

INTEGRAÇÃO DE SISTEMAS DE COMUNICAÇÃO: CARACTERIZAÇÃO FUNCIONAL DE NOVOS SERVIÇOS DIGITAIS DA REDE DE ACESSO

Joaquim E Neves*¹

¹Universidade do Minho, Escola de Engenharia - Guimarães, Portugal

*Email: jeneves@dei.uminho.pt

RESUMO

Com a progressiva integração de serviços de voz, vídeo e dados, em novos sistemas de comunicação, resultantes da convergência tecnológica das tradicionais redes locais de computador e das redes públicas de telecomunicações, tem sido possível satisfazer os requisitos específicos das aplicações telemáticas, recorrendo a capacidades e protocolos de transmissão e de comutação adequados aos diferentes níveis de qualidade de serviço, suportadas nas diferentes interfaces da rede.

Nesta comunicação, caracterizam-se capacidades e limitações de diferentes tecnologias de acesso de banda larga, suportadas pelas infra-estruturas fixas existentes (xDSL, DOCSIS e BPL) e pelas redes de acesso via rádio (DECT, FWA, WLAN, WiMAX, HIPERLAN, GSM e UMTS), em função dos requisitos de qualidade de serviço das aplicações, de acordo com as especificações das recomendações internacionais existentes. Aborda-se igualmente a possibilidade de localização de terminais móveis, recorrendo a serviços de suporte da Rede de Acesso Rádio, bem como o desenvolvimento de aplicações sensíveis ao contexto de utilização.

INTRODUÇÃO

Graças ao esforço de normalização despendido nas principais organizações internacionais de standardização, designadamente na União Internacional Telecomunicações (ITU), na área das redes públicas e dos serviços de Telecomunicações, no Instituto dos Engenheiros Electrotécnicos e Electrónicos (IEEE), na área das redes e aplicações de computador, e na Organização Internacional de Standardização (ISO), na área das aplicações e serviços telemáticos, a evolução tecnológica das redes de comunicação tem sido suportada pelo desenvolvimento de standards globais, integrando diferentes plataformas cada vez mais complexas.

Do ponto comercial, constata-se a integração de novas ofertas de Acesso Fixo, nos três mercados tradicionais da rede de acesso (i.e. telefonia, televisão e internet), suportadas por novos sistemas de Acesso Fixo via Rádio (FWA) e pelas redes de distribuição de Energia Eléctrica (BPL) e de difusão de Televisão Digital (DVB). Por outro lado, verifica-se o alargamento do mercado tradicional da Rede de Acesso via Rádio (RAN), baseada em estações terrestres ou em constelações de satélites de órbita baixa, com a oferta da versão móvel (IMT2000/UMTS) daqueles serviços tradicionais da rede fixa.

Do ponto de vista tecnológico, importa distinguir as características funcionais das diferentes tecnologias de acesso de banda larga, designadamente as suportadas pelas infra-estruturas fixas já existentes, bem como as que requerem novas funcionalidades de suporte aos novos serviços móveis. Do mesmo modo, importa avaliar a qualidade de serviço disponível nas interfaces, cabladas ou via rádio, assim como o grau de satisfação dos requisitos das diferentes aplicações, em função da área de cobertura da respectiva rede de acesso.

REDES DE ACESSO

Os modelos arquitectónicos dos modernos sistemas de comunicação, referem, geralmente, três redes distintas, de transporte, de acesso e de utilizador, que se interligam em pontos de referência específicos, por interfaces normalizadas, como se ilustra na figura 1 [ITU-T, 2001]. A interface de Acesso à Rede Pública (XNI), corresponde aos pontos de referência U, do lado do prestador de serviço, e T, do lado do utilizador, localizados, respectivamente, a montante e a jusante da terminação de rede (NT1).

