



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

(11) PI 0906847-3 B1



(22) Data do Depósito: 16/01/2009

(45) Data de Concessão: 15/09/2020

(54) Título: ARQUITETURA PARA A COMUNICAÇÃO IP ENTRE UM PRIMEIRO EQUIPAMENTO DE INFORMÁTICA FIXO, EM TERRA, CONECTADO A UMA PRIMEIRA REDE LOCAL, E UM SEGUNDO EQUIPAMENTO DE INFORMÁTICA MÓVEL E PROCESSO DE COMUNICAÇÃO IP UTILIZANDO TAL ARQUITETURA

(51) Int.Cl.: H04W 84/00; H04L 29/12; H04L 12/753; H04W 40/24; H04W 40/28.

(52) CPC: H04W 84/005; H04L 29/12452; H04L 45/48; H04L 61/2546; H04W 40/246; (...).

(30) Prioridade Unionista: 16/01/2008 FR 08 50252.

(73) Titular(es): ALSTOM TRANSPORT TECHNOLOGIES.

(72) Inventor(es): DJAMIL-FAYÇAL MENACEUR; FRANK RUFFOLO.

(86) Pedido PCT: PCT FR2009050062 de 16/01/2009

(87) Publicação PCT: WO 2009/092973 de 30/07/2009

(85) Data do Início da Fase Nacional: 15/07/2010

(57) Resumo: ARQUITETURA PARA A COMUNICAÇÃO IP ENTRE UM PRIMEIRO EQUIPAMENTO DE INFORMÁTICA FIXO, EM TERRA, CONECTADO A UMA PRIMEIRA REDE LOCAL, E UM SEGUNDO EQUIPAMENTO DE INFORMÁTICA MÓVEL E PROCESSO DE COMUNICAÇÃO IP ASSIMÉTRICO UTILIZANDO A ARQUITETURA Arquitetura de comunicação IP entre um computador (1) em terra, conectado a um roteador principal (3), e um computador (4) móvel, embarcado a bordo de um trem e conectado a um roteador móvel do referido trem. A arquitetura comporta pelo menos uma infra-estrutura que comporta estações de base (7b, 8a-b, 12a-c) equipadas de meios de comunicação rádio e de roteadores de base (17, 18, 11 a-c) em terra, ligado à infra-estrutura. Cada roteador móvel comporta: um meio de comunicação rádio adaptado para estabelecer um ligação sem fio com uma das estações de base da infra-estrutura, meios de memorização comportando endereços IP dos roteadores de base ligados à infra-estrutura, e meios de conexão para iniciar uma conexão com um roteador de base a partir da referida lista de roteadores de base, após uma ligação sem fio ter sido estabelecida.

“ARQUITETURA PARA A COMUNICAÇÃO IP ENTRE UM PRIMEIRO EQUIPAMENTO DE INFORMÁTICA FIXO, EM TERRA, CONECTADO A UMA PRIMEIRA REDE LOCAL, E UM SEGUNDO EQUIPAMENTO DE INFORMÁTICA MÓVEL E PROCESSO DE COMUNICAÇÃO IP UTILIZANDO TAL ARQUITETURA”

[0001] A invenção tem por domínio este da comunicação IP entre um computador em terra e um computador embarcado a bordo de um veículo terrestre tal como um trem, um tramway, um metro, um automóvel ou equivalente.

[0002] Para a troca de dados entre um computador fixo, em terra, e um computador móvel, embarcado a bordo de um veículo, conhece-se, pelo documento WO 2005/02 2839 A1, uma arquitetura que utiliza uma infraestrutura de comunicação intermediária apta a estabelecer uma ligação sem fio com uma passarela móvel, embarcada a bordo do veículo e no qual é conectada ao computador móvel. A infraestrutura de comunicação comporta uma pluralidade de estações de base. Cada estação de base pode estabelecer uma ligação sem fio com a passarela móvel graças a meios de comunicação via rádio quando o veículo se encontra dentro da célula de cobertura da referida estação de base. As diferentes estações de base são agregadas entre si e conectadas através de uma passarela intermediária (“Foreign Agent”) a uma rede IP. Uma vez a ligação sem fio estabelecida, a passarela intermediária atribui à passarela móvel um endereço IP sobre a rede IP e constitui, por isso, um ponto de acesso à rede IP. A arquitetura conhecida comporta igualmente uma passarela principal que permite assegurar o roteamento de datagrama IP ao destino do computador móvel para a passarela intermediária adaptada. Em comunicação ascendente, um datagrama IP é diretamente direcionado para o computador fixo.

[0003] Nesta arquitetura conhecida, existe apenas uma única passarela intermediária para todas as estações de base de uma mesma infraestrutura de comunicação. É a passarela intermediária que configura a camada lógica da conexão entre a passarela intermediária e a passarela móvel a cada nova ligação sem fio. O aspecto temporal da passagem de uma célula a outra da mesma infraestrutura não é um problema nesta arquitetura, cujos desempenhos são

reduzidos.

[0004] Além disso, os meios de comunicação via rádio que equipam uma estação de base têm apenas um alcance reduzido que cobre uma zona geográfica elementar ou célula. Assim, como justaposição de estações de base, uma infraestrutura pode estabelecer ligação com um equipamento móvel apenas em uma zona de cobertura bem delimitada que corresponde às diferentes células.

[0005] Além disso, é possível que, na zona de cobertura de uma infraestrutura, exista uma zona de sombra onde a propagação das ondas eletromagnéticas é perturbada ou bloqueada pela presença de obstáculos entre a estação de base e o veículo. É, por exemplo, o caso quando um trem passa sob um túnel e que a ligação com as estações de base de uma infraestrutura GSM é cortada.

[0006] Para remediar a existência de zonas de sombras ou ainda o tamanho reduzido da zona de cobertura, várias infraestruturas em terra são desdobradas para recobrir o conjunto da zona no interior da qual se supõe que o veículo deve se deslocar. Por exemplo, um equipamento móvel que utilizaria uma primeira infraestrutura GSM em um primeiro país, conecta-se a uma segunda infraestrutura GSM disponível em um segundo país durante a passagem da fronteira entre estes dois países.

[0007] Neste documento, dir-se-á que duas infraestruturas de comunicação são de tecnologias diferentes quando empregam protocolos de comunicação diferentes para a ligação sem fio (Wifi versus Wimax ou Wifi versus GSM, por exemplo).

[0008] A invenção tem consequentemente por objetivo melhorar os desempenhos de transferência intercelular em uma infraestrutura de comunicação, autorizando ao mesmo tempo igualmente uma transferência intercelular entre células de infraestruturas diferentes, para assegurar a continuidade de uma comunicação entre um equipamento fixo em terra e um equipamento móvel embarcado, durante a oscilação entre duas células diferentes.

[0009] A invenção tem por objeto uma arquitetura de comunicação IP entre um primeiro equipamento de informática fixo, em terra, conectado a uma primeira rede local, e um segundo equipamento de informática móvel, embarcado a bordo de um

veículo de uma pluralidade de veículos, cada veículo da pluralidade de veículos comportando uma segunda rede local, o segundo equipamento sendo conectado à segunda rede local do veículo a bordo do qual está embarcado. Esta arquitetura comporta:

- uma rede global arborescente que tem:

- um roteador principal conectado à primeira rede local;

- nós de mais baixo nível, constituídos por uma pluralidade de roteadores móveis, cada veículo da pluralidade de veículos comportando, conectado a sua segunda rede local, um dos roteadores móveis da pluralidade de roteadores móveis;

e,

- nós intermediários, dentre os quais os nós intermediários situados exatamente acima dos nós de mais baixo nível são constituídos pelos roteadores de base em terra; e,

- pelo menos uma infraestrutura de comunicação, cada roteador de base estando ligado a uma infraestrutura de comunicação e tendo um endereço IP sobre a infraestrutura de comunicação à qual é assim associada, a infraestrutura comportando estações de base equipadas de meios de comunicação via rádio, cada roteador móvel comportando:

- um meio de comunicação via rádio adaptado para estabelecer, a um momento dado, uma ligação sem fio com uma das estações de base da infraestrutura de comunicação,

- meios de memorização que comportam uma lista de roteadores de base que comportam os endereços IP dos roteadores de base com as infraestruturas de comunicação associadas das quais é susceptível estabelecer uma ligação sem fio, e

- meios de conexão para iniciar uma conexão com um roteador de base a partir da lista de roteadores de base, após uma ligação sem fio ter sido estabelecida.

