



República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) PI 1104998-7 A2



(22) Data de Depósito: 30/11/2011
(43) Data da Publicação: 09/04/2013
(RPI 2205)

(51) Int.Cl.:
H04W 88/06
H04B 3/54
H04L 29/06

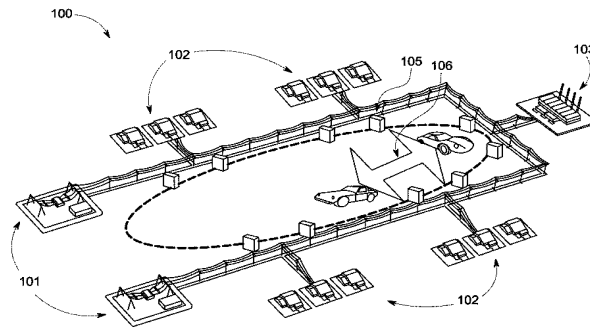
(54) Título: MÉTODO DE COMUNICAÇÃO DE DADOS PARA UMA GRADE DE ENERGIA, MEIO LEGÍVEL POR COMPUTADOR NÃO TRANSITÓRIO E SISTEMA

(30) Prioridade Unionista: 17/12/2010 US 12/971,299

(73) Titular(es): GENERAL ELECTRIC COMPANY

(72) Inventor(es): MICHAEL JOSEPH DELL'ANNO, STEPHEN FRANCIS BUSH

(57) Resumo: MÉTODO DE COMUNICAÇÃO DE DADOS PARA UMA GRADE DE ENERGIA, MEIO LEGÍVEL POR COMPUTADOR NÃO TRANSITÓRIO E SISTEMA. Trata-se de um sistema e método de comunicação de dados para uma grade de energia que determina os modos de transmissão de dados com e sem fio disponíveis e as rotas disponíveis nos modos com e sem fio disponíveis. Um peso é alocado para cada rota disponível e uma rota final para comunicação é determinada com base em uma função objetiva.



“MÉTODO DE COMUNICAÇÃO DE DADOS PARA UMA GRADE DE ENERGIA, MEIO LEGÍVEL POR COMPUTADOR NÃO TRANSITÓRIO E SISTEMA”

FUNDAMENTOS

5 Uma grade inteligente entrega eletricidade a consumidores enquanto alavanca a comunicação digital e as tecnologias de controle para minimizar o custo financeiro, economizar energia, e aumentar a confiabilidade. Se projetada propriamente, a grade inteligente terá um impacto significativo na melhora de uma grande variedade de aspectos na indústria de geração e
10 distribuição de energia elétrica. Os exemplos incluem auto cura, alta confiabilidade, resistência a ataques cibernéticos, acomodação de uma ampla variedade de tipos de geração distribuída e mecanismos de armazenamento, alocação de bens otimizada, e minimização de despesas de operação e manutenção assim como controle de mercado de alta definição que incorpora
15 uma medição avançada e resposta de demanda.

 Um componente importante da grade inteligente é a Automação de Distribuição (DA), que se refere às funções de monitoração, proteção, controle, e comunicação que ocorrem entre a subestação e as premissas ou consumidor. A proteção e a comutação são funções DA importantes. O sistema
20 de proteção DA deve ser automática e propriamente: 1) detectar e isolar uma falha na grade de distribuição, 2) determinar se as subestações de distribuição adjacentes à falha tem capacidade e conectividades suficientes para restaurar o serviço elétrico aos consumidores desconectados pelo o equipamento de isolamento de falha, e 3) operar comutações para conectar as subestações
25 adjacentes e restaurar o serviço elétrico. Hoje em dia, a maioria dos dispositivos de proteção de DA, como religadores, não se comunicam um com o outro mas operam de forma independente, sem ter ciência do estado dos outros dispositivos de proteção da condição da grade, além de seu próprio local.

Isto resulta em um isolamento menos do que ótimas de falhas onde um número maior do que o necessário de consumidores experimentam interrupções de serviço durante uma falha.

5 Por estas e outras razões, há uma necessidade para realizações da presente invenção.

BREVE DESCRIÇÃO

De acordo com uma realização da presente invenção, um sistema e método de comunicação de dados para uma grade de fornecimento de energia é fornecido. O sistema e o método incluem determinar os modos com e sem fio disponíveis de comunicações de dados e determinar rotas disponíveis nos modos com e sem fio disponíveis. Um peso é alocado a cada uma das rotas disponíveis e uma rota final para comunicação é determinada com base em uma função objetiva.

DESENHOS

15 As características e aspectos das realizações da presente invenção se tornarão melhor entendidos quando a descrição detalhada a é lida com relação aos desenhos em anexo em que as características similares representam partes similares através dos desenhos, em que:

A FIGURA 1 é uma representação em diagrama de um poste de utilidade elétrica usado em sistemas de distribuições elétricas;

A FIGURA 2 é uma representação em diagrama de um esquema de laço de religador com dois alimentadores;

A FIGURA 3 é uma representação em diagrama de um sistema religador 100 de acordo com uma realização exemplificativa da presente invenção;

A FIGURA 4 é um fluxograma que representa um método de comunicação em uma grade de fornecimento de energia de acordo com uma realização exemplificativa da presente invenção; e

A FIGURA 5 ilustra uma comunicação de grade de fornecimento de energia sistema de acordo com uma realização exemplificativa da presente invenção.

DESCRIÇÃO DETALHADA

5 Ao introduzir elementos de diversas realizações da presente invenção, os artigos “um,” “uma,” “o,” e “dito” tem a intenção de significar que há um ou mais dos elementos. Os termos “que compreende,” “que inclui,” e “que tem” tem a intenção de serem inclusivos e significar que podem haver elementos adicionais além dos elementos listados.

10 Como usado no presente documento, o termo “módulo” se refere a software, hardware, ou firmware, ou qualquer combinação destes, ou qualquer sistema, processo, ou funcionalidade que desempenhe ou facilite os processos descritos no presente documento.

