https://doi.org/10.58951/dataset.2024.033
Dataset Reports 3:1 (2024)
ISSN 2965-1182

REVIEW ARTICLE

DATASET REPORTS

Boas práticas de gestão de telecomunicações e privacidade de dados: gerenciamento de redes e sistemas de informação

Best practices in telecommunications management and data privacy: network and information systems management

Fabio José Buchedid Vazquez [a*]

[a] Universidade Anhembi Morumbi, 03164-000, São Paulo, São Paulo, Brasil.

Resumo
Este artigo apresenta as práticas de gestão em telecomunicações com foco em privacidade de dados, abordando o gerenciamento de redes e sistemas de informação, bem como a configuração e manutenção de equipamentos críticos para a eficiência e segurança da rede. O estudo utilizou técnicas de planejamento de sub-redes IP, métodos de comutação de pacotes e de circuitos, e práticas avançadas de sinalização. Resultados demonstram a importância de uma configuração de rede bem planejada e do uso de metodologias apropriadas. Conclui-se que essas práticas são essenciais para a integridade e continuidade das operações, destacando-se a aplicação de protocolos modernos e dispositivos configurados para atender às demandas de segurança e eficiência.

Palavras-chave: Gestão de telecomunicações. Privacidade de dados. Configuração de rede. Sub-redes IP. Comutação de pacotes. Comutação de circuitos. Segurança de rede.

Abstract
This paper presents management practices in telecommunications with a focus on data privacy, addressing network and information systems management as well as the configuration and maintenance of critical equipment for network efficiency and security. The study applied IP subnet planning techniques, circuit and packet switching methods, and advanced signaling practices. The results demonstrate the importance of well-structured network configuration and the use of appropriate methodologies, such as Variable Length Subnet Mask (VLSM) to optimize IP addressing. It concludes that these practices are essential for operational integrity and continuity, emphasizing the application of modern protocols and devices configured to meet security and efficiency demands.

Keywords: Telecommunications management. Data privacy. Network configuration. IP subnetting. Packet switching. Circuit switching. Network security.

Graphical Abstract



*Corresponding author: Fabio J. B. Vazquez. E-mail address: fabio.vazquez@gmail.com
Submitted: 23 October 2024; Accepted: 13 November 2024; Published: 13 November 2024.
© The Author(s) 2024. Open Access (CC BY 4.0).

ROYALDATASET

1. Introdução

Com a crescente digitalização e a transformação das telecomunicações, o setor enfrenta desafios complexos, não apenas em termos de inovação tecnológica, mas também de privacidade e segurança de dados. As operadoras de telecomunicações estão em um ponto crucial de maturidade digital, onde a otimização do gerenciamento de redes e a proteção de dados sensíveis se tornaram indispensáveis para manter a confiança e a eficiência operacional (Valdez-de-Leon, 2016). A rápida adoção de big data e a utilização de inteligência artificial (IA) e aprendizado de máquina (ML) intensificaram a necessidade de práticas robustas de segurança e privacidade, especialmente no tratamento e processamento de grandes volumes de informações (Anawar et al., 2022; Yang & Beil, 2024).

À medida que as telecomunicações avançam para uma era de manutenção preditiva e maior confiabilidade, particularmente em infraestruturas críticas como satélites, as estratégias tecnológicas voltadas à gestão dessas infraestruturas demandam constante inovação. As análises preditivas, por exemplo, estão emergindo como uma abordagem eficaz para garantir a continuidade dos serviços e prevenir falhas, melhorando a confiabilidade das redes (Vazquez, 2023; Ochuba et al., 2024). No entanto, a evolução digital também traz consigo uma série de desafios relacionados à proteção de dados, principalmente no que diz respeito à conformidade com as legislações de privacidade, como a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) no Brasil (Finkelstein & Finkelstein, 2019; Vazquez, 2024).

O gerenciamento eficiente de redes e sistemas de informação desempenha um papel central na mitigação de riscos e na proteção de dados. Isso inclui não apenas a implementação de políticas de resposta a incidentes cibernéticos, como também a adoção de boas práticas que assegurem a aderência à legislação vigente (Vazquez, 2024). A necessidade de assegurar a privacidade de dados não se limita às telecomunicações, mas permeia diversos setores, como o bancário, onde a transformação digital também introduz desafios críticos de segurança (Wang et al., 2024). O desenvolvimento de políticas claras e a utilização de ferramentas avançadas de segurança são essenciais para mitigar os riscos inerentes ao armazenamento e processamento de grandes volumes de dados (Freund et al., 2023).

A implementação de boas práticas na gestão de telecomunicações deve, ainda, considerar o impacto da Indústria 4.0 e da Logística 4.0, onde a conectividade e o gerenciamento de dados desempenham papéis cruciais na automação e na eficiência operacional (Vazquez et al., 2024). Além disso, para assegurar a proteção de dados, a adoção de técnicas de pré-processamento de dados com preservação da privacidade é fundamental, permitindo que grandes volumes de informações sejam analisados sem comprometer a integridade dos dados pessoais (Soni et al., 2020).

Por fim, em um ambiente digital globalizado, as telecomunicações também estão diretamente envolvidas nas transações internacionais de dados, o que aumenta a complexidade dos desafios de privacidade e segurança. As práticas comerciais, demandam uma abordagem cada vez mais integrada para garantir que a troca de dados ocorra de forma segura e em conformidade com as normas internacionais.

Este artigo explora as boas práticas de gestão de telecomunicações, com foco na privacidade de dados e no gerenciamento eficiente de redes e sistemas de informação. A partir de uma análise das estratégias emergentes e das legislações aplicáveis, são apresentadas recomendações para enfrentar os desafios impostos pela transformação digital e pela crescente adoção de tecnologias avançadas no setor.

2. Metodologia

A metodologia deste estudo é qualitativa e exploratória, baseada em revisão bibliográfica e análise de relatórios empresariais. A revisão de literatura foi realizada por meio de bases acadêmicas, como Google Scholar, além de livros e monografias sobre gestão de telecomunicações e privacidade de dados, focando em publicações recentes para garantir atualidade. Em paralelo, foram analisados relatórios de empresas especializadas, como Cisco e IBM, e de consultorias como McKinsey, para identificar tendências de mercado e inovações em cibersegurança e gestão de redes. Essa abordagem combinada permitiu identificar boas práticas alinhadas às exigências atuais de privacidade de dados e gestão eficiente em telecomunicações.

3. Sistemas de Telecomunicações

Nesta seção, são abordados alguns conceitos e tecnologias relevantes para a gestão em telecomunicação, incluindo comutação de circuitos e comutação de pacotes, sinalização de canal comum e arquitetura de redes.

3.1 Telefonia

O Aparelho Telefônico: O aparelho telefônico é utilizado para iniciar e receber chamadas de voz. Ele consiste em um transmissor, que converte ondas sonoras em sinais elétricos, e um receptor, que faz a conversão inversa, transformando os sinais elétricos em ondas sonoras. O dispositivo fornece sinalizações acústicas que permitem ao usuário, conhecido como assinante, estabelecer uma chamada, ser notificado sobre chamadas recebidas e ser informado em casos de falha ao tentar se conectar.

Para realizar uma ligação, o assinante insere o número do destinatário no teclado do aparelho, que gera uma sinalização elétrica específica para o número digitado. Essa sinalização pode ocorrer de duas formas: decádica (à base de pulsos), em que uma série de pulsos é enviada, ou multifrequencial (à base de tons), onde o sinal é transmitido utilizando duas frequências combinadas.

O método de sinalização multifrequencial do teclado, conhecido como DTMF (Dual Tone Multifrequency), combina uma frequência alta (1209 Hz, 1336 Hz, 1477 Hz ou 1633 Hz) com uma frequência baixa (697 Hz, 770 Hz, 852 Hz ou 942 Hz). Por exemplo, o dígito "9" é representado pela combinação das frequências de 852 Hz (baixa) e 1477 Hz (alta).

No contexto do sistema telefônico, os assinantes utilizam o aparelho telefônico para estabelecer comunicação com outros assinantes, configurando-se, assim, uma rede de comunicação contínua.

3.2 Comunicação Digital

Um sistema de comunicação é baseado na transmissão de sinais, desde uma fonte de informação até o seu destino. Para tanto, deve-se fazer uso de um canal, que pode estar sujeito a distorções e ruídos que podem afetar a qualidade da informação. No lado transmissor, são utilizados dispositivos transmissores, que irão atuar na preparação da informação para envio no canal, assim como no lado de destino temos os receptores, que irão tratar do sinal proveniente do canal.

No caso do sinal de voz, o processo de digitalização implica no uso de processos de codificação e modulação realizados nos dispositivos transmissores. O processo mais conhecido é o PCM (Pulse Code Modulation), em que,

basicamente, é feita uma amostragem do sinal analógico de voz, e cada amostra é quantizada e codificada segundo padrões digitais (binários) para posterior envio.

Assim como no lado transmissor são realizadas as etapas de amostragem, quantização e codificação, no lado receptor, os sinais digitalizados são regenerados para reconstruir a voz para a reprodução no lado de destino. O padrão PCM é muito utilizado nas redes de telefonia digital, presente até nos dias de hoje, sendo aplicado, inclusive, na telefonia IP (Internet Protocol).

3.3 Redes de Telefonia

As redes de telefonia são estruturas de comunicação complexas e amplamente distribuídas, fornecendo aos assinantes serviços de voz e dados. Constituem-se essencialmente de centrais telefônicas, que interligam os canais de comunicação e são geridas por operadoras de telecomunicações. Essas operadoras oferecem diversos serviços aos usuários da rede telefônica, como transmissão de dados, chamadas telefônicas, telex, comunicações móveis, acesso à internet e transmissão de vídeo.

Essas redes podem ser compostas por diferentes sistemas de comunicação projetados para otimizar a oferta de serviços específicos. Exemplos incluem a Rede Telefônica Pública Comutada (RTPC), a Rede Pública Comutada Telegráfica (Telex), redes privadas, o Sistema Móvel Celular (SMC), redes públicas de transmissão de dados e provedores de internet.

As redes telefônicas costumam seguir uma classificação hierárquica e podem adotar diversas topologias de rede, cada uma com suas particularidades para atender a diferentes necessidades de comunicação e eficiência.

3.4 Topologias para Redes de Comunicações

As redes de comunicação podem ser organizadas em diversas topologias, tanto físicas quanto lógicas, cada uma com características que impactam o desempenho e a funcionalidade. A escolha da topologia afeta fatores como os protocolos utilizados, a sinalização, o endereçamento, a capacidade de reconfiguração, a redundância, a velocidade, a largura de banda e o desempenho geral da rede. As principais topologias são: barramento, anel e estrela.

A topologia em barramento foi uma das primeiras a serem lançadas, sendo que todas as estações estão conectadas a um barramento, um meio físico compartilhado.