[0010] De acordo com modos particulares de realização, a arquitetura de comunicação IP comporta um ou várias das características seguintes, tomada(s) separadamente ou de acordo com todas as combinações técnicas possíveis:

- roteadores principais, de base e móveis comportam, respectivamente,

uma tabela de roteamento e os meios de atualização dinâmico das tabelas de roteamento, cada roteador de base comportando um meio de emissão de uma mensagem de estado de conexão que indica ao roteador principal roteadores móveis que acabam de se conectar ou se desligar do roteador de base.

- os meios de conexão de um roteador móvel comportam um meio de pré-deteção de perda da conexão ativa e meios de armazenamento temporário dos dados a transmitir quando a qualidade da conexão estiver reduzida.

- um roteador de base comporta meios de memorização que comportam uma lista de novos roteadores de base, e um roteador móvel comporta meios de atualização de sua lista de roteadores de base a partir da lista de novos roteadores de base do roteador de base ao ele se conecta.

- os roteadores de base são conectados à infraestrutura de comunicação à qual estão associados de modo que a distância entre um roteador de base e uma estação de base da infraestrutura associada corresponda a uma única malha de rede.

- a infraestrutura de comunicação emprega uma tecnologia de comunicação sem fio de curto alcance do tipo Wifi, wimax ou equivalente.

- a arquitetura comporta pelo menos primeira e segunda infraestruturas de comunicação tais que uma primeira célula de uma primeira estação de base da primeira infraestrutura se sobreponha, pelo menos parcialmente, em uma região de recobrimento, a uma segunda célula de uma segunda estação de base da segunda infraestrutura, e o roteador móvel sendo apto a estabelecer, simultaneamente, quando o veículo a bordo do qual ele está embarcado atravessa a região de recobrimento, uma primeira conexão com primeiro roteador de base através de uma primeira ligação sem fio estabelecida com uma estação de base da primeira infraestrutura e uma segunda conexão com segundo roteador de base através de uma segunda ligação sem fio estabelecida com uma estação de base da segunda infraestrutura.

- os roteadores principal e móvel possuem, respectivamente, meios de arbitragem que permitem selecionar uma rota entre uma primeira rota que passa

pela primeira infraestrutura e uma segunda rota que passa pela segunda infraestrutura para a comunicação em curso entre os primeiro e segundo equipamentos.

- as primeira e segunda infraestruturas são de tipo diferente, empregando tecnologias diferentes selecionadas entre as tecnologias Wifi, wimax, GSM, UMTS, satélites ou o equivalente, e cada roteador móvel comporta uma pluralidade de meios de comunicação, cada meio de comunicação sendo dedicado ao estabelecimento de uma ligação sem fio com uma infraestrutura de um tipo particular.

- o veículo que faz parte de uma pluralidade de veículos e cada veículo comportando uma única segunda rede local equipada de um roteador móvel, um endereço IP do segundo equipamento sobre a rede global é um privado e é obtido concatenando um identificador comum à pluralidade de veículos, um identificador do veículo e um identificador do segundo equipamento sobre a segunda rede local do veículo a bordo do qual está embarcado o segundo equipamento, e as tabelas de roteamento dos roteadores de terra, tais como roteadores principais e de base, armazenam o identificador do veículo a bordo do qual está embarcado o referido segundo equipamento, e os roteadores em terra comportam meios que permitem extrair do endereço IP contido no cabeçalho de um datagrama com roteador o identificador do veículo a bordo do qual está embarcado o segundo equipamento ao qual é endereçado o datagrama.

- o roteador móvel e um roteador de base sendo conectados através de uma infraestrutura subjacente, e os endereços IP sobre a rede global sendo privados, os roteadores móveis e de base comportam meios de encapsulação e “desencapsulação” dos datagramas que eles se trocam de modo que sejam roteados sobre a infraestrutura de comunicação.

[0011] A invenção tem igualmente por objeto um processo de comunicação IP assimétrico que utiliza a arquitetura apresentada precedentemente para a comunicação entre um primeiro equipamento de informática fixo, em terra, conectado a uma primeira rede local, e um segundo equipamento de informática

móvel, embarcado a bordo de um veículo de uma pluralidade de veículos, cada veículo da pluralidade de veículos que comportam uma segunda rede local equipada roteador móvel, o segundo equipamento estando conectado à segunda rede local do veículo a bordo do qual ele está embarcado. Este processo comporta as etapas, empregadas pelo roteador móvel embarcado a bordo do veículo, consistente em:

a) estabelecer uma ligação sem fio entre uma estação de base de uma infraestrutura de comunicação, a estação de base sendo equipada de um meio de comunicação via rádio, e roteador móvel comportando um meio de comunicação via rádio adaptado;

b) após a ligação sem fio ter sido estabelecida com uma infraestrutura, testar diferentes endereços IP de roteadores de base ligados à infraestrutura, esperando uma resposta de um dos ditos roteadores de base; e,

c) conectar o roteador móvel ao roteador de base que respondeu.

[0012] De acordo com modos particulares de realização, o processo comporta uma ou várias das características seguintes, tomada(s) separadamente ou de acordo com todas as combinações técnicas possíveis:

- após iniciação da conexão com o roteador de base, o processo comporta as etapas que consistem em:

d) memorizar, em uma tabela de roteamento do roteador móvel, o endereço IP, sobre a infraestrutura de comunicação, do roteador de base ao qual acaba de se conectar; e,

e) memorizar, em uma tabela de roteamento do roteador de base, o endereço IP, sobre a infraestrutura de comunicação, do roteador móvel ao qual acaba de se conectar, bem como uma referência associada ao endereço IP, sobre a rede global, do roteador móvel;

f) emitir, do roteador de base para um roteador principal conectado à primeira rede local, uma mensagem de estado de conexão que contém uma referência associada ao endereço IP, sobre a rede global, do roteador móvel bem como o endereço IP sobre a rede global do roteador de base; e,

g) memorizar, em uma tabela de roteamento do roteador principal, o

endereço IP sobre a rede global do roteador de base que emitiu a mensagem de estado de conexão e a referência associada ao endereço IP sobre a rede global do roteador móvel.

- o roteador de base ao qual um roteador móvel acaba de se conectar transmite a este roteador móvel outros endereços IP de roteadores de base para a atualização da lista roteadores de base memorizada pelo roteador móvel.

- o roteador móvel emprega um mecanismo de pré-deteção de perda da conexão ativa, e no caso de ruptura potencial da conexão, roteador móvel armazena em uma fila de dados os datagramas a transmitir, executa novamente a etapa a) a c) para estabelecer outra ligação sem fio e outra conexão a um servidor de base, e, uma vez a uma nova conexão estabelecida, transmite os datagramas armazenados sobre a nova conexão.

- enquanto que o roteador móvel é conectado a um primeiro roteador de base via uma primeira ligação sem fio com uma primeira estação de base de uma primeira infraestrutura de comunicação, por uma nova iteração das etapas a) a c), o roteador móvel estabelece uma segunda ligação sem fio com uma segunda estação de base de uma segunda infraestrutura de comunicação e se conecta a um segundo roteador de base, e os roteadores principal e móvel arbitram para selecionar uma rota entre uma primeira rota que passa pela primeira infraestrutura e uma segunda rota que passa pela segunda infraestrutura para a comunicação em curso entre os primeiro e segundo equipamentos.

- o veículo que faz parte de uma pluralidade de veículos e cada veículo comportando uma única segunda rede local equipada de um roteador móvel, o endereço IP do segundo equipamento sobre a rede global sendo então privado e obtido concatenando-se um identificador da pluralidade de veículos, um identificador do veículo e um identificador do segundo equipamento sobre a segunda rede local do veículo, a etapa de atualização da tabela de roteamento do roteador principal consiste em armazenar o identificador do veículo como referência associada ao endereço IP do roteador móvel.

- para a comunicação descendente do primeiro equipamento para o

segundo equipamento, o roteamento executado pelo roteador principal comporta as etapas que consistem em:

- interceptar um datagrama IP emitido sobre a primeira rede local, com destino do segundo equipamento;
- extrair o identificador do veículo a bordo do qual está embarcado o segundo equipamento a partir do endereço IP deste segundo equipamento indicado na parte do cabeçalho do datagrama IP interceptado;
- ler, na tabela de roteamento do roteador principal, os endereços IP dos roteadores de base que, no momento considerado, estão conectados com o roteador móvel do veículo;
- selecionar um roteador de base entre os roteadores de base lidos; e,
- rotear o datagrama IP interceptado pelo roteador de base selecionado.