O equipamento de geração de energia elétrica, linhas de energia
15 de transmissão e distribuição devem ser protegidos contra falhas temporárias e permanentes e curtos circuitos consequentes que podem ocorrer nas linhas de energia. Estas falhas podem causar um colapso do sistema de energia, danos sérios e caros ao equipamento, e danos pessoais. Além disso, interrupções extensas de energia causadas por estas falhas podem surgir entre os
20 consumidores que esperam serviços de utilidade confiáveis e garantidos. É função dos dispositivos de proteção de falha como fusíveis, protetores eletromagnéticos, e religadores, por exemplo, para ajudar no isolamento de falhas de linha de energia e iniciar isolamento através de um erro (isto é, abrir) disjuntores de circuito, repartidores, e religadores. Adicionalmente, os
25 operadores de distribuição de energia empregam componentes de restauração de energia automática que incluem, mas não são limitados aos comutadores de fixação para restaurar automaticamente o serviço elétrico à consumidores no evento de uma falha de proteção ou outro mau funcionamento do sistema.

Os religadores são cada um equipados com equipamentos de comunicação suficientes para comunicar através de um conjunto pré-determinado de sistemas com e sem fio, que incluem, mas não são limitados a, carreador de linha de energia, telefonia de linha terrestre, rádio de utilidade elétrica, WiFi, WiMAX, e telefonia celular, por exemplo.

A FIGURA 1 mostra um poste de utilidade elétrica 10 para o uso nos sistemas de distribuições elétricas para suspender as linhas de energia acima do chão. Um religador de dispositivo automático 12 com um controlador 14 é montado no poste elétrico 10 para proteger o sistema de distribuição. O controlador 14 pode ser disposto de forma separada do dispositivo religador 12, como mostrado, ou o controlador 14 pode ser integrado com o dispositivo religador 12. A função do dispositivo religador 12 é fornecer segurança de vida, equipamento de proteção, e minimizar as interrupções de distribuição de energia causadas por falhas temporárias ou permanentes. Tipicamente, durante uma falha a corrente pelas linhas de energia irão aumentar de repente devido a uma condição de curto circuito. O religador detecta este aumento de corrente e abre seu disjuntor, e deste modo interrompe o fluxo de corrente, para proteger os componentes de sistema de distribuição e outros equipamentos conectados ao sistema de distribuição. Já que muitas condições de falha são temporárias, o religador é projetado para ser fechado após um curto período de tempo, e determinar se a falha ainda está presente. Uma vez que o religador se fecha e se a corrente aumentada ainda estiver presente, este irá abrir novamente. Tal transição entre estar aberto e fechado pode ocorrer rapidamente diversas vezes antes do religador permanecer aberto se a falha for permanente. Por exemplo, durante uma tempestade com trovões, se o raio atingir o sistema de distribuição, a energia para um consumidor pode ser temporariamente interrompido por alguns segundos, com a ação de religador resultante fazendo com que as luzes e ferramentas sejam desligadas (abertura

do religador), depois ligadas (fechamento do religador) em premissas de consumidor.

A FIGURA 2 mostra um esquema de laço de religador 30, de acordo com uma realização da presente invenção. O esquema de laço de religador 30 inclui subestações 46 e 48, com dois alimentadores 32 e 34, e consumidores 50, 52, 54, 56. Os Alimentadores de distribuição 32 e 34 são conectados através de uma comutador de religador de fixação 40. Durante uma operação normal, o comutador de religador de fixação 40 é aberto e as subestações de distribuição 46 e 48 fornecem serviço elétrico a alimentadores de distribuição 32 e 34 respectivamente. O esquema de laço de religador 30 inclui quatro religadores alimentadores 36, 38, 42, 44 e religador de linha de fixação 40 coordenados uns com os outros. Os religadores 36, 38, 42, 44 e 40 e/ou as subestações 46 e 48 incluem um controlador, que será descrito em detalhes abaixo.

Em operação, quando o sistema é primeiro posicionado e comissionado, os religadores se comunicam um com o outro através de uma rede de comunicações disponível localmente, pré-determinada. Cada religador analisa automaticamente outros sistemas de comunicação de dados disponíveis localmente, alternativos, de acordo com um conjunto de instruções pré-programado. Em uma ação conjunta, os religadores determinam as trajetórias alternadas disponíveis e suas funções de custo de sistema de acordo com as funções objetivas pré-programadas. A rede de religador cria uma classificação de todas as trajetórias de comunicações disponíveis com base em seu custo de sistema e armazena esta informação em cada religador. A rede de religador analisa periodicamente as trajetórias de comunicações disponíveis localmente e atualiza a classificação. Os religadores também se comunicam com subestações 46 e 48 para determinar a capacidade de cada subestação. Esta informação é usada para determinar se cada subestação

pode aplicar energia aos consumidores de alimentadores em caso de uma falha, através de um processo conhecido como retorno de energia. Esta informação também é armazenada também em casa religador. Quando uma falha permanente ocorre, por exemplo, a F1, o religador 44 opera através de sua sequência de religação, é travado, e transmite informações com relação 5 seus estado e a condição de falha aos outros religadores através das trajetórias de comunicação. O religador 44 transmite esta informação usando as trajetórias de comunicações previamente determinadas através da função objetiva; deste modo pode enviar os dados simultaneamente através de um ou 10 diversas trajetórias. Após o religador 44 ser travado, os consumidores 50 e 52 perdem serviços elétricos e experimentam uma interrupção. Um religador controlador alimentador (não mostrado) no religador 42 e comutador de fixação 40 recebem a informação transmitida a partir de um religador 44, e pode também detectar a perda da tensão de alimentador 32. Com base nesta 15 informação agregada, o religador 42 se abre. Se a subestação 48 tiver uma capacidade suficiente para consumidores de retorno de energia 52, o comutador de fixação 40 se fecha, e a subestação 48 restaura o serviço elétrico para consumidores 52. Desta maneira, a falha é isolada de forma eficiente e apenas os clientes 50 perdem o serviço elétrico.