A topologia em anel apresenta as estações conectadas a um caminho fechado, em que a informação colocada por uma estação percorre o anel até chegar à estação destinada.

Na topologia em estrela, temos a interligação das estações por meio de um elemento centralizador. Nesse caso, todas as informações devem passar por esse elemento para que possam chegar ao destino.

Existe, ainda, a topologia em malha (ou mesh), em que as estações se interligam entre si, ponto a ponto.

História: sobre o surgimento das técnicas de comutação de circuitos em uma rede de telefonia fixa, temos:

- Em **1950**, o TDM (Time Division Multiplexing) foi aplicado à telefonia fixa.
- Em **1885**, foi criada a AT&T, cuja missão era construir e operar circuitos de telefonia em longa distância. Mesas telefônicas eram utilizadas no processo de comutação das centrais telefônicas por meio de operadoras de forma manual.
- Em **1889**, Albert Strowger criou a central telefônica de comutação automática. Curiosamente, Strowger não era inventor, mas um agente funerário da cidade de Kansas. Com suspeitas de que clientes potenciais estavam sendo encaminhados para seu concorrente por uma operadora de mesa telefônica, a esposa do proprietário da outra agência acabou investindo na invenção de um sistema eletromecânico que não dependesse de intervenção manual, que ficou conhecida como central Strowger, sendo utilizada por várias décadas.

3.5 Comutação de Circuitos

Para que dois pontos possam estabelecer uma comunicação, é necessário estabelecer um canal de comunicação para que possa ser feita a interligação física ou lógica através de um meio de transmissão. Entretanto, com muitos pontos, a quantidade de interligações pode ser grande. A ilustração da **Fig. 1** apresenta os principais eventos na comutação de circuitos.

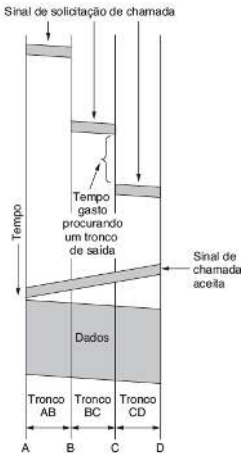


Fig. 1 Eventos na comutação de circuitos. Fonte: Tanenbaum & Wetherall (2011)

Para que a quantidade de interligações através de meios de transmissão possa ser viável, é necessário adotar um padrão de topologia de rede em estrela, inserindo um elemento central que possa ser o responsável pelo estabelecimento da conexão entre os canais de comunicação (comutação). Em uma rede de telefonia, a função desse elemento central que estabelece tais conexões é feita pela central de comutação ou central telefônica.

A partir da solicitação de um assinante, uma chamada é estabelecida para a central telefônica, que, por sua vez, comuta seus recursos para interligar um caminho que leve a uma conexão com o assinante destinado. Assim, os meios de transmissão são implementados na interligação dos assinantes com as centrais telefônicas, bem como entre diferentes centrais, criando uma rede de telefonia, em que os caminhos entre um assinante de origem e um assinante de destino são construídos através da comutação.

A comutação de circuitos estabelece um caminho dedicado durante todo o período da comunicação entre duas estações. Esse tipo de comutação envolve três fases:

1. Estabelecimento do circuito: antes de efetivar a comunicação entre a estação de origem com a estação de destino, um circuito fim a fim deve ser estabelecido. Isto implica que rotas em cada enlace serão alocados e permanecerão dedicados até o fim da comunicação.
2. Transferência de informação: tendo sido estabelecida a conexão com os circuitos alocados e reservados, as informações são transmitidas e recebidas pelas estações envolvidas.
3. Desconexão do circuito: assim que uma das estações finalizar a comunicação, os circuitos alocados serão liberados, permitindo que possam ser utilizados em novas comunicações.

Na comutação de circuitos, os recursos utilizados para o estabelecimento da conexão permanecem alocados do início ao

fim na comunicação, não criando disputa por recursos. Esse tipo de comutação é muito presente nas centrais de comutação nas redes de telefonia fixa e centrais privadas (PABX).

3.6 Estrutura do Sistema Telefônico:

Em um sistema telefônico, o principal elemento presente é a estação de comutação ou central telefônica, na qual estão conectados os usuários conhecidos como assinantes por meio de pares de fios condutores ligados a seus aparelhos telefônicos. Esse tipo de central telefônica é conhecido como central local, que faz parte da rede de acesso do sistema telefônico.

As centrais locais realizam a sinalização acústica para os assinantes, como tons que são utilizados para sinalizar que a linha está disponível para realizar chamadas; tons de alerta para sinalizar que uma chamada está sendo recebida; tons de indicação de insucesso no estabelecimento da ligação, como sinal de ocupado, congestionamento etc. As centrais locais também recebem dos assinantes os dígitos selecionados por meio do aparelho telefônico para determinar o assinante de destino da ligação telefônica.

Entretanto, o alcance de uma central local é limitado, sendo necessária a distribuição de centrais locais em diferentes regiões geográficas e estabelecendo uma conectividade que permita a comunicação entre elas. Para isso, são utilizadas as centrais conhecidas como tandem (ou trânsito), que fazem parte da chamada rede de entroncamento. Este nome se deve ao fato de que a comunicação entre duas centrais telefônicas é feita através de circuitos conhecidos como troncos.

As centrais tandem da rede de entroncamento se comunicam com outras centrais por meio de protocolos de sinalização, que indicam o estabelecimento de uma ligação, a seleção da estação de destino e o canal de transmissão que será utilizado para essa comunicação. A numeração utilizada para realizar o encaminhamento da ligação de uma estação de comutação para outra faz parte do plano de numeração da rede telefônica e pode variar de país para país.

3.7 Sistema Telefônico

Na rede de entroncamento, são utilizados sistemas de transmissão para realizar as comunicações por meio de troncos, podendo ser através de meios guiados (cabeamento) ou não guiados (ar), constituindo a chamada rede de transmissão ou rede de transporte.

As redes de telecomunicações podem ser dispostas de forma hierárquica, alinhada com o plano de numeração que é utilizado para o encaminhamento de uma ligação telefônica. Para esse encaminhamento, podem ser utilizadas centrais telefônicas com funções especializadas, principalmente para chamadas de longa distância, conforme ilustrado na **Fig. 2**.

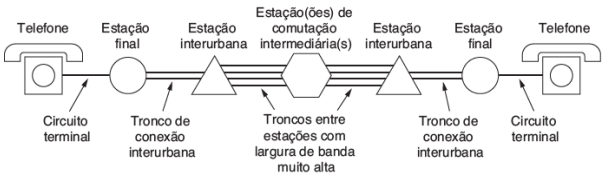


Fig. 2 Rota de um circuito típico para uma chamada de longa distância. Fonte: Tanenbaum & Wetherall (2011)

A imagem representa os elementos envolvidos em uma chamada de longa distância entre dois assinantes, onde observamos que o elemento principal das redes telefônicas é a central telefônica (estação de comutação), que pode ser classificada da seguinte forma:

- Central local: estão ligados os assinantes e se faz a comutação local. A interligação entre centrais locais é feita em uma rede com topologia de malha, constituindo um sistema local, que pode ser definido através de um código do plano de numeração, conhecido como código de área local;
- Central tandem local: realiza a ligação entre centrais locais através de uma topologia em estrela
- Central Tandem Interurbana (IU): faz a interligação entre centrais interurbanas;
- Central Trânsito Interurbana (IU): faz a interligação entre dois ou mais sistemas locais, inclusive por intermédio de uma central tandem local.
- Central Trânsito Internacional: faz a interligação entre países.

A seguir, trataremos da distribuição de estrutura topológica de uma rede telefônica, composta pelas centrais telefônicas.

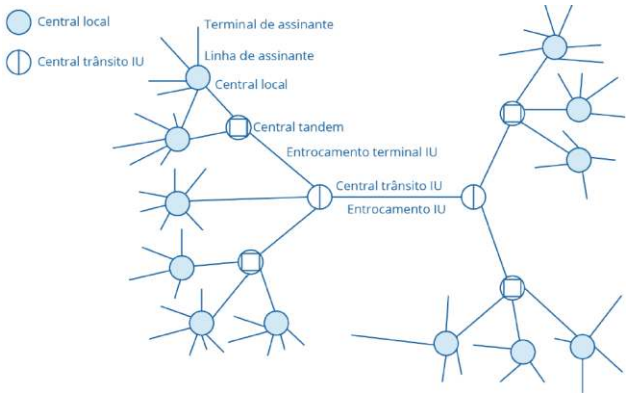


Fig. 3 Estrutura topológica da rede telefônica. Fonte: Alencar (2011)

A imagem da **Fig. 3** representa uma estrutura de topologia telefônica, envolvendo os terminais de assinantes, as centrais locais interligadas a uma central tandem local que se comunica com a central trânsito para uma interligação com outros sistemas locais. Para facilitar a interligação de assinantes às centrais telefônicas, pode-se fazer uso de concentradores, os quais são muito utilizados nas redes de acesso, em especial, nas regiões remotas, e realizam a interligação de vários assinantes com uma central telefônica ou central de comutação.

3.8 Abrangência das Redes Digitais

Uma rede digital ou rede de dados pode ter diferentes níveis de abrangência, conforme a distância a ser alcançada para a interconexão entre estações terminais, conhecidas como hosts, especificando quatro tipos de abrangência: PAN, LAN, MAN e WAN.

- Uma rede **PAN** (Personal Area Network), também conhecida como rede pessoal, apresenta curto alcance, permitindo a conexão de dispositivo por meio de protocolos de comunicação, como bluetooth.
- Uma rede **LAN** (Local Area Network), é uma rede local. Essa rede é utilizada em residências ou prédios, seja por meio da conectividade com fios ou sem fios.
- Uma rede **MAN** (Metropolitan Area Network), é uma rede metropolitana que tem a abrangência de uma cidade.
- Uma rede **WAN** (Wide Area Network), é uma rede de longa distância, alcançando, por exemplo, outro país ou continente, como é o caso da internet

3.9 Transmissão em Uma Rede de Telefonia Fixa

Uma rede de transmissão pode ser construída com base na distância, obstáculos, capacidade necessária e qualidade do serviço, para atender à efetividade da comunicação através de meios de transmissão adequados.

Os meios de transmissão de uma rede podem ser do tipo guiados (uso de cabos) ou não guiados (ar). No caso da adoção de cabos na rede de transmissão no interior de um prédio, são adotados padrões de cabeamento estruturado, que trazem uma organização na infraestrutura de conexões com equipamentos de telecomunicações e dados. Nesse caso, por se tratar de uma análise de rede de telefonia fixa, abordaremos somente os meios de transmissão guiados, que são aqueles que fornecem um canal para a condução do sinal de um dispositivo a outro.