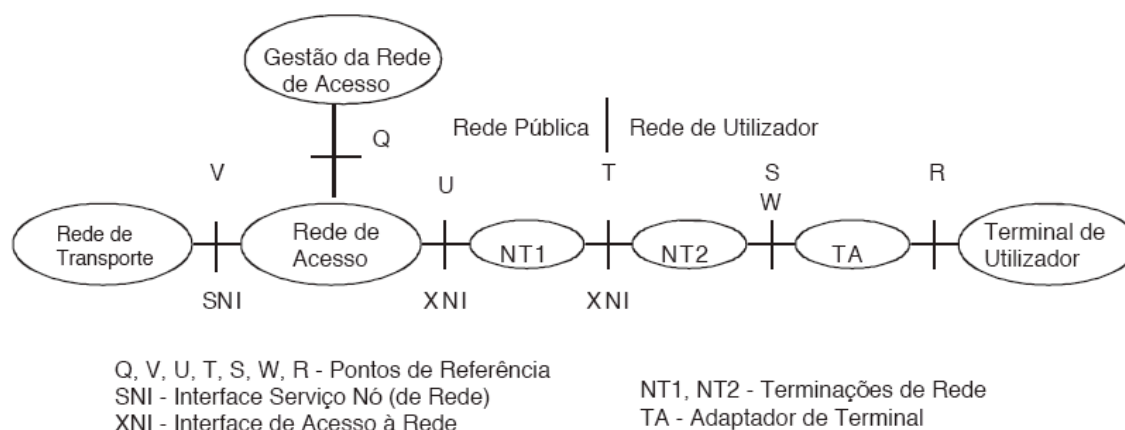


Figura 1. Interfaces das Redes de Acesso e de Utilizador.

A rede de utilizador apresenta uma terminação de Rede (NT2), entre os pontos de referência S (ou W) e T, podendo igualmente integrar Adaptadores de Terminais (TA), entre os pontos de referência S e R. Deste modo, os diferentes tipos de terminal de utilizador, apresentando diferentes capacidades de transmissão, de memória e de representação de conteúdos, poderão aceder aos serviços disponíveis na rede pública, que são suportados pelas redes de utilizador e de acesso.

A rede de utilizador pode mesmo não existir fisicamente, quando um único terminal acede directamente à rede pública no ponto de referência T, como acontece com os terminais telefónicos fixos, ou GSM (Global System for Mobile communications) e UMTS (Universal Mobile Telecommunications System). Se existir, a rede de utilizador, pode ser constituída por diferentes subsistemas, integrando várias tecnologias com interfaces cabladas ou aéreas. A RDIS (Rede Digital com Integração de Serviços), baseada no Barramento S, e a Ethernet, com várias especificações para o meio físico, que suportam diferentes capacidades de transmissão, geralmente superiores às disponíveis nas interfaces de acesso à rede pública, são exemplos de redes cabladas; enquanto o DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications) e o Wi-Fi (WLAN), constituem redes de utilizador, com interfaces aéreas.

A rede de acesso apresenta interfaces com as redes de utilizador (U) e de transporte (V), bem como com os sistemas de gestão (Q). Os débitos binários, na Interface de Acesso à Rede, podendo ser variáveis e atribuídos assimetricamente, podem atingir dezenas, ou mesmo exceder a centena, de Mbit/s, de acordo com os requisitos das aplicações, e das limitações impostas pela qualidade de transmissão do meio físico utilizado, que se degrada em função da distância entre o prestador de serviço e o utilizador.

Redes de Acesso Cabladas

Além das modernas redes de acesso via rádio, que serão apresentadas mais adiante, existem diferentes opções tecnológicas para a rede de acesso, baseadas em sistemas de transmissão guiada por linhas bifilares de cobre (pares de cobre) da antiga rede telefónica analógica, ou por cabos coaxiais da rede de distribuição de televisão (TVcabo), ou ainda pela linha de distribuição de energia eléctrica.

Neste contexto, a Linha Digital de Assinante (DSL) da rede telefónica, integrando a tecnologia ATM (Modo de Transferência Assíncrono), suporta uma variedade de débitos simétricos ou assimétricos, de acordo com as diferentes especificações normalizadas (HDSL, ADSL, ADSL Lite, VDSL, RADSL, SDSL) para interligação remota de redes de computador (baseadas no Protocolo da Internet) sobre a rede pública digital. Na figura 2 (adaptada de [ITU-T, 2001]), representa-se o modelo de referência para interligação das redes de transporte e de utilizador, através da rede de acesso, baseada na Linha Digital de Assinante, que no essencial, não difere das outras tecnologias cabladas, que serão abordadas de seguida: DOCSIS e PLC.