20 A FIGURA 3 mostra um sistema religador 100, de acordo com uma realização da presente invenção. O sistema 100 inclui subestações 101 que entregam energia a áreas residenciais 102 e um sítio industrial 103. De acordo com uma realização da presente invenção, qualquer rede sem fio disponível ao redor do sistema religador pode ser usada para comunicação 25 entre diversos religadores. Por exemplo, em uma realização, a rede sem fio compreende um enlace de rádio dedicado (não mostrado) usado para comunicação entre os religadores.

Em uma realização exemplificativa, como mostrado na Figura 3, a

rede sem fio compreende uma rede de veículo ad-hoc (VANET) 106. A VANET 106 é uma tecnologia que usa o equipamento de rádio localizado no movimento de carros e nós em uma rede para criar uma rede móvel. Este equipamento de rádio pode consistir em tecnologia de comunicações de dados comerciais que inclui, mas não é limitada a WiFi e WiMAX com protocolos projetados para a comunicação entre veículos. A VANET 106 transforma todos os carros participantes em um roteador sem fio ou nó, permitindo carros aproximadamente entre 100 e 300 metros entre estes para conectar e, por sua vez, criar uma rede com uma faixa ampla. Conforme os carros saem da faixa de rádios de religadores e se desligam da rede, outros carros podem se juntar, conectando veículos uns aos outros, de modo que uma rede local, móvel, ad hoc seja criada nos arredores da rede de religadores formada de religador 105. Pode ser visto que nesta realização, a comunicação entre religadores 102 pode ser mais confiável se a VANET 106 tiver uma rede confiável com capacidade suficiente. Outras redes sem fio que podem ser alavancadas compreendem Fidelidade sem fio (WiFi), Interoperabilidade Mundial para Acesso de Micro-ondas (WiMAX), telefonia celular como Sistema Global para Comunicações Móveis (GSM), 802,11s sistema mesh, Ethernet sem fio, Redes de área pessoal sem fio de baixa energia (6LoWPAN), e Roteador Sobre Redes de Baixa Energia ou Redes de Perda (ROLL), por exemplo. Em uma realização, a informação mais importante ou dados são enviados através de utilidades elétricas e rádio dedicadas e as informações menos importantes ou dados são enviados ao longo de outras redes sem fio se necessário. A importância da informação é determinada pelo usuário ou por qualquer método adequado.

Conforme pode ser visto, podem haver múltiplas rotas através das quais os religadores alimentadores podem se comunicar uns com os outros. Deste modo, de acordo com uma realização da presente invenção, um peso é concedido para cada uma das rotas disponíveis e com base em uma função

objetiva decidida pelo usuário, ou pré-programada, uma rota específica pode ser selecionada. Os pesos podem depender em diversos fatores que incluem, mas não são limitados ao custo de comunicação e velocidade de comunicação. De forma similar, a função objetiva pode compreender a minimização de métrica crítica de consumidores que inclui, mas não é limitada a, custo financeiro, atraso de transferência de dados ou combinações dos mesmos. A função objetiva pode compreender adicionalmente a minimização de índices de confiabilidade de distribuição de energia elétrica, como um Índice de Duração de Interrupção de Média de Sistema (SAIDI) e Índice de Frequência de evento de Interrupção Momentânea (MAIFI). O SAIDI é a soma de todas as durações de interrupção de consumidores divididas pelo número de consumidores e o MAIFI é o número de interrupções maior do que uma duração específica dividida pelo número de consumidores. A métrica crítica de consumidores e índices de confiabilidade de distribuição de energia elétrica pode ser combinada para formar um custo de sistema geral que será minimizado através da função objetiva. Em outra realização, os pacotes de dados de comunicação podem ser distribuídos entre diversas trajetórias para transmissão dependendo na disponibilidade e da função objetiva desejada.

Deve ser notado que pode haver diversas rotas no mesmo método de tipo de comunicação. Por exemplo, quando os dados são transferidos através das linhas de energia isto é, método de comunicação com fio, pode haver diversas trajetórias ou enlaces de comunicação a partir de um religador para outro religador. Deste modo, em uma realização, as múltiplas rotas em um mesmo método de comunicação são selecionadas com base em uma função de otimização. Por exemplo, a métrica de roteamento de rede pode ser designada a diversos enlaces de comunicação, para indicar um custo para rotear através daquele enlace; um enlace de baixo custo será preferencial sobre um enlace de alto custo. Estas métricas podem ser definidas pelo

usuário e em uma realização os enlaces que seguem a mesma rota das linhas de energia mais curtas são designados um custo arbitrariamente mais baixo do que roteadores que deixariam a trajetória mais curta das linhas de energia. Isto força o fluxo de dados ao longo de trajetórias ótimas específicas. Um de
5 Sistema de Informação Geográfica (GIS) pode ser usada pelo sistema para determinar quais enlaces de linhas de energia fornecem as rotas mais curtas.

E, outra realização exemplificativa, um controle de acesso de mídia (MAC) baseado em protocolo em um Sistema de Posicionamento Global (GPS) e Sistema de Informação Geográfica (GIS) pode ser usado para
10 transmitir dados. O MAC fornece os mecanismos de controle de direcionamento e de acesso de canal que fazem com que seja possível que diversos nós de rede se comuniquem um uma rede de múltiplos pontos. Em uma realização, a camada de protocolo MAC decide quando transmitir pacotes de dados com base na informação de GPS e GIS. O GPS fornece informações
15 sobre o local de um rádio ou qualquer outro nó, e o GIS fornece informações com relação ao ambiente de rádio. Deste modo, a informação de GPS e GIS pode ser processada para fornecer estimativas da faixa e da energia de dados de frequência de rádio (RF) que precisam ser transmitidos para uma comunicação bem sucedida entre os nós. As informações GPS e GIS podem
20 ser adicionalmente usadas para fornecer uma estrutura na qual o tempo de transmissão MAC pode ser computado de forma determinante, deste modo evitando as colisões elevadas. O objetivo deste método é evitar as colisões de transmissões de dados com rádios vizinhos enquanto também agenda as transmissões de forma rápida o suficiente para preencher a carga de
25 transmissões de dados necessária. Em outra realização, as informações adicionais derivadas da GIS que inclui as informações de densidade de terreno, folhagem e edifício refinam adicionalmente níveis necessários de energia de transmissor de RF. Geralmente, a maioria dos protocolos MAC são

descentralizados com um desprendimento aleatório mediante a detecção de uma colisão. Entretanto, na presente realização, dado o fato que os rádios e ficam em uma área externa e são localizados em locais estáticos, a transmissão de camada MAC é agendada com base a posição obtida por GPS e informação de ambiente de local de uma base de dados GIS.