Dentre os meios guiados, destacam-se o cabo par trançado, cabo coaxial e cabo de fibra óptica, sendo que o sinal é direcionado e confinado pelos seus limites físicos. Contudo, por se tratar de uma análise de rede de telefonia fixa, destacaremos somente o cabo de par trançado, que é um meio guiado constituído por um ou mais pares de fios condutores (na maioria dos casos, de material cobre), que ficam dispostos de forma entrelaçada e protegida por um revestimento plástico.

3.9.1 Cabo de par trançado

O entrelaçamento dos fios traz um equilíbrio que reduz a interferência (ruído) e a diafonia (interferência cruzada) aos sinais elétricos transportados. Os cabos de par trançado podem ser do tipo sem blindagem (UTP – Unshielded Twisted-Pair) ou com blindagem (STP – Shielded Twisted Pair). No caso do cabo STP, há a presença de uma capa metálica, melhorando a qualidade do cabo em relação à interferência e à diafonia, porém sendo mais volumoso e mais caro (**Fig. 4**).

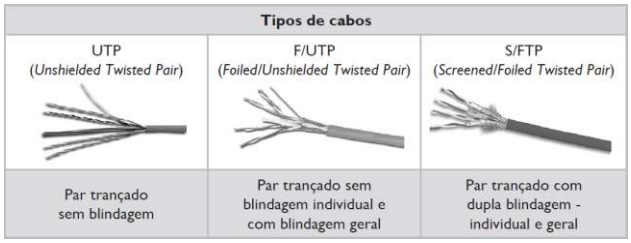


Fig. 4 Tipos de cabos para telecomunicações. Fonte: Marin (2009)

Outra característica desse tipo de cabo é a bitola do fio utilizada, a qual influencia na atenuação do sinal transmitido em relação à distância. Normalmente, o cabo de par trançado é voltado para uso interno: utilizado em linhas telefônicas para os canais de voz e dados e no cabeamento de redes locais, do tipo Ethernet, Fast Ethernet e Gigabit Ethernet. Para ambientes externos outro tipo de mídia deve ser usado: fibra óptica ou tecnologia sem fio.

A principal vantagem do par trançado, além de seu preço, é a sua facilidade de instalação. Como ele é bastante flexível, pode ser facilmente passado por dentro de conduítes embutidos em paredes.

Sua principal desvantagem é o limite do comprimento do cabo: 100 metros por trecho, e mesmo possuindo um bom sistema contra interferências eletromagnéticas, este tipo de cabo não é totalmente imune a ela; por exemplo em ambiente industrial, onde existam muitos motores, geradores etc. (neste caso, a fibra óptica seria mais recomendada).

3.9.2 Comutação de pacotes

Em uma rede de computadores, também é realizado o processo de comutação, para estabelecer o encaminhamento das informações de um ponto de origem até um ponto de destino. Essa função é feita por meio de elementos de rede, como comutadores (switches) e roteadores.

A comutação de pacotes consiste no encaminhamento de dados encapsulados em unidades com tamanho limitado denominadas pacotes. Diferente da comutação de circuitos, na comutação de pacotes não há a necessidade de estabelecer e alocar um caminho dedicado, que será utilizado do início ao fim na comunicação. Cada pacote apresenta uma identificação do endereço da estação destinatária, em que o elemento comutador irá encaminhar por uma rota que seja apropriada.

A técnica utilizada nesse tipo de comutação também é conhecida como store-and-forward para mensagens. Cada pacote é transmitido ao longo dos nós da rede, sendo que em cada nó são armazenados e retransmitidos sucessivamente. Não há a necessidade de seguir sempre a mesma rota para os pacotes que têm um mesmo destino, desde que essa rota alcance a estação correta. Na **Fig. 5**, temos a representação do fluxo de uma transmissão utilizando comutação de pacotes.

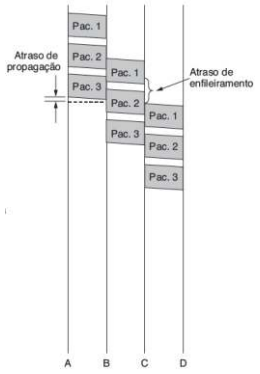


Fig. 5 Eventos na comutação de pacotes. Fonte: Tanenbaum & Wetherall (2011)

Na **Fig. 6** apresentamos um cenário para exemplificar vantagens e desvantagens das diferenças nas técnicas utilizadas pertinente à comutação de circuitos e a comutação de pacotes, a saber.

Na imagem, temos: (a) um cenário que apresenta uma comutação de circuitos efetivada em uma rede de telefonia através das centrais telefônicas para a realização de uma chamada entre assinantes; e (b) um cenário de uma transmissão de dados entre computadores utilizando a comutação de pacotes, em que switches e roteadores realizam o encaminhamento dos pacotes de dados da comunicação.

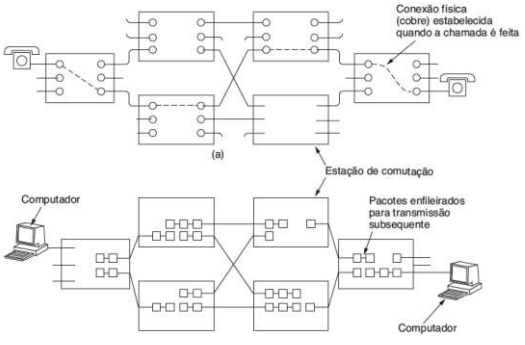


Fig. 6 (a) Comutação de circuitos. (b) Comutação de pacotes. Fonte: Tanenbaum & Wetherall (2011)

3.9.3 Comparativo funcional

Na comutação de circuitos, os recursos alocados para uma comunicação não poderão ser utilizados para outras transmissões, até que esta seja finalizada. Isso garante a boa qualidade do serviço, pois a largura de banda para os canais utilizados na comunicação permanece constante durante toda a transmissão (**Fig. 7**).

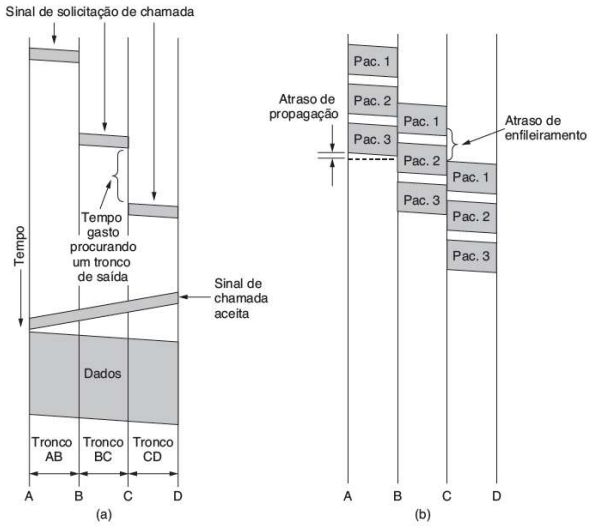


Fig. 7 Sincronização de eventos em (a) comutação de circuitos, (b) comutação de pacotes. Fonte: Tanenbaum & Wetherall (2011)

Na comutação de circuitos, os recursos alocados para uma comunicação não poderão ser utilizados para outras transmissões, até que esta seja finalizada. Isso garante a boa qualidade do serviço, pois a largura de banda para os canais utilizados na comunicação permanece constante durante toda a transmissão.

No caso da comutação de pacotes, os recursos utilizados podem ser compartilhados entre diferentes comunicações simultâneas, podendo até seguir caminhos diferentes para um mesmo destino, porém a largura de banda pode variar conforme o tráfego demandado nos elementos de comutação, sendo necessárias arquiteturas de qualidade de serviço, como DiffServ (ou serviços diferenciados, é um método utilizado na tentativa de conseguir qualidade de serviço em grandes redes, como a Internet).

Para entendermos melhor, temos um comparativo entre os dois tipos de comutação na **Tabela 1**.

Tabela 1 Uma comparação entre redes de comutação de circuitos e redes de comutação de pacotes.

Item	Comutação de circuitos	Comutação de pacotes
Configuração de chamadas	Obrigatória	Não necessária
Caminho físico dedicado	Sim	Não
Cada pacote segue à mesma rota	Sim	Não
Os pacotes chegam em ordem	Sim	Não
A falha de um switch é fatal	Sim	Não
Largura de banda disponível	Fixa	Dinâmica
Momento de possível congestionamento	Durante a configuração	Em todos os pacotes
Largura de banda potencialmente — desperdiçada	Sim	Não
Transmissão store-and-forward	Não	Sim
Tarifação	Por minuto	Por pacote

Fonte: Tanenbaum & Wetherall (2011)

Tendo em vista o crescimento da transmissão de dados e a evolução da tecnologia de voz sobre IP, a comutação de pacotes tem sido cada vez mais adotada para as telecomunicações e redes digitais, procurando evoluir na qualidade de serviço similar ao obtido pela comutação de circuitos para tráfegos de voz.

Nasce o conceito de Voz sobre IP (**VoIP**): é um termo utilizado para caracterizar o serviço que consiste em transmitir informação de voz através do protocolo IP (Internet Protocol). De uma forma geral, isto significa enviar informação de voz em formato digital dentro de pacotes de dados ao invés da utilização do tradicional protocolo de comutação de circuitos utilizado há décadas pelas companhias telefônicas. Além do protocolo IP, VoIP usa também o real-time protocol (RTP), para assegurar que os pacotes cheguem todos no seu devido tempo. No entanto, com a utilização das redes de telefonia para transmissão de dados, fica difícil garantir qualidade de serviço. Resultados bem melhores são obtidos se utilizadas redes privadas gerenciadas de forma mais inteligente, com o estabelecimento de prioridades para os pacotes que trafegam pela rede (**Fig. 8**).

A maior vantagem da tecnologia VoIP é a possibilidade da redução dos custos de utilização dos serviços de telefonia comum, principalmente em ambientes corporativos, pois redes de dados já instaladas passam a também transmitir voz.

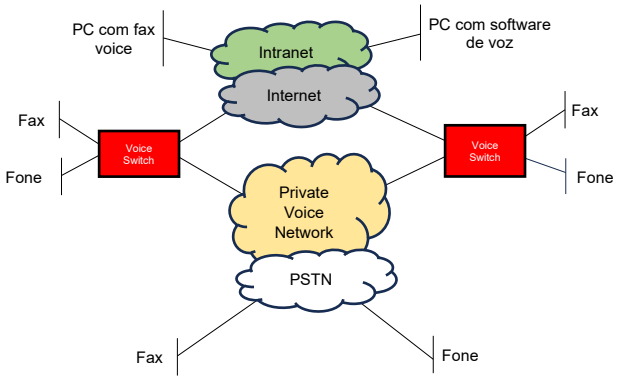


Fig. 8 Infraestrutura VoIP. Fonte: Adaptado do Grupo de Teleinformática e Automação UFRJ (2002).