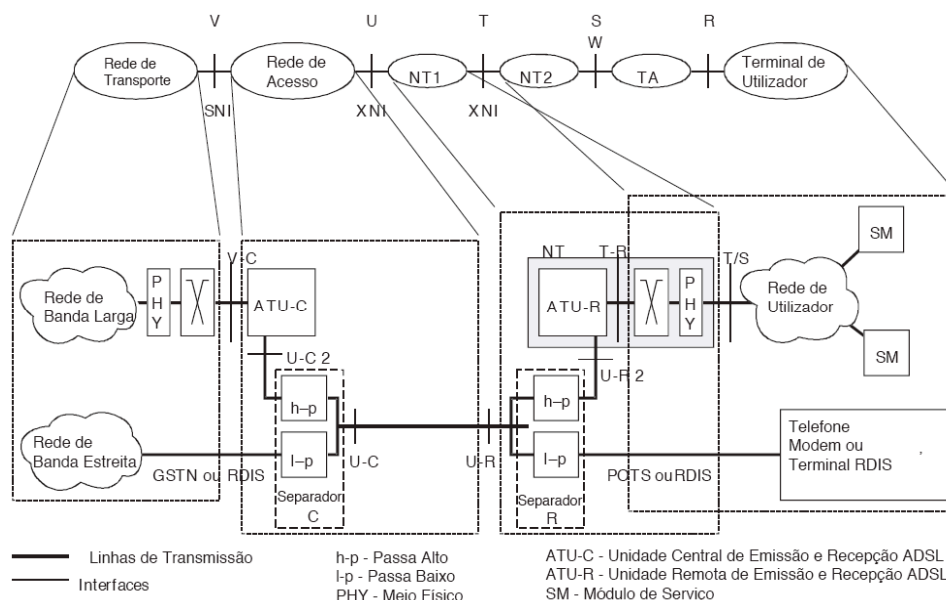


Figura 2. Modelo de referência para Interligação das Redes de Transporte, de Acesso e de Utilizador.

De acordo com este modelo de referência, são utilizadas duas tecnologias de transmissão diferentes, nas redes de transporte e de utilizador, para assegurar a conectividade dos serviços de banda estreita, baseados na Rede Telefónica Comutada (GSTN) ou na RDIS, e dos serviços de banda larga, que suportam as restantes aplicações telemáticas. Do mesmo modo, a

rede de acesso, baseada nas DSLs, disponibilizando os serviços de banda estreita, na Interface de Acesso à Rede, efectua a separação dos fluxos de informação de banda estreita dos de banda larga: enquanto os fluxos de informação dos serviços de banda estreita são transmitidos em banda base, na faixa de frequências compreendida entre os 400 e os 3 400 Hz; os serviços de banda larga utilizam diferentes tipos de modulação numa faixa espectral que poderá variar entre 1 e 30 MHz, de acordo com as especificações estandardizadas.

A rede de distribuição de televisão (CATV), caracterizada por um topologia híbrida, suportada em fibra óptica e em cabo coaxial (HFC, Hybrid fiber-coaxial), possibilita o acesso a uma variedade de serviços que, além da tradicional difusão de canais de televisão (analógica e digital), podem integrar o serviço telefónico, bem como outros serviços de dados de alto débito, suportados pelos protocolos DOCSIS (Data Over Cable Service Interface Specification). A arquitectura de transmissão que suporta os protocolos DOCSIS é semelhante à da xDSL, apresentando numa terminação de rede CMTS (Cable Modem Termination System), bem como interfaces de utilizador CMCI (Cable Modem to Customer Interface) e de nós de rede, com os diferentes prestadores de serviços.

Inicialmente orientada aos serviços de acesso à Internet, as novas versões DOCSIS foram integrando outros serviços de telecomunicações, como o serviço telefónico, jogos interactivos e difusão de conteúdos audiovisuais, com diferentes padrões de qualidade de serviço. Além disso, as capacidades de transmissão foram incrementadas por utilização de técnicas de igualização e de modulação em quadratura (QAM, Quadrature Amplitude Modulation): actualmente, a versão DOCSIS 2.0 assegura débitos superiores a 50 Mbits/s, na interface de utilizador; enquanto na versão DOCSIS 3.0 o débito poderá exceder os 150 Mbits/s [ETSI, 2008].