Em outra realização exemplificativa, para melhorar adicionalmente a comunicação entre religadores, um grupo de difusão seletiva pode ser formado, no qual uma transmissão de pacote único alcança todos os nós de recebimento simultaneamente. Todos os nós ao longo de uma dada linha de energia podem residir em um grupo único de difusão seletiva. Como será verificado por aqueles versados na técnica, uma difusão seletiva pode ser usada para transferência de dados entre diversos nós. Deve ser notado no presente documento que o nó pode significar um religador, um rádio, um carro em VANET ou outros pontos de comunicação nas redes com ou sem fio. No nó de origem nó isto é, a partir do religador de onde os dados precisam ser transferidos, os dados são transmitidos simultaneamente para múltiplos nós ou religadores enquanto compartilham trajetórias comuns através da rede. Isto resulta em uma comunicação mais rápida à transmissão o mesmo pacote para um conjunto de nós, um por vez.

A FIGURA 4 mostra um método 200 de comunicação DA em uma grade de fornecimento de energia. O método inclui a determinação de modos disponíveis de transmissão de dados entre a fonte e os nós de destinação na etapa 202. Os modos disponíveis podem incluir um modo de comunicação com fio ou modo de comunicação sem fio. O modo de comunicação com fio inclui os enlaces de comunicação com fio através das linhas de energia e o modo de comunicação sem fio inclui os enlaces de rádio de grade de fornecimento de energia e outros roteadores oportunos como WIFI, estações WIMAX, GSM, e VANET, por exemplo.

Uma vez que os modos de comunicação são identificados, na etapa 204, as rotas disponíveis em cada modo de comunicação são identificadas. Na etapa 206, um peso é concedido para cada uma das rotas disponíveis. Por exemplo, as trajetórias sobre o modo de comunicação com fio são concedidas mais peso pela confiabilidade comparada com as rotas que seguem o modo de comunicação sem fio. Além disso, os enlaces de comunicação com fio que seguem as linhas de energia mais curtas são concedidos mais peso com base em seu baixo sistema de custo (isto é, financeiro, latência, confiabilidade, etc.) comparado aos enlaces de comunicação com fio que não seguem as linhas de energia mais curtas. De maneira similar, os enlaces de rádio de grade de fornecimento de energia radio são concedidos mais peso, em comparação a outros enlaces sem fio com base na confiabilidade. Os pesos podem ser adicionalmente baseados em fatores como o custo de sistema de comunicação e a velocidade de comunicação.

Na etapa 208, com base no peso das rotas de comunicação e uma função objetiva, uma rota final para comunicação pode ser determinada. A função objetiva pode ser determinada pelo usuário e pode incluir a minimização da métrica crítica de consumidores como custo de sistema, atraso de transferência de dados ou combinações dos mesmos. A função objetiva pode compreender adicionalmente a minimização de índices de confiabilidade de distribuição de energia elétrica, que incluem, mas não são limitados a SAIDI e MAIFI. Em outra realização, os pacotes de dados de comunicação podem ser distribuídos entre diversas rotas para transmissão dependendo da disponibilidade e da função objetiva desejada. Por exemplo, em uma realização, a informação mais importante ou dados podem ser transmitidos através da grade de rádios de fornecimento de energia dedicadas e as menos importantes, mas informações podem ser transmitidas ao junto com outros enlaces sem fio, se necessário. Em outra realização, os pacotes de dados de

comunicação podem ser distribuídos entre diversas trajetórias para transmissão dependendo da disponibilidade e da função objetiva desejada, isto é, os dados podem ser divididos e transmitidos de uma maneira paralela sobre a combinação de enlaces de comunicação.

5 Em outra realização, a comunicação entre enlaces de comunicação sem fio pode ser adicionalmente melhorada usando um protocolo MAC com base em um GPS e um Sistema de Informação Geográfica (GIS). A melhora pode ser em termos de redução em uma latência de mensagem, e energia e/ou aumento na largura de banda. As informações de GPS e GIS são
10 processadas para fornecerem estimativas da melhor rota para ser usada, junto com a faixa e energia dos dados de frequência de rádio (RF) que precisam ser transmitidos para uma comunicação bem sucedida entre os nós. As informações GPS e GIS podem ser usadas para fornecer uma estrutura na qual um tempo de transmissão MAC pode ser computado de forma determinante,
15 deste modo evitando a elevação de colisões de dados.

 Em outra realização, para melhorar a eficiência da comunicação sem fio um grupo de difusão seletiva pode ser formado, no qual uma transmissão de pacote único alcança todos os nós de recebimento simultaneamente. No nó de origem, isto é, do religador a partir do qual os
20 dados precisam ser transferidos, os dados são transmitidos simultaneamente para multiplicar os nós ou religadores.

 A FIGURA 5 mostra uma comunicação de grade de fornecimento de sistema controlador de energia 220 de acordo com uma realização exemplificativa. O controlador pode ser incorporado no religador controlador 14
25 (FIGURA 1) para cada um dos religadores 36, 38, 42, 44 e 40, que podem ser separados ou integrados com o religador, e/ou na subestação 101, 46, e 48. O controlador 220 inclui um módulo de identificação de modo de comunicação 222 para determinar modos disponíveis de transmissão de dados entre os nós

de fonte e destino. Como descrito anteriormente, os modos disponíveis podem incluir o modo de comunicação com fio ou modo de comunicação sem fio. Um módulo de identificação de disponibilidade de rota 224 determina as rotas disponíveis em cada um dos modos de comunicação disponíveis determinados pelo módulo 222. Um módulo de alocação de peso de rota 228 aloca ou designa um peso para cada uma das rotas disponíveis. A alocação de peso pode ser baseada em fatores como custo, velocidade e confiabilidade de comunicação. O controlador 220 também inclui um módulo de determinação de rota 228 para identificar uma rota final de comunicação com base em uma função objetiva. O controlador 220 pode incluir adicionalmente um dispositivo de memória ou armazenamento 230 para armazenar a informação de rota de comunicação. Uma base de dados de programa 232 também é fornecida para armazenar programas que incluem, mas não são limitados a função objetiva para processar rotas de comunicação na rede de distribuição. Como descrito anteriormente, a função objetiva pode incluir uma minimização de métrica crítica de consumidor como custo, atraso de transferência de dados, SAIDI, MAIFI ou combinações dos mesmos. Em uma realização, o controlador 220 pode utilizar um protocolo MAC e/ou um grupo de difusão seletiva com base em uma informação GPS e GIS para otimizar a comunicação.