Curiosamente, o telefone é um dos dispositivos mais simples já criados, operando praticamente da mesma forma há cerca de um século. Um telefone antigo, fabricado por volta de 1920, ainda pode ser conectado a uma tomada telefônica moderna e funcionará normalmente. Sua estrutura é composta por cinco componentes básicos:

- ✓ o transmissor,
- ✓ o receptor,
- ✓ a campainha,
- ✓ um emissor de sinais numéricos, e
- ✓ o circuito de transmissão.

A grande evolução que houve, é principalmente com relação ao emissor de sinais numéricos, que hoje existem três tipos, como segue (**Fig. 9**):

- ➢ **Decádico:** envia informações para a rede de telefonia utilizando sequências de pulsos;
- ➢ **Multifrequencial:** envia informações utilizando uma combinação de pares de frequências associado a cada tecla;
- ➢ **Digital:** envia informações no formato de dados para a rede de telefonia, onde os elementos desta estão preparados para receber e tratar esta informação neste formato.

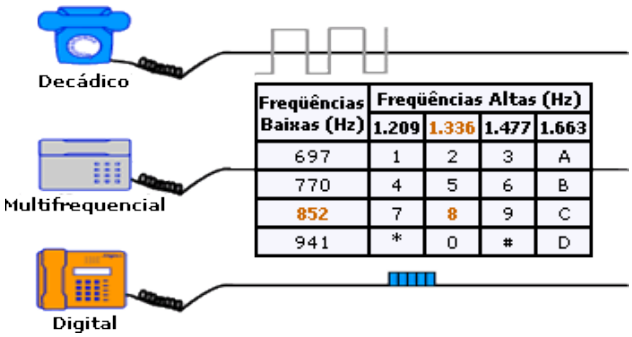


Fig. 9 Representação dos tipos de discagem telefônica. Fonte: Teleco (2004a).

O circuito de transmissão do telefone consiste em um par de fios bidirecionais, nos quais atua uma tensão contínua de -48 V. Quando o telefone está no gancho, o circuito permanece em repouso, com uma corrente elétrica praticamente nula. Ao retirar o telefone do gancho, o circuito se fecha, ativando o chamado "loop de corrente". Nesse instante, uma corrente de aproximadamente 20 mA começa a circular pela linha, sinalizando à rede de telefonia que o aparelho está pronto para realizar uma chamada. Em seguida, o telefone recebe um tom de discagem, indicando que os serviços da rede estão habilitados para uso.

3.9.10 Principais fundamentos de um sistema telefônico

O sistema telefônico é composto por assinantes, sistemas de distribuição, centrais telefônicas e sistemas de transmissão. A **Fig. 10** ilustra um modelo básico de sistema telefônico e seus principais componentes.

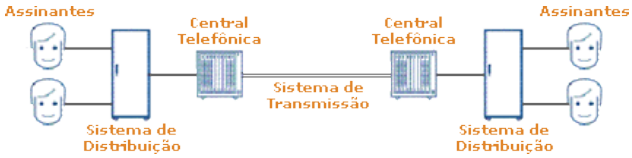


Fig. 10 Representação do sistema telefônico urbano. Fonte: Teleco (2004a).

A rede telefônica inicia-se na casa do assinante, conectado ao sistema por meio do circuito de transmissão do aparelho telefônico. Esse assinante se comunica com uma operadora de telefonia através de um sistema de distribuição, que consiste em uma infraestrutura física de conexões, formando a RTPC (Rede de Telefonia Pública Comutada). Esse sistema geralmente inclui caixas de distribuição, armários, distribuidores gerais, meios físicos, centrais telefônicas e aparelhos de telefone.

As centrais telefônicas representam o "centro de inteligência" do sistema telefônico, pois controlam as chamadas, gerenciam os serviços oferecidos, além de proporcionar sinalização acústica e de controle. As centrais públicas são classificadas conforme sua abrangência e os tipos de chamadas que suportam:

- **Local** é onde “nascem” às linhas de assinantes e toda troca de informação relacionada a esses assinantes;
- **Trânsito local** é uma central telefônica que troca informações entre outras centrais, que podem ser centrais locais ou até mesmo uma outra central de trânsito;
- **Trânsito interurbana** interliga dois ou mais sistemas locais, inclusive por intermédio de uma central de trânsito local. Também interliga centrais interurbanas;
- **Trânsito internacional** faz a interligação entre países.

A central de trânsito, também chamada de central TANDEM, interliga diferentes sistemas locais e facilita a comunicação em grandes áreas.

Voz analógica: A maior parte da energia da voz humana se concentra em uma faixa limitada de frequências. Nos sistemas telefônicos, essa faixa é normalmente restrita entre 300 Hz e 3400 Hz, garantindo integridade e clareza para a audição da voz.

Sinais Analógicos: São sinais físicos naturais, contínuos, como temperatura, pressão, vibrações acústicas, eletricidade e o próprio sinal de voz. Quando a voz é captada por um microfone e visualizada em um osciloscópio, ela aparece como uma onda que representa as vibrações acústicas correspondentes, conforme **Fig. 11**.

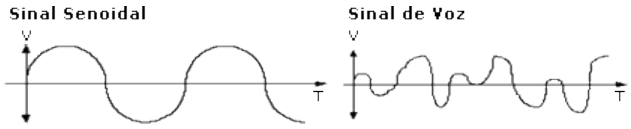


Fig. 11 Sinais senoidais (sinais analógicos). Fonte: Teleco (2017b).

Sinais Digitais: Esses sinais possuem valores discretos, geralmente binários (1 e 0, "on" e "off", "high" e "low"), sendo processados por máquinas ou dispositivos para uso em um meio digital.

Para que o som da voz seja transmitido em um sistema digital, ele precisa ser convertido para um formato digital antes da transmissão e depois reconvertido ao formato analógico para que o destinatário possa ouvi-lo claramente, conforme **Fig. 12**.

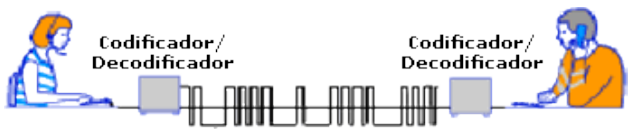


Fig. 12 Representando uma conversação em sinal digital. Fonte: Teleco (2004b).

Qualquer sinal analógico que precisa ser armazenado ou transmitido digitalmente passa por um processo de digitalização ou codificação, o que oferece vantagens substanciais, tais como:

- Sinais digitais são muito menos sensíveis a interferências ou ruídos;
- É possível transmitir mais informação através de sistemas digitais ao invés de sistemas analógicos;
- Podem ser enviados diretamente a computadores, que são equipamentos que utilizam sistemas digitais.

A digitalização dos sinais telefônicos permite o desenvolvimento de dispositivos mais compactos, de maior capacidade, precisão e menor sensibilidade a ruídos, além de viabilizar a integração de diversos tipos de transmissão. Essa digitalização aumentou significativamente a qualidade dos serviços telefônicos, facilitando a utilização de processadores de sinais digitais e computadores e promovendo a expansão de serviços oferecidos aos assinantes, com economia para os usuários e maior receita para as operadoras.

Voz Digital: O sistema de voz digital apresenta vantagens consideráveis sobre os sistemas analógicos. Embora a voz seja naturalmente analógica, ou seja, um conjunto de vibrações acústicas contínuas, ela pode ser convertida para um formato digital através da digitalização. Nesse processo, as vibrações da voz são transformadas em dados digitais, que

assumem apenas dois valores: zeros ou uns. A **Fig. 13a** mostra a uma representação dos sinais digitais.

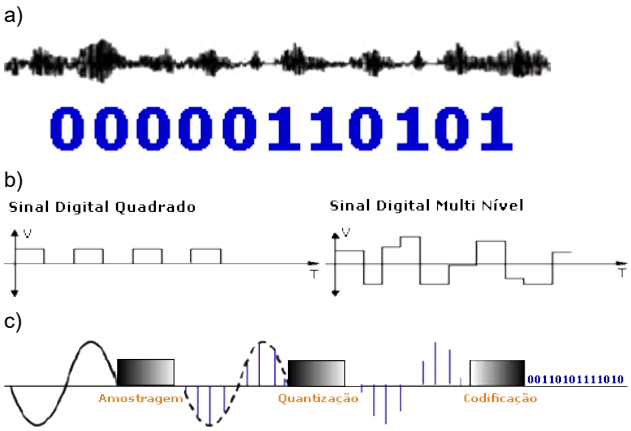


Fig. 13 Sinais analógicos e sinais binários (a), sinais digitais (b), e digitalização do sinal (c). Fonte: Teleco (2004c).

Para que o processo de conversão do sinal ocorra, é necessária a utilização de princípios de modulação e codificação dele, a esse processo é dado o nome de digitalização (**Fig. 13b**).

Digitalizando um Sinal: é o processo de transformação de um sinal analógico em um sinal digital, consiste em três fases (**Fig. 13c**):

- Amostragem, que consiste em retirar amostras do sinal original conforme uma frequência pré-determinada;
- Quantização, que consiste em refinar o sinal amostrado;
- Codificação, que transforma o sinal quantizado em um sinal binário.

A digitalização de sinais ocorre quando um sinal analógico é transformado em um trem de pulsos, cuja amplitude é proporcional à amplitude instantânea do sinal amostrado. O sistema de Modulação por Amplitude de Pulso (PAM - Pulse Amplitude Modulation) aplica diretamente o conceito de sinal amostrado e do Teorema de Amostragem, pois o sinal modulado é o produto do sinal modulante pelo trem de pulsos da portadora.

Em telefonia, a frequência de amostragem usada internacionalmente é de 8.000 amostras por segundo, definida pelo Teorema de Nyquist. Cada valor amostrado corresponde a um código de 8 bits, permitindo a quantização de múltiplos níveis. O Teorema de Nyquist–Shannon, fundamental na teoria da informação, demonstra que um sinal contínuo pode ser perfeitamente reconstituído se amostrado a uma taxa de pelo menos o dobro de sua largura de banda.

Ao multiplicar 8.000 amostras/segundo por 8 bits/amostra, obtemos uma taxa de transmissão de 64.000 bits/segundo (64 kbps). Esse processo, conhecido como PCM (Modulação por Codificação de Pulso - Pulse Code Modulation), é amplamente utilizado na digitalização de áudio, proporcionando uma aproximação precisa da voz humana. No entanto, para sons mais complexos, como música, são necessárias técnicas de digitalização mais avançadas. O antigo CCITT (Comitê Consultivo de Telefonia e Telegrafia Internacional), atualmente conhecido como ITU-R (Setor de Radiocomunicação da União Internacional de Telecomunicações), padronizou duas categorias de PCM:

- América utiliza 24 canais de áudio ou 1544 Mbit/s de velocidade e consiste no chamado estágio ou enlace T1;
- Européia utiliza 30 canais de áudio ou 2048 Mbit/s de velocidade e consiste no estágio ou enlace E1, o Brasil adota essa codificação.