A rede de distribuição de energia eléctrica oferece outras alternativas de suporte para a rede de acesso, recorrendo a diferentes tecnologias estandardizadas como a PLC (Power Line Communications) e (BPL, Broadband over Power Lines). O sistemas PLC recorre a técnicas de modulação OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), QAM e PSK (Phase Shift Modulation), na banda de frequência de 1,7Mhz a 30MHz, para assegurar débitos que podem atingir os 40 Mbit/s. O PLC sucedeu a numa tecnologia proprietária, desenvolvida na década de 90 pela Nortel Networks, a DPL (Digital Power Line) que oferecia uma capacidade de transmissão de apenas 1 MBit/s, na interface de acesso à rede.

A criação do PLC Fórum, em 1997, e do PLTF (Power Line Telecommunications Forum), em 1998, permitiu a especificação de padrões normalizados, respectivamente na Europa e nos Estados Unidos, para suportar os tradicionais serviços de dados de baixo débito (PLC, Power Line Communication) para controlo das subestações, comunicação de voz, e protecção das linhas e equipamentos de alta voltagem da rede eléctrica, bem como o acesso, da rede de utilizador, aos serviços de banda larga (BPL, Broadband over Power Lines) com débitos superiores a 100 Mbit/s [IEEE, 2007].

Rede de Acesso via Rádio

Nas interfaces de acesso via rádio, os diferentes sistemas utilizam faixas de frequências específicas, algumas da quais sujeitas a licenciamento, disponibilizando uma variedade de capacidades de transmissão de alto débito para interligação remota dos respectivos terminais (DECT, FWA e UMTS), ou de redes de computador (WLAN, WiMAX). Algumas das interfaces aéreas, como a DECT e Wi-Fi (WLAN) pertencem às redes de utilizador, enquanto

outras, como as FWA, GSM, UMTS, WiMAX, HIPERLAN e BRAN (Broadband Radio Access Networks), integram a rede de acesso [ETSI, 2008].

Na figura 3 representa-se o modelo de referência das Redes de Acesso via Rádio, identificando-se os respectivos módulos funcionais, bem como as interfaces para interligação de terminais ou de componentes da rede, que pode ser baseada em estações de base terrenas (nós B, no lado direito da figura) ou em satélites artificiais (no lado esquerdo).

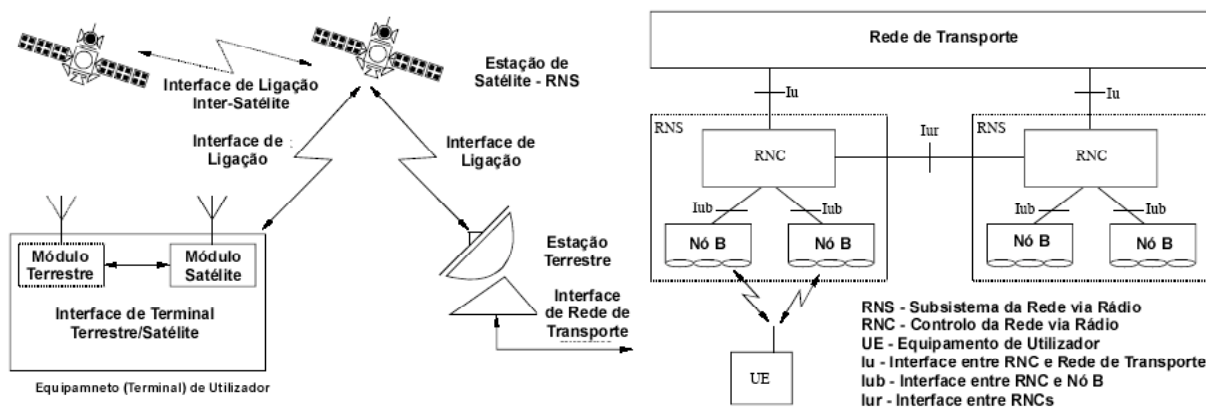


Figura 3 Redes de Acesso via Rádio baseadas em satélites artificiais (esquerda) e em estações terrenas (direita).

Integrando diferentes tecnologias de controlo de acesso ao meio e de atribuição de recursos, bem como de controlo de qualidade de serviço e de gestão de mobilidade, os diferentes subsistemas de acesso via rádio, são capazes de controlar o estabelecimento, alteração e remoção de conexões, sem perda da continuidade de serviço, nas ligações estabelecidas. Além disso, utilizando diferentes métodos de codificação do fluxo de informação dos serviços, bem como várias técnicas de modulação, controlo de acesso ao meio e multiplexagem, estes sistemas oferecem grande diversidade de capacidades de transmissão e de Qualidade de Serviço, nas interfaces de acesso.