Conforme será verificado por aqueles de conhecimento comum na técnica, os exemplos mencionados anteriormente ou parte dos exemplos mencionados anteriormente e etapas de métodos podem ser implantadas pelo código de programa de computador adequado em um sistema baseado em processador, como um computador de propósito geral ou propósito especial. Deve também ser notado que implantações diferentes da presente invenção podem desempenhar algumas ou todas as etapas descritos no presente documento em diferentes ordens ou substancialmente ao mesmo tempo, isto é, em paralelo. O código de programa de computador, como será verificado por

aqueles de técnica comum na técnica, pode ser armazenado ou adaptado para armazenamento em uma ou mais mídia legível por máquina, tangível, como em chips de memória, discos rígidos locais ou remotos, discos ópticos (isto é, CDs ou DVDs), ou outras mídias, que podem ser acessadas por um sistema baseado em processador para executar o código armazenado. Observe que a mídia tangível pode compreender papel ou qualquer outro meio adequado através do qual as instruções são impressas. Por exemplo, as instruções podem ser capturadas eletronicamente através de uma varredura óptica do papel ou outro meio, então compilado, interpretado ou de outro modo processado de uma maneira adequada se necessário, e depois armazenado em uma memória de computador.

Embora apenas certas características da invenção tenham sido ilustradas e descritas no presente documento, muitas modificações e mudanças irão ocorrer para aqueles versados na técnica. Deve-se compreender, portanto, que as reivindicações em anexo devem cobrir todas essas modificações e alterações de acordo com o espírito verdadeiro da invenção.

REIVINDICAÇÕES

1. MÉTODO DE COMUNICAÇÃO DE DADOS PARA UMA GRADE DE ENERGIA, que compreende:

5 determinar modos de transmissão de dados com e sem fio disponíveis;
determinar rotas disponíveis nos modos com e sem fio disponíveis;
alocar um peso para cada rota disponível; e
10 determinar uma rota final para comunicação com base em uma função objetiva.

2. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, em que o modo de transmissão de dados com fio inclui enlaces de comunicação com fio através das linhas de energia.

15 3. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, em que o modo de comunicação sem fio compreende pelo menos uma dentre redes de comunicação sem fio públicas e privadas que incluem, mas não são limitadas a enlaces de rádio de utilidade elétrica, WIFI, estações WIMAX, GSM, sistema de malha 802,11s, ethernet sem fio, 6LowPAN, ROLL, VANET ou combinações dos mesmos.

20 4. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 2, em que alocar o peso para cada uma das rotas disponíveis compreender conceder mais peso a enlaces de comunicação com fio que seguem as linhas de energia mais curtas em comparação com os enlaces de comunicação com fio que não seguem as linhas de energia elétrica mais curtas com base em um baixo custo
25 de sistema.

5. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 3, em que alocar o peso para cada uma das rotas disponíveis compreender conceder mais peso a enlaces de rádio de utilidade elétrica em comparação com outros modos de

comunicação sem fio com base na confiabilidade.

6. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, em que os pesos têm como base o custo de sistema de comunicação e velocidade de comunicação através das rotas disponíveis.

5 7. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, em que a função objetiva compreende minimizar uma métrica de um consumidor.

8. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 7, em que a métrica de consumidor compreende um custo de sistema de comunicação, atraso de transferência de dados ou combinações dos mesmos.

10 9. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, em que a função objetiva compreende minimizar os índices de confiabilidade de distribuição de energia elétrica que incluem SAIDI e MAIFI.

10. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, em que a rota final compreende uma combinação de rotas disponíveis.

15 11. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, que compreende, adicionalmente, um protocolo de controle de acesso de mídia (MAC) com base em um Sistema de Posicionamento Global (GPS) e um Sistema de Informação Geográfica (GIS) para o modo de comunicação sem fio.

20 12. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 11, em que o GPS fornece o local de um nó no modo de comunicação sem fio, e o GIS fornece informações de ambiente de nó, informações de densidade de terreno, folhagem e edifício.

25 13. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 11, em que as informações de GPS e GIS fornecem estimativas da rota ótima, uma faixa e energia de dados de frequência de rádio, e fornecem uma estrutura na qual o tempo de transmissão de MAC é computado.

14. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, que compreende, adicionalmente, um grupo de difusão seletiva para transmitir

dados de pacote único simultaneamente para todos os nós receptores.

15. MEIO LEGÍVEL POR COMPUTADOR NÃO TRANSITÓRIO que compreende instruções legíveis por computador de um programa de computador que, quando executado por um processador, faz com que o processador desempenhe um método, sendo que o método compreende:

determinar modos de transmissão de dados com e sem fio disponíveis;

determinar rotas disponíveis nos modos com e sem fio disponíveis;

alocar um peso para cada rota disponível; e

determinar uma rota final para comunicação com base em uma função objetiva.

16. SISTEMA, que compreende:

dispositivos conectados à rede de distribuição; e

controladores acoplados aos dispositivos, respectivamente;

em que cada controlador compreende:

um módulo de identificação de modo de comunicação para determinar os modos de transmissão de dados com e sem fio disponíveis;

um módulo de identificação de disponibilidade de rota para determinar as rotas disponíveis nos modos com e sem fio disponíveis;

um módulo de alocação de peso de rota para alocar um peso para cada rota disponível; e

um módulo de determinação de rota para determinar uma rota final para comunicação com base em uma função objetiva.