Amostragem consiste em retirar amostras do sinal original, que serão utilizadas para reconstruir o sinal no receptor. Segundo o Teorema de Nyquist, para uma perfeita reconstituição, as amostras devem ser retiradas a uma taxa de no mínimo o dobro da largura de banda do sinal. Em telefonia, embora a voz humana varie de 1 Hz a 4 kHz, o processo de amostragem considera apenas a faixa de 300 Hz a 3 kHz, assegurando uma reprodução fiel do sinal de voz (**Fig. 14**)

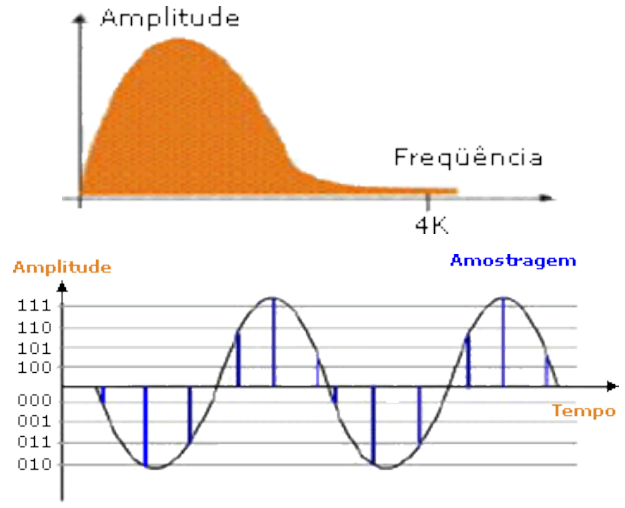


Fig. 14 Representação da faixa de frequência (a), e sinal sendo amostrado (b). Fonte: Teleco (2004c).

Quantização é o processo de "arredondamento" dos valores amostrados para níveis específicos de tensão, organizados em níveis de decisão. Quando um pulso ultrapassa um nível, ele é arredondado para o nível superior; se estiver abaixo, é aproximado ao nível inferior. Esse arredondamento gera um pequeno erro de quantização, que é reduzido quanto maior for o número de níveis de quantização disponíveis. Por exemplo, com 128 ou 256 níveis, o erro de quantização é menor do que com apenas 8. Cada nível é representado por um código digital de "n" bits, possibilitando 2^n níveis distintos.

Na **Fig. 15**, são mostrados os códigos digitais de 3 bits é possível ter até 8 níveis para quantizar as amplitudes amostradas do sinal analógico utilizado neste exemplo, sendo quatro para amplitudes positivas e quatro para amplitudes negativas.

Codificação transforma o sinal quantizado em uma sequência binária de “zeros” e “uns”. Esse sinal binário, resultante do trem de pulsos, está pronto para trafegar em redes como a RTPC, LAN ou WAN. A vantagem do PCM é a sua alta resistência a ruídos, pois o sinal pode ser continuamente regenerado sem distorção significativa.

Sinalização de assinante: As centrais telefônicas locais monitoram as linhas de assinantes para verificar se há chamadas a serem realizadas. A sinalização do assinante pode ser analógica ou digital, com base em corrente elétrica e tons acústicos. Ao iniciar uma chamada, o assinante fecha o circuito ao retirar o telefone do gancho, o que permite à central detectar uma corrente contínua na linha e enviar um tom de discagem ao assinante, sinalizando que o telefone está pronto para uso.

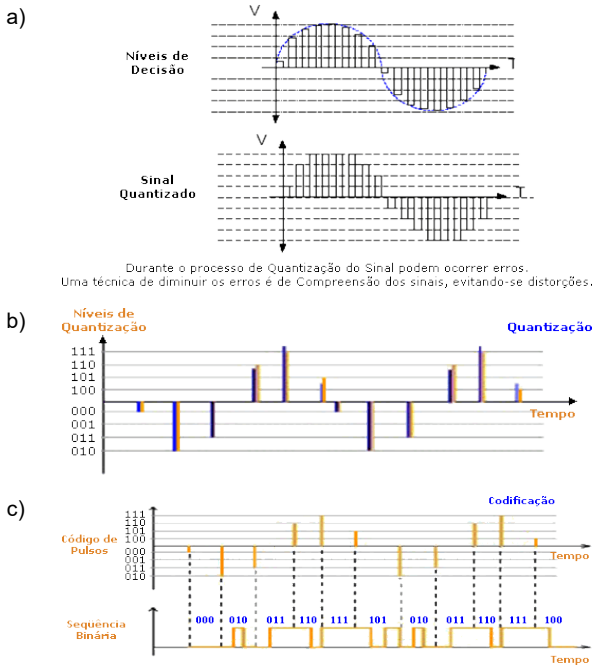


Fig. 15 Sinal amostrado sendo quantizado (a), sinal quantizado (b), e sinal codificado. Fonte: Teleco (2004c).

A **Tabela 2** a seguir, descreve as frequências que compõem os tons.

Tabela 2 Frequências que compõem os tons DTMF

Frequência baixa	Frequência alta			
	1.209 Hz	1.336 Hz	1.477 Hz	1.633 Hz
697 Hz	1	2	3	A
770 Hz	4	5	6	B
852 Hz	7	8	9	C
941 Hz	*	0	#	D

Fonte: Jeszensky (2004)

O número do destinatário é digitado no teclado, que utiliza a sinalização multifrequencial DTMF (Dual Tone Multi-Frequency), em que cada dígito é representado por uma combinação de duas frequências senoidais. Embora os dígitos A, B, C e D não estejam presentes nos telefones comuns, essas combinações de frequências podem ser usadas para funções de controle na central telefônica.

Os números de telefone seguem o plano de numeração do país, com diferentes códigos para chamadas locais, interurbanas e internacionais. Nas chamadas de longa distância, o código de seleção da operadora é adicionado para definir o provedor que encaminhará e tarifará a ligação. No Brasil, o código “90” é utilizado no início da numeração para chamadas a cobrar. As centrais telefônicas são configuradas para encaminhar cada ligação conforme o número discado.

Após o estabelecimento de conexão com o assinante, um tom de toque é enviado para a linha do chamador, e uma corrente elétrica de toque é direcionada para o telefone do destinatário, ativando a campainha. Quando o destinatário atende, a conexão de voz é estabelecida, e a conversa pode ocorrer. Se a linha estiver ocupada, um tom de ocupado é enviado ao chamador; e se o número for inválido, um tom de inacessibilidade é aplicado. Em alguns casos, mensagens podem substituir os tons para indicar falhas na chamada.

Tons adicionais são usados para funcionalidades como chamadas em espera, que emite um tom de alerta durante uma ligação para indicar a chegada de uma nova chamada. No caso de assinantes digitais, o protocolo Q.931 (DSS1) é empregado, enquanto para chamadas entre diferentes centrais telefônicas, utiliza-se protocolos de sinalização intercentrais, como o canal associado, que será discutido em detalhes.

Sinalização por Canal Associado (CAS): Nesse tipo de sinalização, as informações de sinalização compartilham o mesmo canal físico que o sinal de voz. Embora a sinalização ocorra antes do início da conversa, ela utiliza o mesmo circuito que será empregado para a transmissão da voz, o que caracteriza o canal de sinalização como "associado" ao canal de conversação. Mesmo no sistema PCM de 30 canais (PCM30), padrão E1 de 2048 Mbps amplamente adotado na Europa, em que os sinais de voz são transmitidos em intervalos de tempo distintos, a sinalização é considerada associada, pois tanto a voz quanto a sinalização fluem pelo mesmo canal (**Fig. 16**).

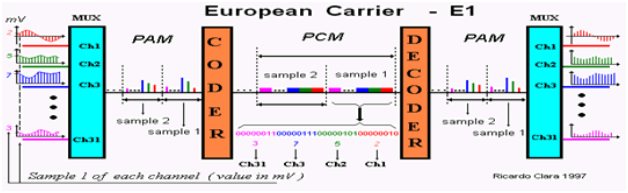


Fig. 16 Representação de sinalização E1. Fonte: Teleco (2004d).

Nos sistemas manuais iniciais, a sinalização decádica era uma técnica rudimentar baseada em pulsos que representavam dígitos: de 1 a 9 pulsos para os dígitos 1 a 9 e 10 pulsos para o dígito zero. O assinante chamador sinalizava sua intenção ocupando o circuito, inserindo manualmente uma baixa resistência no circuito para permitir a circulação de uma corrente maior, uma vez que, em repouso, uma resistência alta limitava o fluxo de corrente. Com o avanço para sistemas automáticos de comando direto, essa técnica foi expandida, incluindo um repertório maior para identificar os números discados.

Quando o circuito está em repouso, uma resistência elevada impede a circulação de corrente no circuito (ou mantém uma corrente muito baixa) e a ocupação se faz pela inserção manual de uma resistência baixa, permitindo a circulação de uma corrente sensivelmente maior (**Fig. 17**).

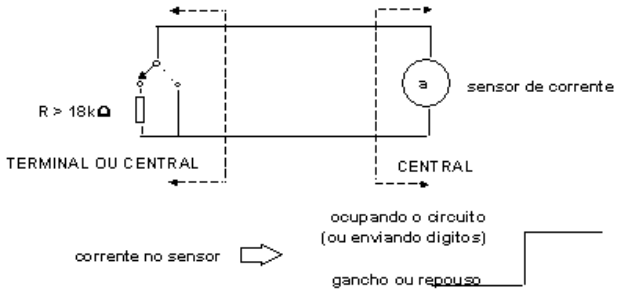


Fig. 17 Sinalização em Corrente Contínua. Fonte: Teleco (2004e).

A sinalização por corrente contínua apresentava limitações tanto no repertório de sinais quanto na capacidade de transmissão para chamadas interurbanas. Para circuitos interurbanos, geralmente de longa distância e suportados por rádio (tipicamente UHF ou micro-ondas), a sinalização evoluiu para pulsos de frequência ou combinações de frequências devido à necessidade de canais independentes para cada direção da comunicação.

Nos sistemas de comando indireto, a tecnologia da época utilizava seletores baseados em lógica a relés, bem como osciladores indutivos e circuitos de ressonância para gerar e

decodificar frequências de sinalização. Esses sistemas usavam dispositivos específicos, chamados enviadores e receptores, para enviar e receber as frequências apropriadas. Muitos sistemas de sinalização sucessivos adotaram essa técnica, diferenciando-se pelas características elétricas, procedimentos e repertórios de sinais.

O ITU-T (antigo CCITT) padronizou essa abordagem nos sistemas de sinalização regionais R1 e R2 e nos sistemas internacionais Nº3, Nº4 e Nº5, estabelecendo normas para padronizar a sinalização em diferentes regiões e entre operadoras internacionais (**Fig. 18**).