- para a comunicação ascendente desde o segundo equipamento até o primeiro equipamento, o roteamento executado pelo roteador móvel comporta as etapas que consistem em:

- interceptar um datagrama IP emitido sobre a segunda rede local pelo segundo equipamento com destino do primeiro equipamento;
- ler, na tabela de roteamento do roteador móvel, o endereço IP do roteador de base atualmente conectado ao mencionado roteador móvel; e,
- rotear o datagrama IP interceptado para o referido roteador de base utilizando a ligação sem fio da infraestrutura associada ao roteador de base.
- os endereços IP sobre a rede global sendo endereços privados, a etapa de transmissão de um datagrama IP entre o roteador de base e o roteador móvel através da infraestrutura de comunicação comporta as etapas que consistem em:
 - encapsular um datagrama IP inicial no nível de um primeiro roteador entre o roteador móvel e o roteador de base;
 - transmitir o datagrama encapsulado para outro roteador através da infraestrutura de comunicação associada;
 - “desencapsular” o datagrama IP recebido, no nível de um outro

roteador, para extrair o datagrama IP inicial.

[0013] A invenção e suas vantagens serão melhor compreendidas à leitura da descrição que seguirá, dada unicamente a título de exemplo, e feita em referência ao desenho anexado, sobre o qual a figura 1 é uma representação esquemática da arquitetura de acordo com a invenção.

[0014] A arquitetura de comunicação é própria para estabelecer e manter uma comunicação bidirecional ao formato IP entre um primeiro equipamento, fixo, em terra, e um segundo equipamento móvel embarcado, a bordo de veículo qualquer que pertence a uma frota de veículos.

[0015] O primeiro equipamento é um computador 1 conectado a uma primeira rede local 3 que é uma rede privada que pertence ao explorador do trem 2. O segundo equipamento, a bordo do trem 2, é um computador de controle 4 ligar a diferentes captos e diferentes acionadores. O computador 4 é conectado a uma segunda rede local 21 a bordo do trem 2.

REDE GLOBAL

[0016] A comunicação entre os computadores 1 e 4 se faz através de uma arquitetura que, em um nível superior, constitui uma rede global arborescente cujo nó raiz é um roteador principal 5, conectado à primeira rede 3, e os nós de mais baixo nível são roteadores móveis embarcados a bordo dos trens. Cada trem da frota comporta um roteador móvel conectado à segunda rede do trem considerado. Entre o nó raiz e o nó de mais baixo nível, a rede global comporta diferentes nós intermediários. Em particular, os nós intermediários situados exatamente acima dos nós de mais baixo nível serão denominados roteadores de base no que segue. Os roteadores de base 11a-c, 17 e 18 são fixos em terra.

[0017] A conexão entre um roteador de base, em terra, e um roteador móvel, embarcado, se efetua através de uma ligação sem fio de uma maneira que será descrita a seguir. Durante o tempo e o deslocamento do trem, o roteador móvel está apto a se desligar de um primeiro roteador de base e a se conectar a um segundo roteador de base. Assim, a topologia da rede global evolui durante o tempo, em função das conexões efetivas, a um momento dado, entre os nós de mais baixo nível

e os nós do nível exatamente superior.

[0018] Um roteador participa no roteamento de um datagrama IP ao longo de um caminho de roteamento particular da rede global. Ele comporta meios de memorização, do tipo memória vive, nos quais é armazenada uma tabela de roteamento e uma fila de dados que permitem o armazenamento temporário de datagramas IP. Um roteador comporta meios de atualização de sua tabela de roteamento. A estrutura das tabelas de roteamento de cada tipo roteador será descrita em detalhe abaixo.

REDE SUBJACENTE E INFRAESTRUTURA

[0019] Em um nível inferior da arquitetura, a comunicação entre dois nós quaisquer da rede global pode ser feita através de uma rede subjacente. Por exemplo, na figura 1, a comunicação entre o roteador principal 5 e os roteadores de base 17 e 18 são feitas através de uma rede subjacente 6.

[0020] A comunicação entre um roteador de base e um roteador móvel utiliza uma ligação sem fio que é estabelecida entre roteador móvel 22 e uma estação de base de uma infraestrutura de comunicação à qual está ligada pelo menos um roteador de base. Um roteador de base associado a uma infraestrutura possui um endereço IP público, fixo, sobre esta infraestrutura associada.

[0021] Cada infraestrutura comporta uma ou várias estações de base equipadas de meios de comunicação via rádio e aptas a estabelecer uma ligação sem fio em uma célula. Durante o estabelecimento de uma ligação sem fio, o roteador móvel recebe um endereço IP público sobre a infraestrutura considerada.

[0022] Na figura 1, representou infraestruturas de tecnologias diferentes: uma primeira infraestrutura 7 que autoriza o estabelecimento de ligações sem fio de longo alcance, uma segunda infraestrutura 8 que autoriza o estabelecimento de ligações sem fio de médio alcance, e uma terceira infraestrutura 9 que autoriza o estabelecimento de ligações sem fio de curto alcance.

[0023] A primeira infraestrutura 7 é do tipo satélite. Uma estação de retransmissão 7a comunica com um satélite 7b que age como “estação de base”. Os meios de comunicação 7c do satélite 7b cobrem “uma célula” estendida.

[0024] Na segunda infraestrutura 8, por exemplo, do tipo UMTS ou GSM, as estações de base 8a, 8b, equipadas respectivamente de antenas 8c, 8d, cobrem células associadas 8e, 8f cujo raio varia de uma centena de metros a alguns quilômetros.

[0025] A terceira infraestrutura 9 comporta uma rede de agregação 10 e estações de base 12a, 12b e 12c. Cada estação de base 12a, 12b ou 12c sendo equipada de meios de comunicação via rádio, funcionando em emissão e em recepção, e apta a estabelecer uma ligação sem fio ao formato Wifi. Em variante, tipos de ligação de curto alcance equivalentes, tal como uma ligação Wimax, são possíveis. Cada estação de base 12a, 12b, 12c cobre uma célula 13a, 13b, 13c. Uma ligação Wifi tem um alcance máximo de 300 m, reduzido a menos de 100 m se obstáculo está um presente no trajeto das ondas via rádio. A reunião das células 13a, 13b, 13c forma uma zona geográfica de cobertura contínua ao longo da via 20.

[0026] O roteador móvel 22 é equipado de meios de comunicação 27, 28 e 29. Cada meio de comunicação 27, 28, 29 é específico para o estabelecimento de uma ligação sem fio com as estações de base de uma infraestrutura dada dentre as infraestruturas 7, 8 e 9. Assim, os meios 27 permitem o estabelecimento de uma ligação do tipo satélite com o satélite 7a da infraestrutura 7. Os meios 28 permitem o estabelecimento de uma ligação do tipo GSM com uma das estações de base 8a, 8b da infraestrutura 8. E, os meios 29 permitem o estabelecimento de uma ligação do tipo Wifi com uma das estações de base 12a, 12b, 12c da infraestrutura 9. Estes meios são independentes entre si de maneira a permitir a existência simultânea de ligações sem fio com infraestruturas diferentes ou tecnologia diferentes.

[0027] Na figura 1, duas variantes de realização foram representadas. Com efeito, uma infraestrutura de comunicação pode ser quer uma infraestrutura proprietário gerida pelo explorador da frota de trens, quer uma infraestrutura gerida por terceiros. Por exemplo, uma infraestrutura do tipo Wifi é tipicamente do tipo proprietário porque seu desenvolvimento e sua exploração são de um custo reduzido. Em contrapartida, uma infraestrutura GSM ou satélite é uma infraestrutura explorada por terceiros.

[0028] No caso de uma infraestrutura que pertence a terceiros, a gestão da ligação sem fio não é acessível ao explorador. Então, a arquitetura de acordo com a invenção prevê dispor um roteador de base ascendente da infraestrutura considerada. Por exemplo, na figura 1, um roteador de base 18 é conectado entre, por um lado, o roteador principal 5 e a rede intermediária 6, e, por outro lado, a infraestrutura 8. Do mesmo modo, um roteador de base 17 é conectado entre, por um lado, o roteador principal 5 e a rede intermediária 6, e, por outro lado, a infraestrutura 7.

[0029] Em contrapartida, no caso de uma infraestrutura de proprietário, o proprietário pode vantajosamente colocar vários roteadores de base dentro da infraestrutura, mais perto das estações de base. Por exemplo, na infraestrutura 9, roteadores de base 11a, 11b e 11c são dispostos respectivamente entre uma estação de base associada 12a, 12b e 12c e a rede de agregação 10. Em variante, várias estações de base são associadas ao mesmo roteador de base. Na infraestrutura 9, as estações de base 12a, 12b, 12c estão assim diretamente conectados a um roteador de base 11a, 11b e 11c de modo que somente um malha separe os roteadores de base das estações de base na infraestrutura 9.

