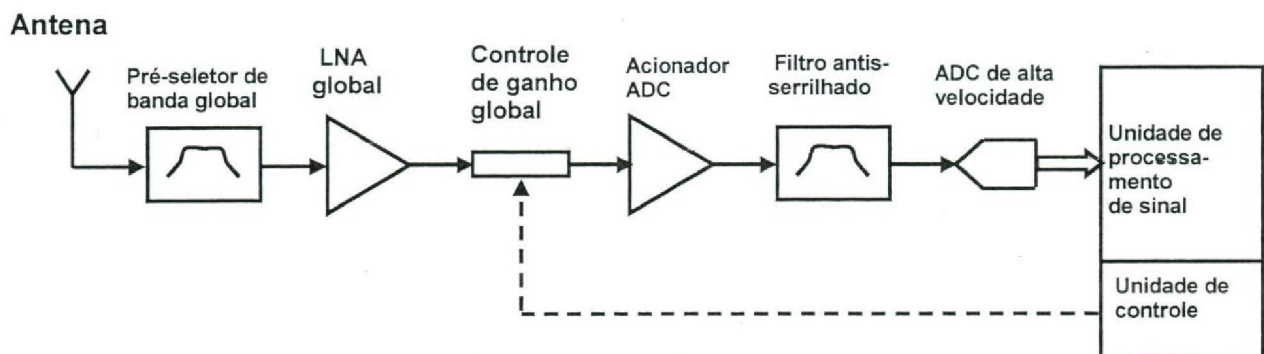


Fig. 3c

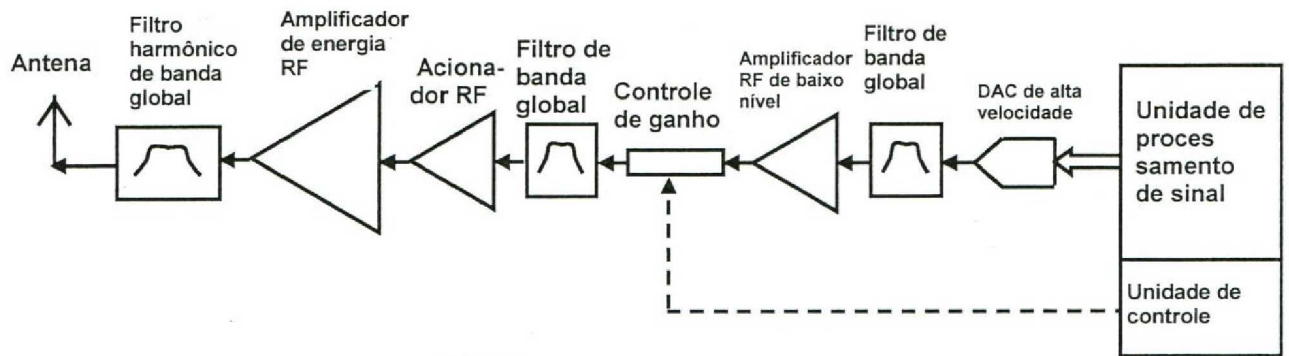


Fig. 4

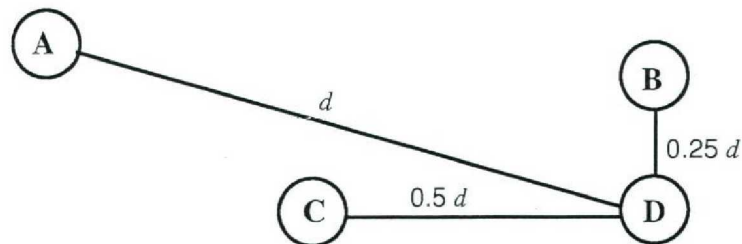


Fig. 5

Fig. 6a



Fig. 6b

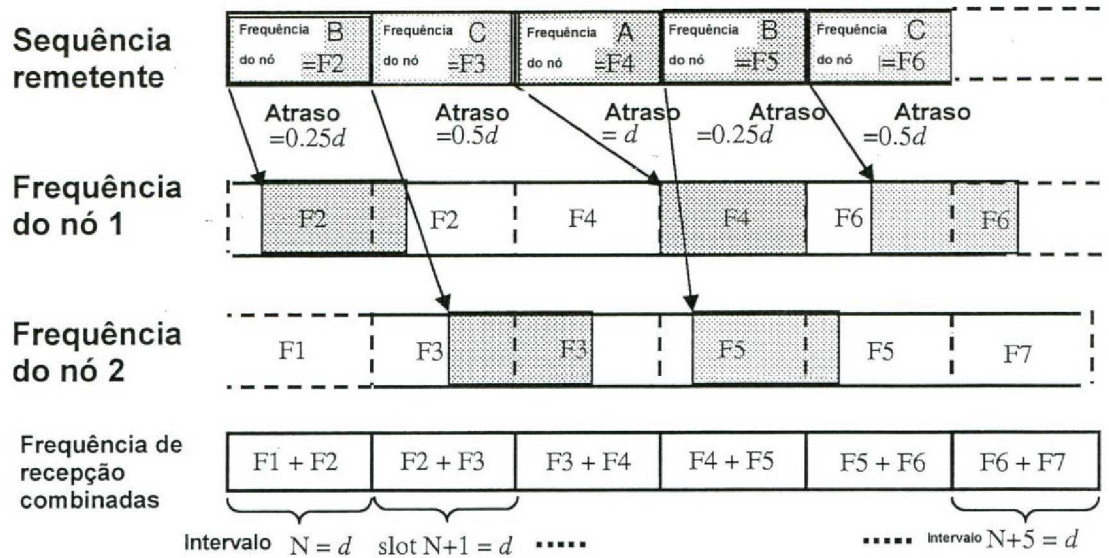


Fig. 6c