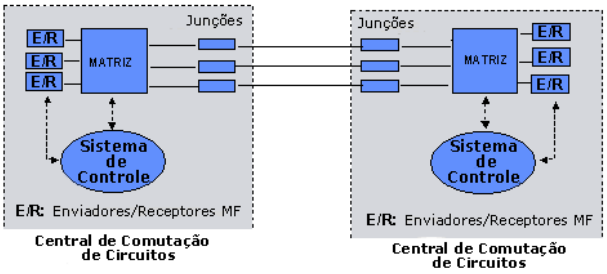


Fig. 18 Sinalização Multifrequencial. Fonte: Teleco (2004e).

Este tipo de sinalização é o mais antigo utilizado nas centrais de comutação telefônica, sendo por isto muito utilizado ainda hoje no país. Existe uma tendência de que, os novos equipamentos a serem instalados utilizem a sinalização por canal comum.

Sinalização por canal associado (CAS): Sinalização de Linha, é a que estabelece a comunicação entre centrais nas linhas de junções (juntores) e que agem durante toda a conexão. São trocas de informações relacionadas com os estágios da conexão e supervisão da linha de junção:

- Inicia procedimentos de ocupação e liberação de juntor;
- Informa colocação e retirada de fone no gancho do assinante (chamado para fins de tarifação);
- Ocorre em todas as fases da chamada.

✓ **Tipos de Sinais de Linha:**

- Ocupação;
- Confirmação de ocupação;
- Atendimento;
- Desligar para trás;
- Desligar para frente ou desconexão;
- Confirmação de desconexão;
- Desconexão forçada;
- Bloqueio;
- Tarifação;
- Falha.

✓ **Protocolos de Sinalização de Linha:**

- Corrente Contínua
- E + M Pulsada
- E + M Contínua
- R2 Digital

Sinalização por canal associado (CAS): Sinalização entre Registradores, é responsável pela troca de informações entre órgãos de controle das centrais. São informações relacionadas aos assinantes, como: número, tipos, condições etc.:

- Identificação do assinante chamado;
- Estado operacional do assinante chamado;
- Categoria do assinante chamador;
- Identificação do assinante chamador;
- Estados operacionais dos órgãos envolvidos na chamada;
- Ocorre antes da conversão;
- Utiliza o canal de voz para troca de informação entre as centrais;
- Utiliza-se a sinalização multifrequencial compelida (MFC - 5C) para circuitos interligados fisicamente ou via rádio, permitindo a existência de sinais para frente e para trás;
- Utiliza-se a sinalização multifrequencial (5S) para comunicação via satélite, onde só existe um sinal para trás referente ao assinante B.

Sinalização por canal associado (CAS): Sinalização ao longo de Rotas Interurbanas. Atravessa várias centrais de trânsito entre a origem e o destino da ligação. A forma de sinalização ao longo da rota pode ser de dois tipos: Extremo a extremo; e Enlace por enlace:

✓ **Extremo a extremo**: o registrador de origem troca informações sucessivas com todos os registradores das estações de trânsito e também diretamente, com o registrador de entrada do outro extremo. As informações trocadas entre os registradores das diversas estações de trânsito são apenas as necessárias para a comutação nesse estágio.

✓ **Enlace por enlace**: o registrador de saída transfere toda a informação ao registrador de entrada da estação seguinte. Esta retransmite a informação não utilizada para a estação subsequente e assim por diante. Este método possui as seguintes vantagens: registradores simplificados nas estações de trânsito menor número de registradores nas estações de trânsito.

Sinalização por canal associado (CAS): Tarifação, o sistema de tarifação adotado na telefonia interurbana deve funcionar de forma que a tarifa cobrada do assinante varie em função da duração e da distância da ligação efetuada. Eventualmente, entra como uma terceira variável a hora do dia (tarifa noturna inferior). Os dois sistemas de tarifação mais utilizados na telefonia interurbana automática são: Multimedição (multimetering); e Bilhetagem automática (toll ticketing).

No sistema de **multimedição**, a cada assinante é associado um contador. A cada ligação local, a contagem avança em uma unidade. Nas ligações interurbanas, o contador recebe o número de impulsos (avanços) que varia em função do tempo e da distância da ligação. Esses impulsos podem ser lançados no contador durante a conversação, numa cadência que varia em função da distância e da hora, ou após o término da ligação. No fim do mês a tarifa é calculada pelo número de unidades que o contador avançou. Uma listagem individual das ligações interurbanas automáticas é inviável.

No caso da **bilhetagem automática**, as informações das ligações interurbanas (número chamador, número chamado, hora, dia e duração) são gravadas em algum meio de armazenamento. Ao fim do mês, processando-se a informação no computador, obtém-se a tarifa do assinante, com a listagem individual das ligações interurbanas. Nesse método, o número do assinante chamador, também deve ser armazenado, isto é, o equipamento de comutação deve permitir a identificação do assinante. Certos tipos de centrais normalmente não permitem isso; requerendo, portanto, um investimento adicional para complementação da central com equipamento de identificação de assinantes.

A vantagem da bilhetagem automática está na possibilidade da comprovação individual das ligações interurbanas. Como desvantagem, além do investimento maior e da complementação de todas as centrais antigas existentes, deve ser citada a dificuldade de introdução do serviço automático para telefonemas interurbanos a partir de telefones públicos, bem como

a ausência de um serviço satisfatório para hotéis e congêneres, nos quais é necessária a tarifa imediatamente após ser feita a ligação. Esses dois casos são resolvidos de forma simples no método de multimedição, no qual se enviam os impulsos de contagem até o assinante, que os utiliza para fazer a cobrança automaticamente (telefone público) ou para incrementar um marcador (hotéis) e, portanto, fazer o cômputo imediato da tarifa.

Sinalização por Canal Comum (CCS): Com a introdução de Sistemas de Comutação controlados por processadores, os Stored Program Controlled ou Centrais de Programa Armazenado, como se denominaram, pensou-se o óbvio, por que não interligar diretamente os processadores destas centrais por uma linha de dados? Esta solução foi denominada Sinalização por Canal Comum (**Fig. 19**).

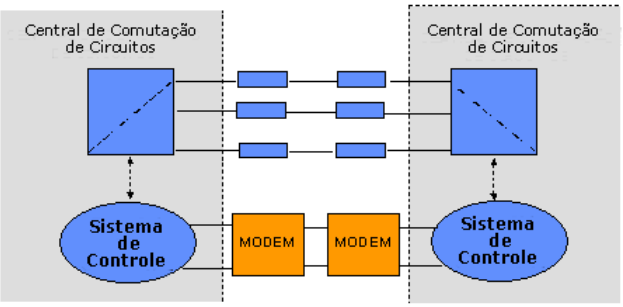


Fig. 19 Sinalização por Canal Comum. Fonte: Teleco (2004e).

A sinalização por canal comum é um método de sinalização no qual a informação de sinalização associada a supervisão e controle de um grupo de circuitos ou a uma interação gerencial com propósito qualquer é transferida sobre um mesmo canal de dados através de mensagens binárias. Com a sinalização por canal comum, a informação de sinalização deixa de cursar os circuitos de conversação, para se realizar diretamente e na forma mais adequada, entre os sistemas de processamento dos centros envolvidos na conexão (**Fig. 20**).

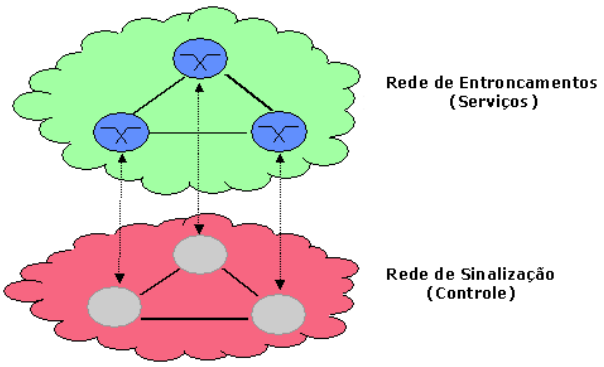


Fig. 20 Sinalização por Canal Comum: Separação entre Entroncamentos e Controle. Fonte: Teleco (2004f).

A sinalização por canal comum é, desta forma, uma decorrência natural e o complemento necessário a utilização de centros de comutação por controle armazenado. Ao invés de circuitos de ressonância ou filtros indutivos, "simples" circuitos de dados. Ao invés de lógica a relés, software.

Entretanto, a técnica de sinalização por canal comum introduz algumas generalizações relevantes à função da sinalização numa rede de telecomunicações moderna. Em primeiro lugar, a dissociação com o canal de voz ou com o fluxo de informações do usuário. Isto implica que pode haver "sinalização" mesmo quando o usuário não está pedindo uma conexão.

Este conceito não é de todo novo. Um aparelho telefônico com o fone no gancho está também sob "supervisão". E esta supervisão é sem dúvida uma forma de sinalização. Esta é a razão pela qual a sinalização por canal comum, foi definida como "um método de sinalização no qual a informação de sinalização associada a supervisão e controle de um grupo de circuitos ou a uma interação gerencial com propósito qualquer é transferida sobre um mesmo canal de dados através de mensagens binárias".

Outra consequência é que a sinalização não está mais limitada nem às informações entregues pelo usuário para endereçar sua chamada, e tampouco, à largura de banda não utilizada pelo usuário e disponível no entroncamento. Outras informações, que a rede julgar relevantes, podem ser incluídas, a qualquer instante.

Esta é uma característica interessante, uma vez que os Sistemas de Telecomunicações, à medida que se modernizam tem exigido uma gerência mais sofisticada em recursos, tendo em vista aspectos de flexibilidade e redução de custos. Flexibilidade porque esta é a característica principal da automatização e introdução de software, e redução de custos porque afinal, se a modernização não trouxer esta característica ela não é competitiva com os produtos existentes, e, portanto, não se impõe no mercado.

Mais do que tudo isto, novos serviços (Rede Inteligente, Comunicações Móveis) por razões de segurança impõem cada vez condições mais severas de controle e supervisão. Os Sistemas de Telecomunicações têm evoluído no sentido a intensificar de um lado a "customização", isto é, a adaptabilidade às necessidades pessoais dos usuários, e de outro aos requisitos de aplicações profissionais, como Redes Corporativas.

Em consequência, à medida que a tecnologia dos centros de comutação tem evoluído, o papel da sinalização tem-se alterado pois, tornando-se cada vez mais significativo. Nos sistemas mais antigos a sinalização está mais ou menos confinada ao controle das conexões. No entanto, numa rede moderna, cujos centros de comutação são controlados por processadores, torna-se possível e necessário um sistema de sinalização mais eficiente, confiável e que atenda às necessidades globais de comunicação da rede.