[0030] A comunicação entre o roteador principal 5 e os diferentes roteadores de base 11a-c se efetua através da rede subjacente que forma a rede de agregação 10 da infraestrutura 9.

[0031] A infraestrutura 9 pode ser uma infraestrutura proprietário privada ou pública. O princípio de funcionamento continua a ser o mesmo. A diferença reside no endereçamento dos roteadores de base: no caso de uma infraestrutura privada, os roteadores de base são conectados a uma rede privada; no caso de uma infraestrutura pública, são conectados a uma Intranet, privada, pertencendo ao proprietário, que é acessível via Internet, pública, através de um mecanismo de encapsulação (VPN em inglês, para "Virtual Private Network"). Isto permanece um endereço IP de roteador de base acessível ao roteador móvel 22.

FORMATO DOS ENDEREÇOS IP PRIVADOS

[0032] No nível da rede global, a arquitetura utiliza, para os endereços IP dos

segundos equipamentos embarcados, endereços IP privados cujo formato irá ser descrito agora. Cada segundo equipamento é identificado por um endereço IP, codificado sobre 32 bits, que lhe é próprio. Notar-se-á que de acordo com a norma IPv4 atualmente em vigor, os endereços IP são codificados sobre 32 bits. Serão codificados sobre 64 bits na versão a vir IPv6.

[0033] O explorador de uma linha de estrada de ferro deve acompanhar, em tempo real, vários trens que formam juntos uma frota de trens. Esta frota é caracterizada por um identificador <frota ID> único, codificado sobre X bits.

[0034] Um trem particular desta frota é referenciado, na frota, por um identificador <veículo ID> único, codificado sobre Y bits. Assim o trem 2 é identificado pelo identificador ID2. De acordo com a invenção, cada trem comporta apenas uma única segunda rede local equipada de um único roteador móvel. Assim, o trem 2 comporta uma única segunda rede local 21 ligada a um único roteador móvel 22. Então, o identificador de um veículo <veículo ID> caracteriza igualmente o roteador móvel embarcado neste veículo.

[0035] Um segundo equipamento de informática embarcado é referenciado por um identificador <equipamento ID> único, codificado sobre [32-X-Y] bits. O computador 4 é identificado pelo número ID4 sobre a segunda rede local 21 do trem 2 sobre o qual está conectado.

[0036] De acordo com a invenção, o endereço IP de um segundo equipamento embarcado é definido, de maneira única, pela concatenação dos identificadores de frota, de veículo e de equipamento de acordo com a expressão: IP equipamento = <frota ID> <veículo ID> <equipamento ID>.

[0037] Assim o computador 4 tem por endereço IP: IP4 = <frota ID>.ID2.ID4.

[0038] Por convenção, o endereço IP do roteador móvel 22 da rede local 21 é <frota ID>.ID2.<0... 1 >. A máscara de sub rede da rede local 21 é <frota ID>.ID2.<0... 0>.

[0039] Constata-se enquanto as segundas redes embarcadas a bordo do veículo da frota constituem, juntas, um e único segmento da rede global e que uma segunda rede particular constitui um sub-segmento deste segmento. O segmento “frota” é

assim constituído de sub-segmentos “trens” dispersos.

[0040] Este método de endereçamento ao comprido implementada no nível da rede global apresenta numerosas vantagens. Não há em primeiro lugar conflito de endereçamento na rede global e isto independentemente dos trens efetivamente em circulação em um momento dado. Além disso, durante o engate de dois trens, não há necessidade de instalar um computador passarela entre cada uma das duas segundas redes locais, e os equipamentos a bordo do segundo trem são “visíveis” sem ter de reconfigurar a rede global.

[0041] Além disso, executando um algoritmo de decodificação dos endereços IP privados escritos de acordo com este formato, cada roteador pode vantajosamente atualizar apenas uma tabela de roteamento simplificada que comporta o identificador do veículo <veículo ID> como será descrito abaixo.

ROTEAMENTO

[0042] Utilizando-se tal processo de endereçamento IP, a arquitetura de comunicação pode reutilizar as estruturas de roteamento existentes das redes subjacentes. Mas, os datagramas iniciais, cujo cabeçalho comporta o endereço IP privado de um computador destinatário, não podem ser roteados roteadores de uma rede subjacente que não reconheçam estes endereços IP privados. Neste caso, a comunicação entre dois nós da rede global é efetuada encapsulando um datagrama inicial em um datagrama intermediário apto a ser roteado pela rede subjacente que liga os dois nós considerados. O datagrama inicial aparece então como a carga útil do datagrama intermediário. O cabeçalho do datagrama intermediário comporta o endereço IP do nó da rede global destinatária, endereço IP público sobre a rede subjacente. Um mecanismo de “túnel” (“tunneling” em inglês) é, com efeito, empregado.

[0043] Para o roteamento no nível da rede global, diferentes roteadores possuem cada um uma tabela de roteamento que põe em correspondência o endereço IP privado do destinatário de um datagrama iniciais e o endereço IP do roteador seguinte sobre o caminho de roteamento pelo qual faz transitar este datagrama inicial. A rede global evoluindo durante o tempo, estas tabelas devem ser

atualizadas de maneira dinâmica a cada conexão ou desconexão de um roteador móvel. Notar-se-á que a descrição que irá seguir de tabelas de roteamento é feita no caso simples da rede global com três níveis representada na figura 1.

[0044] Mais precisamente, tendo em conta o formato dos endereços IP dos computadores embarcados, uma tabela de roteamento “consolidada”, memorizada e mantida atualizada pelo roteador principal 5, coloca em correspondência, para cada infraestrutura 7, 8 ou 9, o identificador <veículo ID> de um trem e o endereço IP roteador de base ao qual o roteador móvel deste trem está atualmente conectado. Por exemplo, na tabela de roteamento “consolidada”, o identificador ID2 do trem 2 está em correspondência, para a infraestrutura Wifi 9, com o endereço IP11b público sobre a rede 10 roteador de base 11b com o qual o roteador móvel 22 do trem 2 está atualmente em conexão através da ligação 14b.

[0045] Uma tabela de roteamento de “base”, memorizada e mantida à atualizada por cada roteador de base, comporta a lista dos identificadores <veículo ID> dos veículos conectados, no momento considerado, a este roteador de base bem como o endereço IP do roteador móvel sobre a infraestrutura associada. Por exemplo, a tabela de roteamento “de base” do roteador de base 11b comporta o identificador ID2 do trem 2 atualmente conectado através da ligação 14b e o endereço IP 22 do roteador móvel 22 sobre a infraestrutura 9. Além disso, o roteador de base conhece o endereço IP fixo do nó situado imediatamente acima dele na rede global, neste presente caso o roteador principal 5 na arquitetura com três níveis representado na figura 1.

[0046] Por último, a tabela de roteamento “móvel”, memorizada e mantida atualizada pelo roteador móvel, comporta, para cada infraestrutura ao qual atualmente está ligada, o endereço IP público de um roteador de base desta infraestrutura com o qual está conectado. Por exemplo, a tabela de roteamento “móvel” do roteador móvel 22 comporta, para a infraestrutura 9, o endereço IP11b do roteador de base 11b ao qual atualmente está conectado utilizando a ligação 14b.

[0047] O funcionamento da arquitetura de comunicação irá agora ser descrito em detalhe. Após o funcionamento quando o trem permanece dentro da zona de

cobertura de uma única infraestrutura, por exemplo, a infraestrutura 9, descrever-se-á o funcionamento que permite assegurar a continuidade da comunicação durante a oscilação entre duas infraestruturas diferentes.

ESTABELECIMENTO DE UMA LIGAÇÃO E CONEXÃO AO ROTEADOR

[0048] Durante o deslocamento do trem 2 ao longo da via 20, os meios de comunicação 29 controlados roteador móvel 22 emitem, a intervalos regulares, sinais via rádio de conexão, ou balizas, destinados a descobrir eventuais estações de base da infraestrutura 9 para estabelecer uma ligação sem fio. De uma maneira geral, a camada física da ligação já existe e roteador móvel 22 configura a camada lógica da ligação, sendo, por exemplo, o caso de uma ligação do tipo Wifi; ou a camada física não existe ainda e durante a fase de estabelecimento da ligação o roteador móvel 22 deve primeiramente inicializar a camada física, e depois configurar a camada lógica, sendo por exemplo o caso de uma ligação do tipo GPRS.