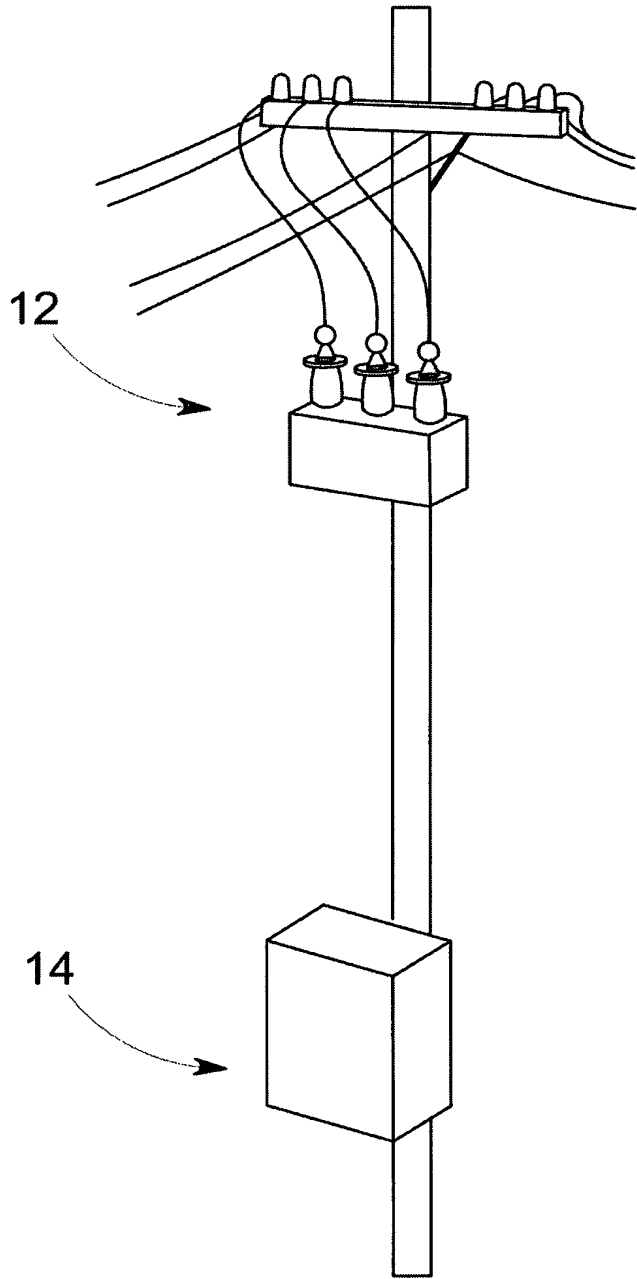
17. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 16, em que o módulo de alocação de peso de rota aloca o peso com base no custo de sistema de comunicação, velocidade de comunicação, confiabilidade de comunicação ou combinações dos mesmos.

18. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 16, em que a função objetiva compreende minimizar a métrica crítica de consumidor.

19. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 18, em que a métrica crítica de consumidor compreende custo de comunicação, atraso de
5 transferência de dados, índices de confiabilidade de distribuição de energia elétrica que incluem SAIDI e MAIFI ou combinações dos mesmos.

20. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 16, que compreende, adicionalmente, um protocolo MAC ou um grupo de difusão seletiva para otimizar a comunicação.