A sinalização não se refere mais ao mero controle das "chamadas". A supervisão de todo tipo de recursos (linhas, chamadas etc.) e eventos, a autenticação de acessos, a tarifação, a validação de senhas etc., passam a fazer parte do conjunto de necessidades dos usuários e da rede, e vem a estender a função da sinalização. Abaixo discutimos ainda mais este aspecto como uma vantagem da sinalização por canal comum.

Sinalização por Canal Comum (CCS): a sinalização por canal comum apresenta uma série de vantagens quando comparada aos sistemas convencionais:

- De imediato, com a utilização de canais dedicados para o tráfego de sinalização, há um pequeno acréscimo na eficiência dos circuitos (alta capacidade), que apresentam um tempo de retenção médio menor, refletindo mais exatamente o tráfego de conversação. A rede de circuitos de conversação pode assim ser otimizada, sem o efeito distorsivo dos custos de sinalização.
- Depois, há uma simplificação significativa nos equipamentos terminais associados aos circuitos de conversação e sinalização. Isto implica numa redução de custos associados (excelente relação custo-benefício) a implantação do equipamento que, na maioria dos casos, por si só, justifica a utilização da sinalização por canal comum.
- Em terceiro lugar, realizando-se a sinalização diretamente entre os sistemas de processamento dos centros envolvidos, há uma melhoria significativa nos parâmetros de desempenho afetados pela função sinalização (alta velocidade), como o tempo pós-discagem, por exemplo.

> ➢ Finalmente, a flexibilidade representa a maior vantagem desta técnica de sinalização. A flexibilidade tem sido um objetivo constante no desenvolvimento de sistemas controlados por programa armazenado: flexibilidade ou "inteligência" é necessária, por exemplo, nas intervenções do operador para programação de facilidades do sistema, isto é, na versatilidade operacional do sistema. Entretanto neste nível, a flexibilidade se limita ao processo de gerência e supervisão dos equipamentos.

O processo em tempo real de estabelecimento de chamadas, como tal, em nada é afetado. A sinalização por canal comum, ao contrário, modificou e ampliou esta linha de ação, porque transferiu esta flexibilidade ao próprio processo de tratamento de chamadas. Com a sinalização por canal comum a linguagem de comunicação das centrais telefônicas não sofre mais as restrições de desempenho e vocabulário que limitavam suas aplicações.

Com a sinalização por canal comum, a rede de telecomunicações pode acessar instruções, localizadas em centrais ou bases de dados, de como processar, em determinadas centrais, determinados serviços, pode verificar a condição ou as habilitações de assinantes específicos, antes de ocupar os circuitos para lhes endereçar chamadas etc., e isto pode ser feito antes, durante ou depois do estabelecimento dos circuitos de comunicação. O sistema passa a tomar decisões "inteligentes" (confiabilidade) sobre uma chamada e sobre seu processamento ao longo da rede.

Rede de Sinalização: é um conceito utilizado na sinalização por canal comum. Uma rede própria para sinalização entre centrais.

Sinalização por Canal Comum (CCS): Sistemas de Sinalização: nº 6: CCIS, SS6 (Signaling System Number 6): 1968, Tráfego Internacional; a sinalização por canal comum foi pensada e realizada comercialmente, pela indústria de telecomunicações Norteamericana, (embora possam existir outras indústrias que se declaram autores originais) levando a introdução nos Estados Unidos da América, de um sistema de sinalização por canal comum, denominado "Common Channel Interoffice Signaing-CCIS".

O Sistema CCIS foi implantado, inicialmente, em Chicago a partir de 1976, visando aplicações de controle de chamadas e supervisão de circuitos, mas em 1982 já se generalizara de modo a permitir serviços de acesso a bases de dados (Freephone, cartão de crédito automático etc.).

Os conceitos envolvidos foram, por outro lado, debatidos extensivamente a nível internacional desde o final da década de 1960, culminando numa primeira especificação de um sistema internacional em 1972, denominado CCITT Nº 6.

O Sistema Nº 6 foi especificado para a aplicação básica em telefonia, mas incluía também facilidades de gerência de redes. O sincronismo e a deteção de erros de blocos de comprimento fixo (28 bits) das mensagens utilizavam técnicas software logo superadas pelo padrão High Level Data Link Control - HDLC da International Standardization Organization - ISO e a taxa de transmissão da sinalização poderia ser ou 2,4kbit/s ou 4kbit/s, valores que na época pareciam suficientes. A ISO é um órgão normativo internacional que a partir da década de 1970 tornou-se muito ativo na área de padrões de comunicação entre computadores.

O Sistema CCIS foi implantado em centrais trânsito de maior hierarquia com a principal motivação de introduzir novos serviços e diminuir o tempo pós-discagem costa a costa. Este retardo na obtenção do tom de retorno de campainha ou sinal de ocupado era bastante elevado (cerca de 20 a 30s) em face da utilização do Sistema R1, onde o número chamado completo é retransmitido de central em central até o destino.

Posteriormente sua implantação foi expandida para as mesas interurbanas computadorizadas e centrais locais. A implantação se deu de acordo com uma topologia peculiar, cuja utilização é recomendada até hoje. As 10 macrorregiões de numeração se interligaram por uma malha quadrangular de Pontos de Transferência de Sinais utilizados como tandem de sinalização (**Fig. 21a**). Ao final da década (1980) a situação era a ilustrada no mapa da **Fig. 21b.**

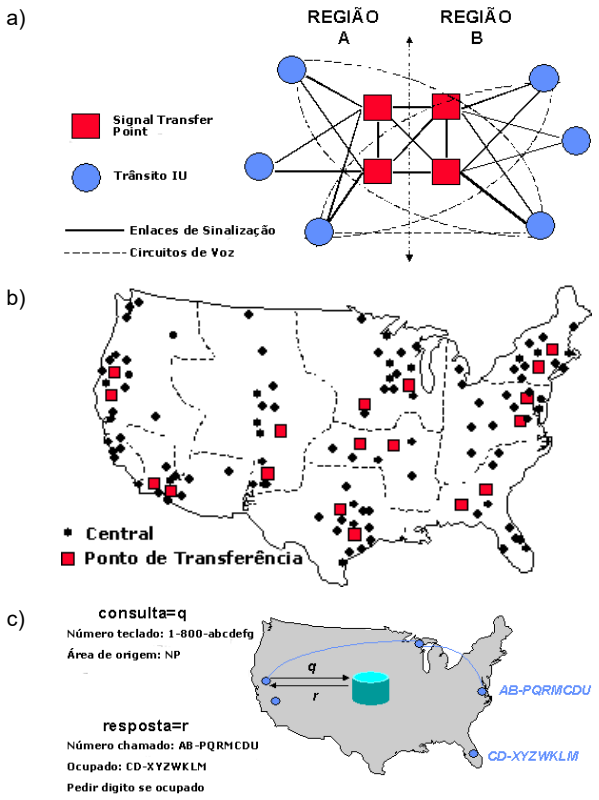


Fig. 21 Topologia CCIS (a), A Rede CCIS em 1980 (b), e a Rede SPC (c). Fonte: Teleco (2004g).

O Sistema CCIS possibilitou a explosão de diversos serviços, por um conceito que mais tarde originou o de Rede Inteligente, o conceito de Rede Controlada por Programa Armazenado (SPC Network). Neste tipo de rede, todas as centrais têm a possibilidade de interromper o processamento de chamadas ao identificar a presença de um trigger e buscar instruções em uma ou mais base de dados, como prosseguir com a chamada (**Fig. 21c**).

O conceito de sinalização por canal comum passou por considerável extensão a partir do final da década de 1970, com a introdução de centrais plenamente digitais e a proliferação de meios de transmissão digital no panorama de telecomunicações.

Efetivamente, estas modificações realçaram ainda mais a inadequabilidade das técnicas de sinalização convencionais para a rede digital emergente de telecomunicações.

A sinalização por canal comum utiliza uma tecnologia de comunicação de dados. Seu maior custo de introdução em centrais controladas por programa armazenado refere-se à sua adaptação para transmissão através da rede telefônica.

Desta forma, na medida em que a sinalização por canal comum encontra um ambiente digital, isto é, centrais completamente digitais interligadas por meios de transmissão digital, dispensando a utilização de modems e equipamentos de

interface, sua introdução passa a ser amplamente favorecida em custo e confiabilidade.

Em contraposição, a utilização de sinalização multifrequencial é desfavorecida não só pela limitação de serviços que impõe, mas também pelo custo elevado dos equipamentos de sinalização (enviadores e receptores multifrequenciais) realizando tarefas redundantes em relação ao serviço de transferência da informação (dupla conversão da forma binária para multifrequencial).

Observe-se que, para a tecnologia de centrais cross-bar, a sinalização multifrequencial é mais adequada a própria formação dos códigos multifrequenciais do tipo 2/5 ou 2/6 é decorrente da lógica interna de tradução a relés destes equipamentos, o que evidentemente, leva a uma estrutura de custos do equipamento de sinalização mais otimizada).

Além disto, nas centrais digitais, o processamento de chamadas é penalizado em cada uma destas centrais, com tarefas adicionais (em relação a sinalização por canal comum) de alocação de enviadores/receptores de frequência, comutação destes equipamentos com juntores de saída/entrada e finalmente desfazendo a alocação e comutação realizadas para permitir a sinalização.

Em consequência, com a sinalização por canal comum em um ambiente digital, os parâmetros de desempenho da sinalização, como o retardo pós-discagem sentido pelos usuários até a recepção de uma resposta bem ou malsucedida, apresentam uma sensível melhora (da ordem de 3 a 10 vezes).

Estes foram os aspectos decisivos, para a Europa, inicialmente, e mais tarde para o Japão, Austrália e Canadá, e, finalmente em 1979 para os EUA, na adoção e especificação de um segundo sistema de sinalização por canal comum, baseado no suporte de transmissão fornecido por canais digitais a 64kbit/s.

Este suporte, por sua vez, está disponível de forma otimizada no intervalo de tempo de canal 16 (Time Slot 16 ou TS 16) de um enlace PCM a 2048 kbit/s adotado principalmente na Europa. A nível internacional este sistema de sinalização passou a denominar-se Sistema de Sinalização Nº7 do CCITT (CCITT- SS Nº7 ou SS Nº7, simplesmente).

Sinalização por Canal Comum (CCS): Sistemas de Sinalização: o Sistema Nº 7, SS7: 1980, Redes digitais nas quais 64kbits/s da taxa de transferência podem ser usadas para os canais de sinalização, Tráfego Internacional; o objetivo geral do SS Nº7 é fornecer um sistema de sinalização por canal comum padronizado internacionalmente e de propósito geral:

- Otimizado para operação em redes digitais de telecomunicações conjuntamente com centrais digitais controladas por programa armazenado;
- Que satisfaça exigências atuais e futuras de transferência de informações entre processadores em redes de telecomunicações para o controle de chamadas, controle remoto, operação, manutenção ou gerência de redes de telecomunicações;
- Que forneça meios confiáveis de transferência de informação na sequência correta e sem perda ou duplicação.