[0049] Quando o trem 2 entra na célula 13b associada à estação de base 12b, esta última detecta as balizas emitidas. Um procedimento de configuração da camada lógica da ligação sem fio 14b, de tipo Wifi, é então executado entre a estação de base 12b, agindo como computador “principal”, e o roteador móvel 22, agindo como computador “subordinado”. O roteador móvel 22 recebe um endereço IP público sobre a infraestrutura 9.

[0050] Uma vez a ligação sem fio 14b estabelecida entre a estação de base 12b e o roteador móvel 22, este último se conecta a um roteador de base associado à infraestrutura 9.

[0051] O roteador móvel 22 comporta, armazenado em seus meios de memorização, uma lista de roteadores de base que comportam os endereços IP dos roteadores de base às quais é susceptível de se conectar durante o deslocamento do trem 2 ao longo da via 20. Assim, o roteador móvel 22 tenta se conectar ao roteador de base testando os diferentes endereços IP que estão indicados nesta lista de roteadores de base.

[0052] No caso de uma infraestrutura não proprietário 8 ou 7, roteador móvel

conhece o endereço IP roteador de base 18 ou 17 associado à esta infraestrutura. A conexão entre o roteador móvel 22 e roteador de base correspondente é feito então simplesmente. Em variante, poderia passar-se roteadores de base no caso de uma infraestrutura não proprietário, e um roteador móvel que utiliza tal infraestrutura se conectaria diretamente ao roteador principal.

[0053] A conexão é estabelecida quando o roteador de base responde. De maneira mais detalhada, a conexão estabelecida entre o roteador móvel 22 e o roteador de base 11b é constituído de dois pares de canais lógicos: um par de canais constituído de um canal de comunicação e um canal de controle para a comunicação ascendente; e um par de canais constituído de um canal de comunicação e um canal de controle para a comunicação descendente. Os canais de controle transmitem, entre outras coisas, mensagens periódicas de manutenção da conexão (mensagens do tipo “keep alive” em inglês).

[0054] Uma vez conectado a um roteador de base, por exemplo, o roteador de base 11b, o endereço IP público deste último é memorizado na tabela de roteamento móvel, bem como um identificador da infraestrutura 9, i.e. do meio de comunicação utilizado para estabelecer a ligação sem fio 14b.

[0055] Após estabelecimento da conexão, o roteador móvel 22 aparece, sobre a rede global da arquitetura de comunicação, como um nó de mais baixo nível conectado ao roteador de base 11b.

[0056] Notar-se-á que inicialmente, a lista de roteadores memorizada pelo roteador móvel 22 comporta os endereços IP dos roteadores de base situados nas extremidades de partida e chegada da via 20. Após conexão a um roteador de base, o roteador móvel 22 recebe deste último uma série de novos endereços IP de roteadores de base de base próximos para atualizar a lista de roteadores de base memorizada pelo roteador móvel. Esta lista atualizada será utilizada para estabelecer outra conexão em um outro roteador de base prevendo a ruptura da conexão em curso.

[0057] Durante o estabelecimento de uma conexão, o roteador de base 11 b atualiza dinamicamente sua tabela de roteamento “de base” memorizando o

endereço IP público do roteador móvel 22, associando-o ao identificador ID2 do trem 2 a bordo do qual está embarcado o referido roteador móvel 22, decompondo o endereço IP privado do roteador móvel.

[0058] Durante a conexão roteador móvel 22, o roteador de base 11b emite uma mensagem de estado de conexão em direção do roteador principal 5. Esta mensagem indica o IP do roteador de base emissor, o identificador do trem ID2 novamente conectado e um identificador da infraestrutura subjacente desta conexão. Durante a recepção desta mensagem, o roteador principal 5 executa um algoritmo de atualização de sua tabela de roteamento “consolidada” que consiste em memorizar, em um novo alinhamento que corresponde ao identificador ID2 do trem 2 e, para a coluna que corresponde à infraestrutura 9, o endereço IP11 b do roteador de base 11b.

[0059] Logo que a interrupção da troca de mensagens periódicas indicar aos roteadores móveis e de base a desconexão, as diferentes tabelas de roteamento são atualizadas conseqüentemente.

COMUNICAÇÃO

[0060] Em comunicação descendente, ou seja, desde o computador 1 para o computador 4, o computador 1 em terra emite um datagrama inicial com destino do computador 4 embarcado, cujo cabeçalho (“Header” em inglês) comporta o endereço IP4 privado do computador 4 destinatário.

[0061] Este datagrama inicial é interceptado pelo roteador principal 5. Este último lê o cabeçalho à procura do endereço IP4 do computador 4. O algoritmo de decodificação de endereço IP extraído, do endereço IP4, o identificador ID2 do trem 2 a bordo do qual se encontra o computador 4. Por um pedido na tabela de roteamento “consolidada”, o roteador principal 5 extrai o endereço IP11b público do roteador de base 11b associado ao identificador ID2 e encapsula o datagrama inicial primeiro em um datagrama intermediário cujo cabeçalho contém notadamente o endereço IP11 b roteador de base 11 b sobre a rede 10. O primeiro datagrama intermediário é em seguida roteado, sobre a rede 10, para o roteador de base 11 b.

[0062] O primeiro datagrama intermediário é lido pelo roteador de base 11b que

“o desencapsula” e lê o endereço IP4 contido no datagrama inicial. O roteador de base 11b extrai do endereço IP4 o identificador ID2 do trem 2. Por um pedido sobre a tabela de roteamento “de base”, o roteador de base 11b assegura simplesmente que roteador móvel 22 correspondente ainda está conectado. O roteador de base 11b encapsula então o datagrama inicial em segundo um datagrama intermediário cujo cabeçalho comporta o endereço IP público roteador móvel 22 e o transmite para roteador móvel 22, ao longo do canal de dados descendente da conexão, utilizando entre outras coisas a ligação sem fio 14b.

[0063] O roteador móvel 22 “desencapsula” o segundo datagrama intermediário, e identifica o computador 4 destinatário com base no endereço IP4 presente no cabeçalho do datagrama inicial. Este último finalmente é transmitido sobre a rede local 21 para ser recebido pelo computador 4.

[0064] Em comunicação ascendente, ou seja, desde o computador 4 para o computador 1, o mecanismo é mais simples. Com efeito, a arquitetura do sistema constitui uma arborescência. Enquanto que em comunicação descendente, é necessário determinar as rotas, em comunicação ascendente, a rota é única pois o conjunto do tráfego ascendente converge para o roteador principal 5 antes de ser retransmitido sobre a primeira rede 3. A tabela de roteamento “consolidada” não é conseqüentemente utilizada em comunicação ascendente. Somente o endereço IP do nó da arborescência imediatamente acima deve ser conhecido do nó anterior a rotear um datagrama. Nisso, a comunicação é assimétrica. Se a comunicação entre dois nós da rede global passa através de uma rede subjacente, um mecanismo de encapsulação é empregado.

ROAMING HORIZONTAL

[0065] Uma vez estabelecida, a ligação 14b dura apenas o tempo de passagem do trem 2 na célula 13b. Os meios de comunicação do roteador móvel 22 comportam um meio de pré-deteção de perda de relação que detecta a ruptura potencial da primeira conexão inspecionando um dos dois canais de controle da conexão ativa.

[0066] Durante a deteção da ruptura potencial da conexão ativa, os dados a transmitirem em comunicação ascendente são armazenados em uma fila de dados

do roteador móvel. Dado que a ligação 14b é apenas temporária, para que a comunicação entre o equipamento em terra e o equipamento embarcado seja contínua, os meios de comunicação 29 roteador móvel 22 continuam a emitir balizas para iniciar outra ligação com uma das estações de base 12a, 12c das células 13a, 13c contíguos à célula 13b. Após estabelecimento desta outra ligação sem fio, o estatuto da primeira ligação sem fio é verificado para saber se ele há ali ruptura da ligação. No negativo, os dados armazenados na fila são transmitidos utilizando a primeira conexão. Em caso afirmativo, o processo é prosseguido com o estabelecimento de uma nova conexão com roteador de base como foi descrito acima. Em particular, o estabelecimento de uma segunda conexão conduz à atualização das tabelas de roteamento. Um ponteiro sobre a fila de dados de transmissão ascendente é reposicionado sobre o último datagrama corretamente transmitido e os dados correspondentes da fila de dados são então transmitidos utilizando a segunda conexão. A comunicação ascendente entre o equipamento embarcado e o equipamento em terra pode então ser prosseguido. É possível que certos datagramas considerados como perdidos com efeito foram transmitidos corretamente. Haverá conseqüentemente duplicações no nível do roteador principal 5 que este filtrará antes de emití-los sobre a primeira rede local 3.