Redes de Difusão de Televisão Digital

Além das infra-estrutura de suporte, de uma forma mais ou menos integrada, a uma grande variedade de serviços, importa também referir a existência de outras redes dedicadas, como as redes de difusão de serviços audiovisuais, destacando particularmente as Redes de Difusão de Televisão Digital, que estão presentemente em fase de instalação por todo o Mundo, na versão terrestre ou via satélite.

Ao longo de vários anos, diferentes Grupos de Peritos de Imagens em Movimento (MPEG), padronizaram, num conjunto de normas adoptadas pela ISO, os standards para codificação, representação, gravação e transmissão de serviços e aplicações audiovisuais, como o MPEG-2 e o MPEG-4, que suportam diferentes resoluções espaciais e temporais, bem como diferentes combinações de tipos de codificação de imagem e de som.

Do mesmo modo, o ITU adoptou vários standards para as Redes de Difusão de Televisão Digital, como o ATSC (Advanced Television Systems Committee), que será instalado nos Estados Unidos, o DVB-T (Digital Video Broadcasting-Terrestrial), que funcionará na

Europa, e o ISDB-T (Integrated Services Digital Broadcasting Terrestrial), que será usado no Japão. Estes sistemas de difusão terrestre de televisão de qualidade standard (SDTV) e de alta definição (HDTV), apresentam o sinal de vídeo codificado em MPEG-2, mas diferem entre si nos padrões adoptados para codificação do som, bem como noutros aspectos relativos à transmissão, como o tipo de modulação, codificação de canal e faixas espectrais utilizadas.

Refira-se ainda que os estándares DVB, além da versão terrestre, suportam também redes Cabladas (DVB-C) e de difusão via satélite (DVB-S), baseadas em MPEG-2, assim como terminais portáteis (DVB-H) e plataformas interactivas (DVB-MHP), baseadas em MPEG-4.

REDES DE PRÓXIMA GERAÇÃO

Ao contrário das actuais infra-estruturas de suporte dos diferentes serviços de comunicação, nas Redes de Próxima Geração (NGN, Next Generation Networks), as aplicações terão acesso aos serviços da rede, através da Interface Aplicação-Rede (ANI), independente das tecnologias de transmissão, de controlo e de gestão de mobilidade. Conforme se ilustra na figura 4 [ITU-T, 2008], no modelo de referência arquitectónica das NGNs, as funções de suporte das aplicações e dos serviços serão executadas de acordo com os perfis dos utilizadores destes serviços, que por sua vez recorrem a funções de controlo de transporte, designadamente, as funções de controlo de admissão e de recursos e outras funções acessórias de controlo da rede.