10



12

14

Fig. 1

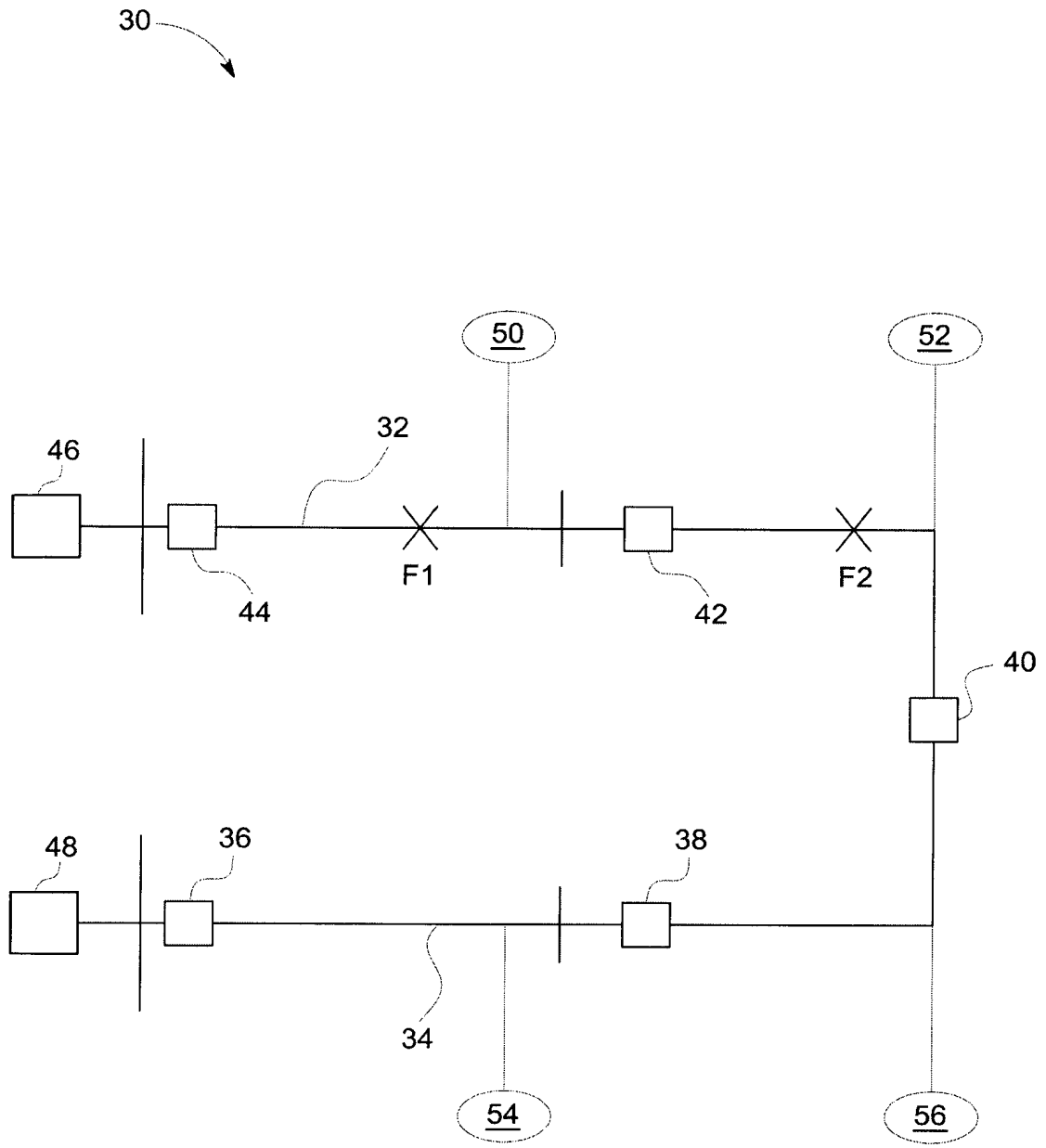


Fig. 2

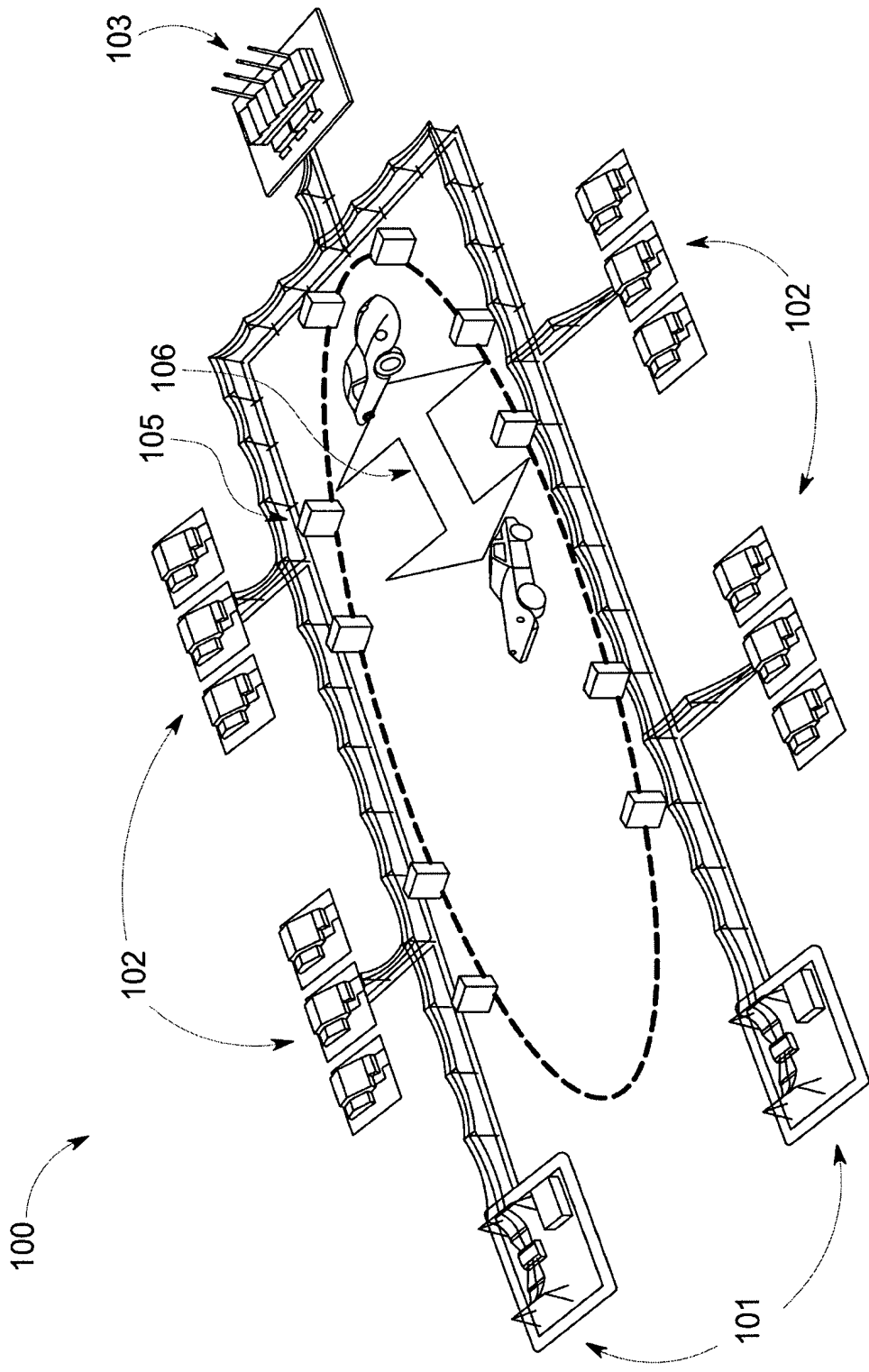
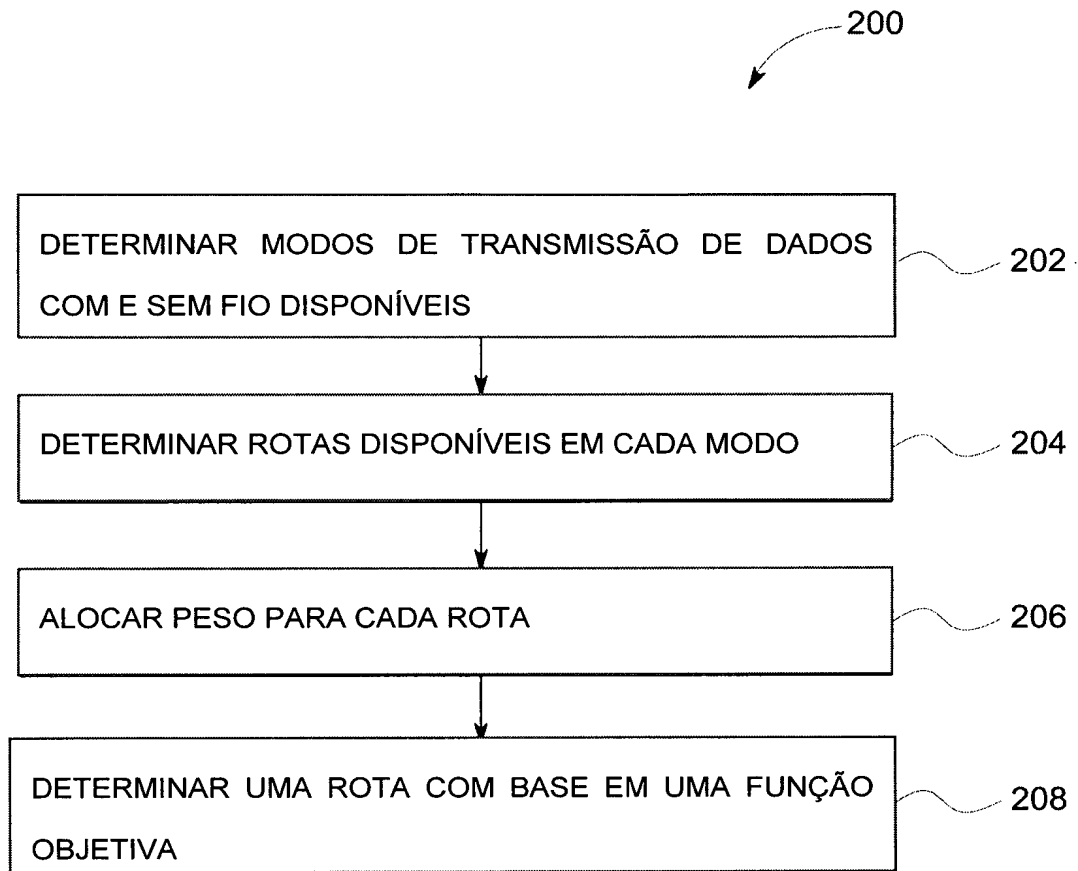
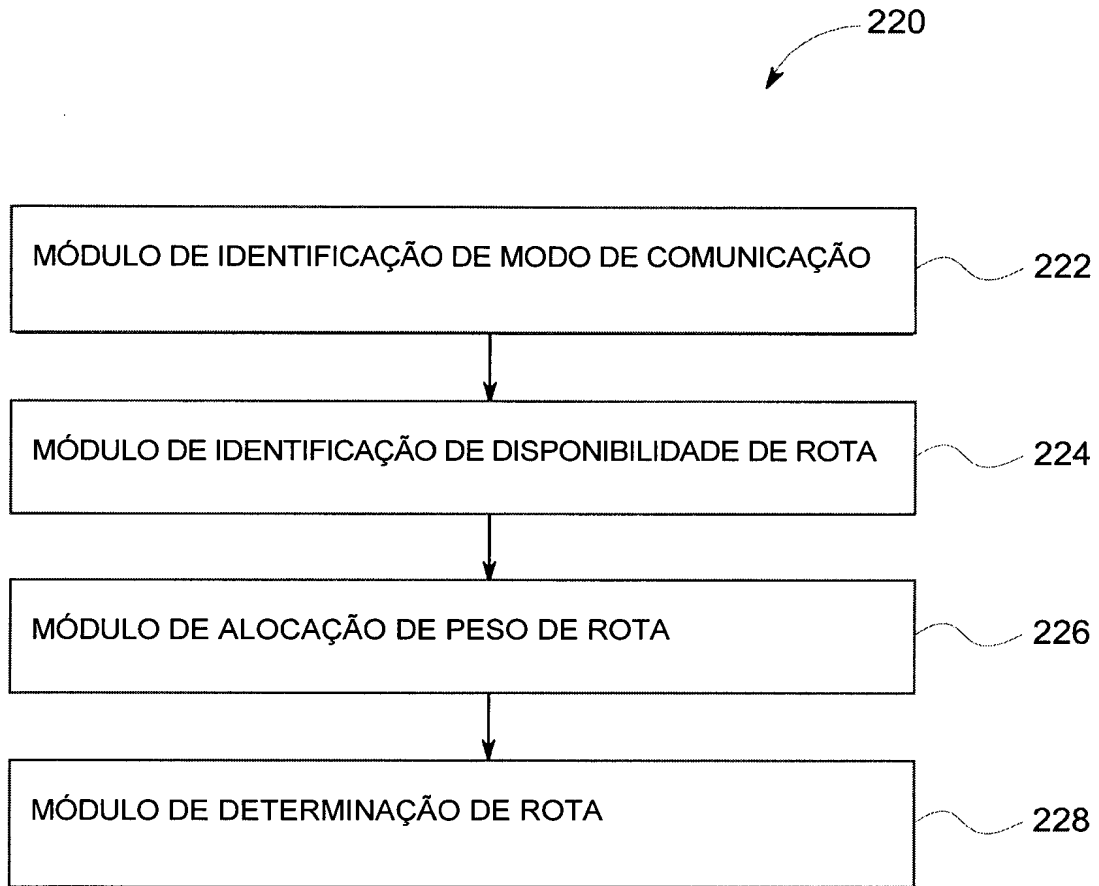


Fig. 3

**Fig. 4**

**Fig. 5**

RESUMO**“MÉTODO DE COMUNICAÇÃO DE DADOS PARA UMA GRADE DE ENERGIA, MEIO LEGÍVEL POR COMPUTADOR NÃO TRANSITÓRIO E SISTEMA”**

5 Trata-se de um sistema e método de comunicação de dados para uma grade de energia que determina os modos de transmissão de dados com e sem fio disponíveis e as rotas disponíveis nos modos com e sem fio disponíveis. Um peso é alocado para cada rota disponível e uma rota final para comunicação é determinada com base em uma função

10 objetiva.