[0067] Durante a ruptura da primeira conexão e o estabelecimento da segunda conexão, o roteador principal 5 foi notificado. A tabela de roteamento “consolidada” foi atualizada de modo que comporte, sobre a linha do identificador ID2 do trem 2, o endereço IP não mais do primeiro roteador de base na coluna da infraestrutura 9, mas o endereço IP do segundo roteador de base.

[0068] O roteador principal 5 roteia, em um momento dado, os datagramas IP interceptados sobre a primeira rede local 3 para um roteadores de base conectados ao roteador móvel 22, fundando-se nos dados presentes na tabela de roteamento “consolidada”. Dado que se trata de um roteamento no nível do computador 5, a oscilação é suficientemente rápida de modo que esta operação seja totalmente transparente.

[0069] No que diz respeito ao intervalo de tempo que precede a ruptura da

primeira conexão e o estabelecimento da segunda conexão, o formato de comunicação IP comporta procedimentos de verificação de erros de transmissão e reemissão de um pedido por um computador quando o computador destinatário não respondeu. Estes procedimentos são implementados pelo roteador principal 5 em comunicação descendente. O roteador principal 5 comporta um tampão que memoriza sistematicamente os últimos datagramas roteados em comunicação descendente para alisar as eventuais irregularidades e prevenir a perda de dados.

[0070] Assim, os pacotes transmitidos para o primeiro roteador de base exatamente antes da ruptura da primeira conexão e dos quais não se sabe se chegarem ao roteador móvel 22, são reemitidos para segundo roteador de base para prosseguir a comunicação descendente em curso sem interrupção.

[0071] A comunicação em curso pode assim oscilar rapidamente, da ordem de 50 ms, da primeira conexão para a segunda conexão.

ROAMING VERTICAIS

[0072] As coberturas respectivas de cada infraestrutura são tais que formam uma cobertura contínua, as zonas de sombra de uma infraestrutura sendo cobertas pelas zonas de cobertura ou por outras infraestruturas. Assim, em um momento dado, o roteador móvel 22 está em ligação com pelo menos uma infraestrutura 7, 8 ou 9. Então, na tabela de roteamento “consolidada”, um compartimento do alinhamento que corresponde ao identificador ID2 do trem 2 comporta um endereço IP.

[0073] Eventualmente, aí onde as zonas de cobertura das várias estações de base de infraestruturas diferentes se recobrem, o roteador móvel 22 estabelece simultaneamente várias ligações. Isto é tornado possível pois o roteador móvel 22 comporta vários meios de comunicação 27-29 que são dedicados respectivamente ao estabelecimento de uma ligação sem fio de uma tecnologia particular e/ou uma ligação com uma infraestrutura particular.

[0074] Assim, enquanto o roteador móvel 22 já estabeleceu uma primeira ligação com uma primeira infraestrutura sobre a qual transita a comunicação entre os computadores 1 e 4, quando o trem 2 se desloca em uma zona de recobrimento que

corresponde à superposição, pelo menos parcial, de células de duas estações de base que pertencem a infraestruturas diferentes, o roteador móvel estabelece uma segunda ligação com a segunda infraestrutura enquanto que o trem 2 atravessa a zona de recobrimento entre estas duas infraestruturas. Durante o estabelecimento de cada uma destas ligações e conseqüentemente as conexões correspondentes com roteadores de base, o roteador principal 5 foi notificado conseqüentemente. A tabela de roteamento “consolidada” foi conseqüentemente atualizada de modo que comporte, no momento em que o trem 2 se encontra nesta região de recobrimento, sobre a linha do identificador ID2 do trem 2, o endereço IP do primeiro roteador de base associado à primeira infraestrutura, na coluna da primeira infraestrutura, e o endereço IP do segundo roteador de base associado à segunda infraestrutura, na coluna da segunda infraestrutura.

[0075] Quando várias infraestruturas rede 7, 8 ou 9 oferecem simultaneamente as possibilidades de comunicar com o trem 2, o roteador principal 5 e o roteador móvel 22 arbitram selecionando a infraestrutura 7, 8 ou 9 adaptada. Esta seleção é efetuada de acordo com várias regras que são configuráveis pelo explorador. Por exemplo, uma regra de prioridade “proprietário” permite escolher uma infraestrutura Wifi proprietário em relação a uma outra infraestrutura Wifi que pertenceria a terceiros; uma regra de prioridade “banda passante” permite escolher entre as infraestruturas disponíveis aquela que assegura uma comunicação de alta vazão; uma regra de prioridade “custo” permite escolher a infraestrutura pela qual o preço das comunicações é o mais baixo; etc.

[0076] O roteador móvel e o roteador principal empregam um mecanismo de memorização tampão dos dados a rotear no momento da oscilação da comunicação em curso da primeira infraestrutura para a segunda infraestrutura, similar ao que foi descrito em detalhe durante o “roaming horizontal”.

SEGURANÇA

[0077] Na parte baixa da arquitetura, a ligação sem fio entre a estação de base e o roteador móvel é considerada como não confiável. Como indicado acima, existem dois canais de comunicações de controle que transmitem respectivamente

informações de autenticação, troca de chaves de sessão, bem como mensagens periódicas de manutenção da relação sem fio (mensagens do tipo “keep alive” em inglês). As mensagens periódicas transportam igualmente uma informação de estado de uma fila de dados que permite eventual uma retransmissão dos dados no caso de ruptura temporária, tendo uma duração curta, inferior a 4 segundos. Para além desta duração, a fila de dados é esvaziada e as tabelas de roteamento são atualizadas indicando que a conexão não está mais ativa. É possível configurar a arquitetura para não retransmitir certos tipos de dados. No caso, por exemplo, de um “streaming” vídeo não é desejável retransmitir os datagramas perdidos.

[0078] Além disso, é necessário proteger a comunicação entre o roteador móvel 22 e o roteador de base correspondente 11a-c, 17 ou 18. Isto se torna cada vez mais necessário quando se faz transitar dados sensíveis relativos à informações de exploração do trem 2. Em particular, as ligações subjacentes Wifi e Wimax são consideradas como não protegidos, pois, para poder assegurar uma itinerância horizontal eficiente, é necessário desativar as camadas de segurança destes protocolos, os algoritmos de autenticação correntemente utilizados como WEP, AES e Radius, sendo lento e não permitindo uma oscilação no nível de uma transição entre células da ordem de 50 ms.

[0079] De acordo com a invenção, a segurança da conexão entre o roteador de base e o roteador móvel se efetua uma primeira etapa de autenticação seguida de uma segunda etapa de criptografia:

[0080] A etapa de autenticação tem por papel assegurar a identidade mútua dos nós, roteador de base 11a-c, 17 ou 18 e roteador móvel 22, que comunicam via a ligação via rádio 14b não protegido. A etapa de autenticação de acordo com a invenção utiliza a metodologia de criptografia assimétrica, metodologia conhecida do especialista fundada sobre a existência de chaves privadas e públicas codificadas sobre um comprimento de 512 bits. A chave privada é conservada secreta no roteador móvel 22 que a gerou. A autenticação é um processo que consome tempo. Para minimizar este tempo durante a transição entre células, a arquitetura de acordo com a invenção utiliza um mecanismo de pré-autenticação, iniciado no início da

sessão, com uma chave de criptografia dita “sistema”. Esta chave sistema não é uma chave de sessão porque é codificada no sistema.

[0081] O tráfego de dados é sempre cifrado entre o trem e a infraestrutura em terra. Existem dois meios de criptografia que podem ser empregados na etapa de criptografia. Eles são respectivamente fundados sobre a chave de sessão e a chave sistema. Quando a etapa de autenticação do trem 2 é terminada, a chave de sessão é criada, e a chave sistema é substituída pela chave de sessão. As chaves de criptografia têm comprimentos que variam de 64 bits a 512 bits por incremento de 64 bits.

[0082] Cada veículo da frota define um sub-segmento móvel da rede. Estes segmentos móveis divididos formam um segmento dispersado. Com a arquitetura precedentemente descrita, o explorador pode acompanhar simultaneamente vários trens. Em particular o roteador principal 5 assegura o roteamento IP entre a primeira rede local fixa e os roteadores dos sub-segmentos móveis, qualquer que seja a infraestrutura intermediária subjacente.