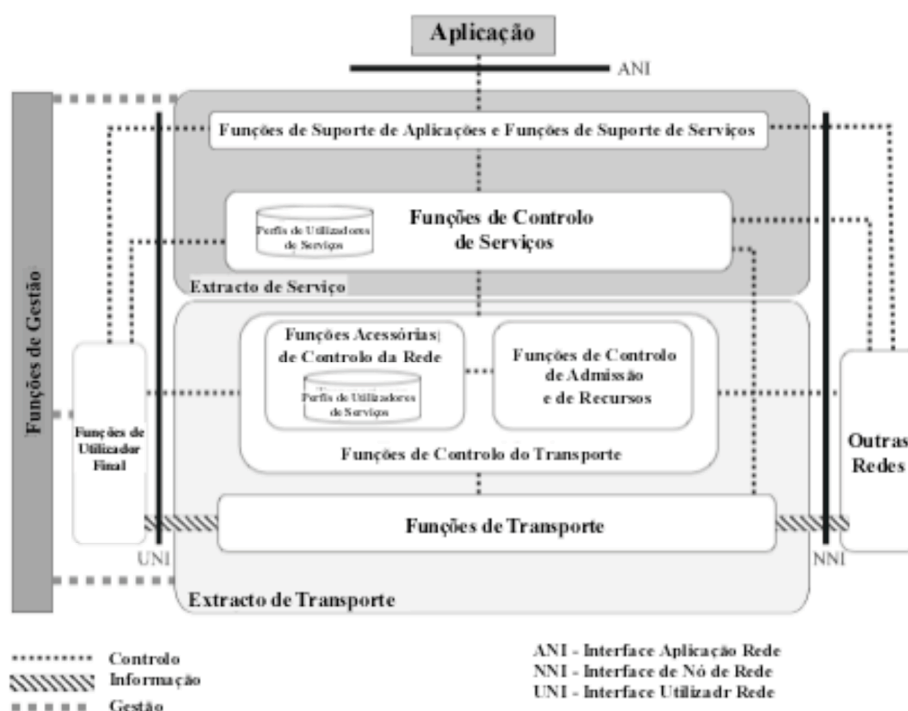


Figura 4. Arquitectura das Redes de Próxima Geração.

Ficam assim definidos os Extractos de Transporte, com interfaces físicas de utilizador (UNI) e de nó de rede (NNI), e de Serviço, com a interface lógica de aplicação de rede (ANI), bem como os respectivos fluxos de controlo de informação e de gestão, cujas funções são transversais aos Extractos de Transporte e de Serviço.

SERVIÇOS

Do ponto de vista do utilizador final, os serviços poderão ser classificados sob diferentes pontos de vista. Contudo, duas abordagens, polarizadas nas Interfaces Homem Máquina (HMI, Human Machine Interface) e de Utilizador Rede (UNI, User Network Interface), são determinantes para a caracterização da Qualidade de Serviço, quer na perspectiva da percepção objectiva do utilizador, quer na da percepção da quantidade de informação instantaneamente disponível, nas interfaces do equipamento terminal, para cada serviço específico.

A figura 5 ilustra a classificação dos serviços de telecomunicações, bem como os débitos de acesso requeridos por aplicações concretas. Os serviços de Telecomunicações poderão ser classificados em quatro classes (Conversacional, de Fluxo, Interactiva, e de Fundo), em função das diferentes componentes que comportam (Unimédia ou Multimédia), da simetria das ligações (Simétrica e Assimétrica) e da topologia das conexões (Interactivos e Distribuição), ou do tipo de conteúdo (Voz, Mensagem e Dados Comutados).

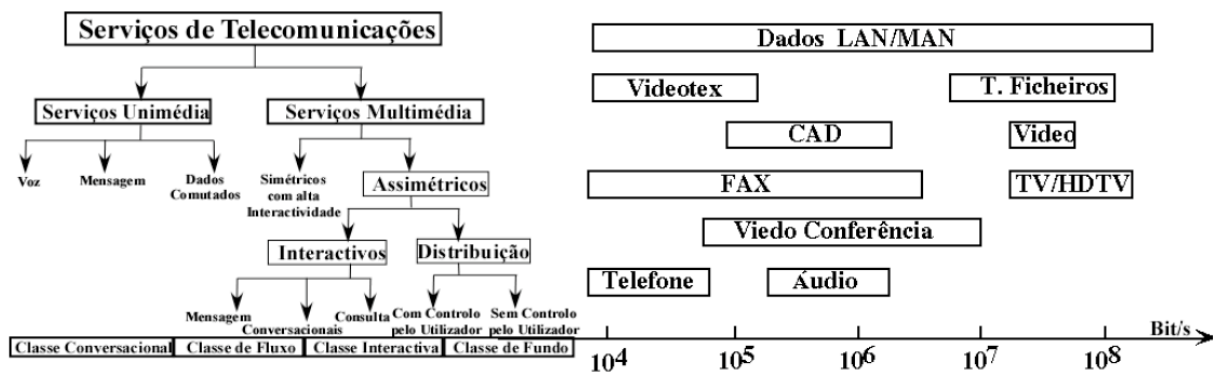


Figura 5. Classificação dos Serviços de Telecomunicações (esquerda) e Débitos de Acesso Requeridos (direita).

Em cada aplicação concreta, que poderá integrar várias componentes de serviço e de tipos de conteúdo, é imprescindível assegurar que as conexões estabelecidas oferecem determinados níveis de Qualidade de Serviço, requeridos pelos respectivos serviços e suportados pelos recursos alocados na rede. Estes níveis de qualidade, além da conectividade do equipamento terminal e dos débitos requeridos nas respectivas interfaces, são caracterizados pelas taxas de erro e pelos atrasos, bem como pelas variações dos débitos e dos atrasos, uma vez que estes parâmetros produzem impactos diferentes nas diferentes componentes de serviço. Por exemplo, os conteúdos de voz toleram uma taxa de erro residual, mas são particularmente sensíveis ao atraso de transmissão e à sua variação, enquanto outros serviços interactivos toleram pequenas variações do atraso, mas exigem uma taxa de erro particularmente baixa.