O Sistema de Sinalização satisfaz os requisitos de sinalização de controle de chamadas para os serviços de telecomunicações tais como o serviço telefônico ou de comunicação de dados. Também pode ser utilizado como um sistema de transporte confiável para outras formas de troca de informações entre centrais ou centros especializados em redes de telecomunicações (por exemplo com a finalidade de gerência).

O Sistema é assim aplicável para utilização variada em redes dedicadas a serviços particulares ou redes de vários serviços. Os processos (Controle de Chamadas, supervisão de circuitos, gerência etc.) que utilizam o Sistema Nº7 são considerados usuários ou aplicações usuárias deste Sistema.

A sinalização por canal comum é normalmente aplicada com redundância de recursos de sinalização e inclui funções para comutação automática do tráfego de sinalização para rotas alternativas em determinados casos de falha.

A capacidade e a confiabilidade para sinalização podem assim ser dimensionadas em função dos recursos de sinalização de acordo com os requisitos de cada aplicação.

O Sistema de Sinalização é otimizado para operação em 64 kbit/s em canais digitais. É também útil para operação em canais analógicos a baixas velocidades. Pode ser empregado em enlaces ponto a ponto terrestres ou via satélite. Não inclui, portanto, as características especiais de operação ponto a multiponto, mas pode evoluir para cobrir tal aplicação.

O amplo campo de aplicação deste Sistema de Sinalização exige que este inclua uma grande diversidade de funções e que funções adicionais possam ser acrescentadas prevendo futuras aplicações. Em consequência só um subconjunto do Sistema total necessita ser utilizado em aplicações individuais.

A principal característica do Sistema de Sinalização é que este especificado com uma estrutura funcional que assegure flexibilidade e modularidade para aplicações diversas dentro do conceito de um Sistema. Isto permite ao Sistema ser realizado com certo número de módulos funcionais facilitando adaptações de conteúdo de um Sistema Nº7 em operação aos requisitos de novas aplicações.

Um Sistema de Sinalização Evolucionário: outros fatores tiveram influência na especificação deste segundo sistema de sinalização por canal comum. Alguns destes, como a disponibilidade do Modelo de Referência para a Interconexão de Sistemas Abertos (ou Open Systems Interconnection Model, ou Modelo OSI) da International Standardization Organization (ISO) e técnicas correlatas de especificação de protocolos, tiveram, influência sobre a grande maioria dos protocolos desenvolvidos para a comunicação de sistemas informáticos.

O SS Nº7, como os demais, foi influenciado, ao longo de seus estudos, em seus aspectos mais críticos pelo Modelo OSI, e movimentou um significativo esforço industrial, por sua parte. Desde o início, de acordo com uma arquitetura aberta e seus blocos funcionais foram projetados a medida que o Modelo OSI se desenvolvia e fornecia as ferramentas adequadas.

Este, sem dúvida, foi um dos fatores que influíram na opção generalizada do SS Nº7 pela comunidade internacional, em detrimento do SS Nº6 que apresentaria uma dificuldade maior, senão impossibilidade de adaptação aos novos serviços.

A utilização do Modelo OSI garantiu a modularidade e flexibilidade necessária para que o SS Nº7 acompanhasse a evolução dos serviços de telecomunicações para a Rede Digital Integrada (RDI), para a Rede Digital de Serviços Integrados (RDSI), para a Rede Inteligente (RI) e para a Rede Pública Terrestre de Comunicações Móveis.

Mesmo as novas gerações de equipamentos com tecnologia de comutação de pacotes em altas taxas e tecnologia IP (Internet Protocol) e Controle de Chamadas Independente do Serviço de Suporte estão sendo desenhadas com base na estrutura do SS Nº7.

Em conclusão, todo este desenvolvimento tem capacitado o SS Nº7 com um potencial de aplicações jamais pensado para qualquer outro sistema de sinalização de rede.

4. Conclusões

O desenvolvimento e a padronização de técnicas de sinalização e digitalização de sinais foram essenciais para a evolução dos sistemas telefônicos, promovendo maior eficiência, confiabilidade e expansão dos serviços de telecomunicação. A adoção de métodos como a sinalização por canal associado (CAS) e a modulação PCM, junto com a digitalização da voz, melhorou significativamente a qualidade dos serviços, além de facilitar a integração entre redes globais. No entanto, com a modernização e digitalização dos sistemas, a questão da privacidade dos dados tornou-se uma preocupação central. Garantir que as informações pessoais e as comunicações dos usuários permaneçam seguras e protegidas exige o desenvolvimento de técnicas avançadas de criptografia e políticas de segurança rigorosas. À medida que as redes evoluem, a proteção dos dados dos usuários é indispensável para manter a confiança no sistema, especialmente em um ambiente de telecomunicações cada vez mais interconectado e globalizado.

Contribuições dos Autores

F.J.B.V.: Curadoria de Dados, Redação - Preparação do Rascunho Original; Edição, Revisão e Edição. O autor leu e aprovou o manuscrito final.

Conflitos de Interesses

O autor declara que não tem interesses conflitantes.

Disponibilidade de Dados

Os dados que compõem este estudo estão disponíveis a partir da seguinte referência: VAZQUEZ, Fabio José Buchedid. Manual de boas práticas de gestão de telecomunicação e privacidade de dados (gerenciamento de redes e sistemas de informação). 2023. - Universidade Anhembi Morumbi (UAM), São Paulo. https://doi.org/10.29327/41255672 e https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/36441

Referências

Alencar, M. S. (2011). *Telefonia Digital*. São Paulo: 5ª Edição. Editora Érica Ltda.

Anawar, S., Othman, N. F., Selamat, S. R., Ayop, Z., Harum, N., & Rahim, F. A. (2022). Security and privacy challenges of big data adoption: A qualitative study in telecommunication industry. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, *16*(19). https://doi.org/10.3991/ijim.v16i19.32093

Finkelstein, M. E., & Finkelstein, C. (2019). Privacidade e lei geral de proteção de dados pessoais. *Revista de Direito Brasileira*, *23*(9), 284-301. https://doi.org/10.26668/indexlawjournals/2358-1352/2019.v23i9.5343

Freund, G. P., Macedo, D. D. J. D., & Fagundes, P. B. (2023). Proteção e privacidade de dados: Um modelo para o gerenciamento de evidências. *Em Questão*, *29*, e-128009. https://doi.org/10.1590/1808-5245.29.128009

Grupo de Teleinformática e Automação UFRJ (2002). *Introdução ao VoIP*. Acesso em: 11 de novembro de 2024. Disponível em: <https://www.gta.ufrj.br/grad/01_2/VOIP.htm>.

Jeszensky, P. J. E. (2004). *Sistemas telefônicos*. Barueri: 1ª Edição. Manole.

Marin, P. S. (2009). Cabeamento Estruturado - Desvendando cada passo: do projeto à instalação. São Paulo: 1ª Edição. Editora Érica Ltda.

Ochuba, N. A., Usman, F. O., Okafor, E. S., Akinrinola, O., & Amoo, O. O. (2024). Predictive analytics in the maintenance and reliability of satellite telecommunications infrastructure: A conceptual review of strategies and technological advancements. *Engineering Science & Technology Journal*, *5*(3), 704-715. https://doi.org/10.51594/estj.v5i3.866

Soni, M., Barot, Y., & Gomathi, S. (2020). A review on privacy-preserving data preprocessing. *Journal of Cybersecurity and Information Management*, *(2: Special Issue-RIDAPPH)*, 16-6. https://doi.org/10.54216/JCIM.040202

Tanenbaum, A. S.; Wetherall, D. (2011). *Redes de Computadores*. São Paulo: 5ª Edição. Pearson Prentice Hall.

Teleco (2004a). *Telefonia Digital: Introdução.* Seção: Tutoriais Telefonia Fixa. Acesso em: 11 de novembro de 2024. Disponível em: <https://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialconvdados/pagina_1.asp>.

Teleco (2004b). *Telefonia Digital: Voz Analógica.* Seção: Tutoriais Telefonia Fixa. Acesso em: 11 de novembro de 2024. Disponível em: <https://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialconvdados/pagina_2.asp>.

Teleco (2004c). *Telefonia Digital: Voz Digital.* Seção: Tutoriais Telefonia Fixa. Acesso em: 11 de novembro de 2024. Disponível em: <https://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialconvdados/pagina_3.asp>.

Teleco (2004d). *Telefonia Digital: Transmissão PCM.* Seção: Tutoriais Telefonia Fixa. Acesso em: 11 de novembro de 2024. Disponível em: <https://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialconvdados/pagina_5.asp>.

Teleco (2004e). *Sistemas de Sinalização: Evolução.* Seção: Tutoriais Telefonia Fixa. Acesso em: 11 de novembro de 2024. Disponível em: <https://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialss7/pagina_2.asp>.

Teleco (2004f). *Sistemas de Sinalização: A Função da Sinalização.* Seção: Tutoriais Telefonia Fixa. Acesso em: 11 de novembro de 2024. Disponível em: <https://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialss7/pagina_3.asp>.

Teleco (2004g). *Sistemas de Sinalização: A Função da Sinalização.* Seção: Tutoriais Telefonia Fixa. Acesso em: 11 de novembro de 2024. Disponível em: <https://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialss7/pagina_5.asp>.

Valdez-de-Leon, O. (2016). A digital maturity model for telecommunications service providers. *Technology Innovation Management Review*, *6*(8), 1-10. https://doi.org/10.22215/timreview/1008

Vazquez, F. J. B. (2023). Manual de boas práticas de gestão de telecomunicação e privacidade de dados (gerenciamento de redes e sistemas de informação). *Even3 Publicações*. https://doi.org/10.29327/41255672

Vazquez, F. J. B. (2024). Política de resposta a incidentes cibernéticos e estratégias de aderência à legislação brasileira. *Dataset Reports*, *3*(1), 114-119. https://doi.org/10.58951/dataset.2024.020

Vazquez, F. J. B., Silva, H. H. da, & Sousa, V. da S. e. (2024). Indústria 4.0 na Logística 4.0. *Dataset Reports*, *3*(1), 160-172. https://doi.org/10.58951/dataset.2024.030

Wang, S., Asif, M., Shahzad, M. F., & Ashfaq, M. (2024). Data privacy and cybersecurity challenges in the digital transformation of the banking sector. *Computers & Security*, *147*, 104051. https://doi.org/10.1016/j.cose.2024.104051

Yang, E., & Beil, C. (2024). Ensuring data privacy in AI/ML implementation. *New Directions for Higher Education*, *2024*(207), 63-78. https://doi.org/10.1002/he.20509