REIVINDICAÇÕES

1. Arquitetura para a comunicação IP entre um primeiro equipamento de informática (1) que é fixo, localizado em terra, e conectado a uma primeira rede local (3), e um segundo equipamento de informática (4) que é móvel e embarcado a bordo de um veículo de uma pluralidade de veículos, cada veículo da pluralidade de veículos que comportando uma segunda rede local, o referido segundo equipamento de informática conectado à segunda rede local do veículo a bordo do qual está embarcado, caracterizada pelo fato de que comporta:

uma rede global do tipo arborescente que tem:

- um nó raiz formado por um roteador principal (5) conectado a referida rede local;

- nós de mais baixo nível, constituídos por uma pluralidade de roteadores móveis (22), cada veículo da pluralidade de veículos comportando, conectado a sua segunda rede local (21), um dos roteadores móveis da referida pluralidade de roteadores móveis; e,

- nós intermediários, entre o nó raiz e os nós de mais baixo nível, dentre os quais nós intermediários situados exatamente acima dos nós de mais baixo nível são constituídos roteadores de base (17, 18, 11a-c) que são fixos e localizados em terra;

cada roteador participando na transmissão de um datagrama IP em um caminho de roteamento particular da rede global e,

pelo menos uma infraestrutura de comunicação (7, 8, 9), comportando estações de base (7b, 8a-b, 12a-c) equipadas de meios de comunicação via rádio,

o roteador principal compreendendo uma tabela de roteamento consolidada, memorizada e atualizada pelo referido roteador principal, a referida tabela de roteamento consolidada colocando em correspondência, para cada da referida pelo menos uma infraestrutura, o identificador de um veículo da pluralidade de veículos, um endereço IP do roteador de base com o qual o roteador móvel (22) deste veículo é atualmente conectado e cada roteador de base sendo associado com uma estação de base e possuindo um endereço IP público na infraestrutura de

comunicação com o qual é associado deste modo,

cada roteador de base compreendendo uma tabela de roteamento de base, memorizada e atualizada por este roteador de base, a referida tabela de roteamento de base compreendendo uma lista de identificadores do veículo da pluralidade de veículos conectado no tempo atual ao roteador de base considerado junto com o endereço IP na infraestrutura associada do roteador móvel do veículo considerado,

cada roteador móvel comportando:

- um meio de comunicação via rádio (27, 28, 29) adaptado para estabelecer, a um dado momento, uma ligação sem fio (14b) com uma das estações de base (12b) da referida pelo menos infraestrutura de comunicação (9),

- meios de memorização comportando uma lista de roteadores de base comportando os endereços IP dos roteadores de base com as infraestruturas de comunicação associadas às quais é susceptível de estabelecer uma ligação sem fio, e

- meios de conexão para iniciar uma conexão com um roteador de base (11b) a partir da referida lista de roteadores de base, após uma ligação sem fio (14b) ter sido estabelecida, o roteador móvel recebendo um endereço IP público na infraestrutura considerada,

- uma tabela de roteamento móvel, memorizada e atualizada pelo referido roteador móvel, compreendendo, para cada da referida pelo menos uma infraestrutura, com a qual está atualmente conectada, o endereço IP público de um roteador de base desta infraestrutura com a qual é conectada após estabelecer uma conexão a um roteador de base, o roteador móvel, portanto, aparecendo em uma rede global como um nó de mais baixo nível conectado a referido roteador de base,

um roteador móvel de um veículo capaz de se desconectar a partir de um primeiro roteador de base e se conectar a um segundo roteador de base em comunicação descendente, isto é, a partir do primeiro equipamento de informática (1) para o segundo equipamento de informática (4), o primeiro equipamento de informática emitindo um datagrama inicial para o segundo equipamento de

informática cujo cabeçalho compreende seu endereço IP privado relativo à rede local do veículo da pluralidade de veículos a bordo que é localizado no segundo equipamento de informática, o referido datagrama inicial é interceptado pelo referido roteador principal, este último extrai do cabeçalho o identificador do veículo da pluralidade de veículos a bordo que é localizado o segundo equipamento de informática, então, requerendo a tabela de roteamento consolidada, o referido roteador principal extrai o endereço público do roteador de base associado ao identificador, portanto, extraído e, então, encapsula o datagrama inicial em um primeiro datagrama intermediário destinado ao endereço IP público, portanto, extraído, então, no recebimento do primeiro datagrama intermediário, o roteador de base extrai o identificador do veículo do cabeçalho do datagrama inicial e, por meio de uma requisição em sua tabela de roteamento de base, verifica se o roteador móvel correspondente ainda está conectado antes de encapsular o datagrama inicial em um segundo datagrama intermediário e o transmite ao roteador móvel (22) usando o link sem fio (14b),

- em comunicação ascendente, isto é, a partir do segundo equipamento de informática (4) para o primeiro equipamento de informática (1), o mecanismo é mais simples, pois todo o tráfego ascendente converge para o roteador principal (5) antes de ser retransmitido para a primeira rede (3).

2. Arquitetura, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que os roteadores principal (5), de base (17, 18, 11a-c) e móveis (22) comportam, respectivamente, uma tabela de roteamento e os meios de atualização dinâmica das tabelas de roteamento, cada roteador de base comportando um meio de emissão de uma mensagem de estado de conexão que indica ao roteador principal os roteadores móveis que acabam de se conectar ou se desligar do roteador de base.

3. Arquitetura, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizada pelo fato de que os meios de conexão de um roteador móvel (22) comportam um meio de pré-deteção de perda da conexão ativa e dos meios de armazenamento temporário dos dados a transmitirem quando a qualidade da conexão é reduzida.

4. Arquitetura, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3,

caracterizada pelo fato de que o roteador de base (17, 18, 11a-c) comporta meios de memorização que comportam uma lista de novos roteadores de base, e pelo fato de que um roteador móvel (22) comporta meios de atualização de sua lista de roteadores de base a partir da lista de novos roteadores de base do roteador de base às quais se conecta.

5. Arquitetura, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizada pelo fato de que os roteadores de base (11a-c) estão conectados à infraestrutura de comunicação (9) à qual estão associados de modo que a distância entre roteador de base e uma estação de base (12a-c) da infraestrutura associada corresponda a uma única malha de rede.

6. Arquitetura, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizada pelo fato de que a referida pelo menos uma infraestrutura de comunicação (9) emprega uma tecnologia de comunicação sem fio de curto alcance do tipo Wifi, wimax ou equivalente.

7. Arquitetura, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizada pelo fato de que comporta pelo menos primeira e segunda infraestruturas de comunicação (7, 8, 9) tais como uma primeira célula de uma primeira estação de base da primeira infraestrutura se sobrepõe, pelo menos parcialmente, em uma região de recobrimento, a uma segunda célula de uma segunda estação de base da segunda infraestrutura, e pelo fato de que o roteador móvel (22) está apto a estabelecer, simultaneamente, quando o veículo (2) a bordo do qual está embarcado o referido roteador móvel, atravessa a referida região de recobrimento, uma primeira conexão com um primeiro roteador de base (17, 18; 11a-c) através de uma primeira ligação sem fio estabelecida com uma estação de base (7b, 8a-b, 12a-c) da primeira infraestrutura (7, 8, 9) e uma segunda conexão com segundo roteador de base (17, 18; 11a-c) através de uma segunda ligação sem fio estabelecida com uma estação de base (7a, 8a-b, 12a-c) da segunda infraestrutura (7, 8, 9).

8. Arquitetura, de acordo com a reivindicação 7, caracterizada pelo fato de que os roteadores principal (5) e móvel (22) possuem, respectivamente, meios de

arbitragem que permitem selecionar uma rota dentre uma primeira rota que passa pela referida primeira infraestrutura e uma segunda rota que passa pela referida segunda infraestrutura para a comunicação em curso entre os primeiro e segundo equipamentos.

9. Arquitetura, de acordo com a reivindicação 8, caracterizada pelo fato de que as primeira e segunda infraestruturas (7, 8, 9) são de tipo diferente, empregando tecnologias diferentes selecionadas entre as tecnologias Wifi, wi-max, GSM, UMTS, satélites ou equivalente, e pelo fato de que cada roteador móvel (22) comporta uma pluralidade de meios de comunicação (27, 28, 29), cada meio de comunicação sendo dedicado ao estabelecimento de uma ligação sem fio com uma infraestrutura (7, 8, 9) de um tipo particular.

10. Arquitetura, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 9, caracterizada pelo fato de que, o referido veículo (2) que faz parte de uma pluralidade de veículos e cada veículo que comporta uma única segunda rede local (21) equipada de um roteador móvel (22), um endereço IP do segundo equipamento (4) sobre a referida rede global é privado e é obtido concatenando-se um identificador comum à pluralidade de veículos, um identificador (ID2) do veículo (2) e um identificador do referido segundo equipamento sobre a referida segunda rede local (21) do veículo (2) a bordo do qual está embarcado o referido segundo equipamento, e que as tabelas de roteamento dos roteadores terra, tais como os roteadores principais e de base, armazenam o identificador do veículo (ID2) a bordo do qual está embarcado o referido segundo equipamento, e pelo fato de que os referidos roteadores em terra comportam meios que permitem extrair do endereço IP contido no cabeçalho de um datagrama à rotear o identificador do veículo (ID2) a bordo do qual está embarcado o segundo equipamento ao qual se dirige a referido datagrama.

11. Arquitetura, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 10, caracterizada pelo fato de que, o roteador móvel (22) e um roteador de base (17, 18, 11a-c) sendo conectados através de uma infraestrutura subjacente (7, 8, 9), e os endereços IP sobre a rede global privados, os roteadores móveis e de base

comportam meios de encapsulação e de “desencapsulação” dos datagramas que eles se trocam de modo que sejam roteados sobre a referida infraestrutura de comunicação.

12. Processo de comunicação IP utilizando a arquitetura como definida em qualquer uma das reivindicações 1 a 11 para a comunicação entre um primeiro equipamento de informática (1) que é fixo, localizado em terra e conectado a uma primeira rede local (3), e um segundo equipamento de informática (4) que é móvel embarcado a bordo de um veículo (2) de uma pluralidade de veículos, cada veículo da pluralidade de veículos comportando uma segunda rede local equipada de um roteador móvel, o referido segundo equipamento conectado à segunda rede local (21) do veículo (2) a bordo do qual está embarcado, a comunicação na rede global sendo assimétrica em que, na comunicação descendente, isto é, a partir do primeiro equipamento de informática para o segundo equipamento de informática, é necessário determinar o caminho de roteamento, enquanto em comunicação ascendente, isto é, a partir do segundo equipamento de informática para o primeiro equipamento de informática, o caminho de roteamento é único e o tráfego ascendente converge no roteador principal antes de ser retransmitido na primeira rede, somente o endereço IP do nó da rede global imediatamente acima será conhecida pelo nó divulgando um datagrama,

caracterizado pelo fato de que o processo comporta as etapas, implementadas pelo roteador móvel (22) embarcado a bordo do referido veículo (2), consistindo em:

a) estabelecer uma ligação sem fio entre uma estação de base (7b, 8a-b, 12a-c) de uma infraestrutura de comunicação (7, 8, 9), a estação de base sendo equipada de um meio de comunicação via rádio, e o referido roteador móvel (22) comportando um meio de comunicação via rádio (27, 28, 29) adaptado;

b) após a referida ligação sem fio ter sido estabelecida com uma infraestrutura (7, 8, 9), testar diferentes endereços IP de roteadores de base (17, 18; 11a-c) ligados à referida infraestrutura, esperando uma resposta de um dos ditos roteadores de base; e,

c) conectar o roteador móvel (22) ao roteador de base que respondeu.

13. Processo, de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de que, após iniciação da conexão com o referido roteador de base (17, 18, 11a-c), o processo comporta as etapas que consistem em:

d) memorizar, em uma tabela de roteamento do roteador móvel (22), o endereço IP, sobre a referida infraestrutura de comunicação (7, 8, 9), roteador de base às quais acaba de conectar-se; e,

e) memorizar, em uma tabela de roteamento do roteador de base, o endereço IP, sobre a referida infraestrutura de comunicação, do roteador móvel que acaba de se conectar, bem como uma referência associada ao endereço IP, sobre a rede global, do referido roteador móvel;

f) emitir, desde o referido roteador de base (17, 18; 11a-c) até um roteador principal (5) conectado a referida rede local (3), uma mensagem de estado de conexão que contém uma referência associada ao endereço IP sobre a rede global do referido roteador móvel bem como o endereço IP sobre a rede global do referido roteador de base; e,

g) memorizar, em uma tabela de roteamento do roteador principal (5), o endereço IP sobre a rede global do roteador de base (17, 18, 11a-c) que emitiu a referida mensagem de estado de conexão e a referência associada ao endereço IP sobre a rede global do referido roteador móvel.

14. Processo, de acordo com a reivindicação 12 ou 13, caracterizado pelo fato de que, o roteador de base (17, 18, 11a-c) ao qual um roteador móvel (22) acaba de se conectar transmite a este roteador móvel outros endereços IP de roteadores de base para a atualização da referida lista de roteadores de base memorizada pelo roteador móvel.

15. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 12 a 14, caracterizado pelo fato de que roteador móvel (22) implementa um mecanismo de pré-deteção de perda da conexão ativa (14b), e no caso de ruptura potencial da referida conexão, o roteador móvel armazena em uma fila de dados os datagramas a transmitir, executa novamente a etapa a) a c) para estabelecer outra ligação sem fio

e uma outra conexão a um servidor de base, e, uma vez uma nova conexão é estabelecida, transmite os datagramas armazenados sobre a referida nova conexão.

16. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 12 a 15, caracterizado pelo fato de que, enquanto o roteador móvel (22) está conectado ao primeiro roteador de base via uma primeira ligação sem fio com uma primeira estação de base de uma primeira infraestrutura de comunicação, por uma nova iteração das etapas a) a c), o roteador móvel estabelece uma segunda ligação sem fio com uma segunda estação de base de uma segunda infraestrutura de comunicação e se conecta ao segundo roteador de base, e pelo fato de que os roteadores principal (5) e móvel (22) arbitram para selecionar uma rota entre uma primeira rota que passa pela referida primeira infraestrutura e uma segunda rota que passa pela referida segunda infraestrutura para a comunicação em curso entre os primeiro e segundo equipamentos.

17. Processo, de acordo com a reivindicação 16, caracterizado pelo fato de que, o veículo (2) faz parte de uma pluralidade de veículos e cada veículo (2) compreende uma única segunda rede local (21) equipada de um roteador móvel (22), o endereço IP do segundo equipamento (4) sobre a referida rede global sendo então privado e obtido concatenando-se um identificador da referida pluralidade de veículos, um identificador do referido veículo (ID2) e um identificador do referido segundo equipamento sobre a referida segunda rede local (21) do referido veículo (2), a etapa de atualização da tabela de roteamento do roteador principal (5) consiste em armazenar o identificador do referido veículo (ID2) como referência associada ao endereço IP do referido roteador móvel.

18. Processo, de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de que, para a comunicação descendente do primeiro equipamento (1) para o segundo equipamento (4), o roteamento executado pelo roteador principal (5) comporta as etapas que consistem em:

- interceptar um datagrama IP emitido sobre a primeira rede local (3), com destino do segundo equipamento (4);
- extrair o identificador (ID2) do veículo (2) a bordo do qual está

embarcado o segundo equipamento (4) a partir do endereço IP deste segundo equipamento (4) indicado na parte do cabeçalho do datagrama IP interceptado;

- ler, na tabela de roteamento do roteador principal (5), os endereços IP dos roteadores de base (11a-c, 17, 18) que, no instante considerado, estão em conexão com o roteador móvel (22) do veículo;

- selecionar um roteador de base entre os referidos roteadores de base lidos; e,

- rotear o datagrama IP interceptado para o roteador de base selecionado.

19. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 12 a 18, caracterizado pelo fato de que, para a comunicação ascendente desde o segundo equipamento (4) até o primeiro equipamento (1), o roteamento executado pelo roteador móvel (22) comporta as etapas que consistem em:

- interceptar um datagrama IP emitido sobre a segunda rede local (21) pelo referido segundo equipamento (4) com destino do referido primeiro equipamento (1);

- ler, na tabela de roteamento do roteador móvel (22), o endereço IP do roteador de base atualmente conectado ao referido roteador móvel (22); e,

- rotear o datagrama IP interceptado para o referido roteador de base (5) utilizando a ligação sem fio da infraestrutura (7, 8, 9) associada ao mencionado roteador de base.

20. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 12 a 19, caracterizado pelo fato de que os endereços IP sobre a rede global sendo endereços privados, a etapa de transmissão de um datagrama IP entre o roteador de base (17, 18, 11a-c) e o roteador móvel (22) através da infraestrutura de comunicação comportam as etapas que consistem em:

- encapsular um datagrama IP inicial no nível de um primeiro roteador dentre o roteador móvel e o roteador de base;

- transmitir o datagrama encapsulado para outro roteador através da referida infraestrutura de comunicação associada;

“desencapsular” o datagrama IP recebido, no nível do outro roteador, para extrair o referido datagrama IP inicial.