A tabela 1 apresenta débitos e extensões máximas típicas de diferentes tecnologias de acesso. Refira-se, igualmente, que a taxa de erro associada a cada meio de transmissão, sendo crescente com a distância, limita a área de cobertura da rede de acesso, obrigando à introdução de repetidores, bem como ao adequado dimensionamento da estrutura celular típica das redes de acesso via rádio. Por outro lado, quando a distribuição dos erros for variável no tempo, o controlo da qualidade de serviço poderá mesmo obrigar a caracterizar a taxa de erro com mais do que um parâmetro (i.e. a sua média). Esta situação acontece,

tipicamente, nas redes de acesso via rádio, que além de apresentarem taxas de erro superiores às dos sistemas de transmissão cablados, a evolução temporal da taxa de erro caracteriza-se pela alternância de bons e maus estados, sendo estes de duração mais curta que os primeiros mas com taxa média muito mais elevada.

Tabela 1. Débitos e Extensões Máximas típicas de diferentes tecnologias de acesso.

Tecnologia de Acesso	Débito (MBit/s) Descendente (ou Simétrico)	Débito (MBit/s) Ascendente (ou Simétrico)	Extensão (Km) Máxima da Linha ou do Raio da Célula
HDSL	2	2	5
ADSL2+	24	1,5	1
VDSL	52 (ou 10)	1,5 (ou 10)	1
VDSL+	100 (ou 200)	50 (ou 200)	0,5
DOCSIS 1.1	55,62	10,24	10
DOCSIS 2.0	55,62	30,72	10
DOCSIS 3.0	160	120	10
PLC	40	40	-
BPL	100	100	-
FWA	2	2	10
UMTS	0,384	0,384	10
WiMAX	40	40	10
HIPERLAN	54	54	0,1

Localização de Terminais

Nas Redes de Acesso via Rádio, a identificação dos equipamentos terminais móveis, bem como dos respectivos serviços, processa-se da mesma forma que nas interfaces cabladas e FWA, segundo os procedimentos e respectivas mensagens definidas nos sistemas de sinalização normalizados internacionalmente [ITU-T, 2008]. Por outro lado, após o estabelecimento da conectividade entre os terminais e a rede, é necessário assegurar a continuidade das conexões estabelecidas, recorrendo a procedimentos de gestão de mobilidade, quer dos terminais de utilizador, relativamente às estações de base terrestres ou baseadas em Satélites, quer das próprias estações baseadas em Satélites.

Estas novas funcionalidades propiciam o desenvolvimento de novos serviços de localização de terminais móveis, na rede de acesso via rádio, quer sejam baseadas em estações terrestres ou em constelações de satélites, em função da potência do sinal recebido de diferentes estações de base, bem como do ruído observado nos receptores.

Aplicações Sensíveis ao Contexto

Conhecendo a localização, a qualidade de serviço e os recursos disponíveis nas interfaces de acesso, bem como as capacidades de apresentação dos terminais, as aplicações telemáticas sensíveis ao contexto são capazes de adaptar os serviços aos perfis de utilização, bem como a apresentação dos conteúdos de acordo com a qualidade de serviço requerida ou disponível.

A partilha de conteúdos audiovisuais por diferentes perfis de utilização, requer o desenvolvimento de interfaces de descrição de conteúdos multimédia, como a especificada pela norma MPEG-7, que permite controlar, rápida e eficientemente, o acesso aos conteúdos

audiovisuais codificados segundo as normas MPEG-1, MPEG-2 ou MPEG-4. Por outro lado, a gestão dos direitos relativos à reprodução de conteúdos digitais (DRM, Digital Rights Management), poderá recorrer a aplicações protectoras de direitos de cópia, como as especificadas pela norma MPEG-21, para assegurar os direitos dos produtores e distribuidores, gerindo as restrições ou autorizações da apresentação de conteúdos aos consumidores [ISO, 2008].

SUMÁRIO

Discutiui-se a evolução dos sistemas de comunicação digital, bem com dos respectivos serviços e aplicações, num contexto de integração tecnológica das infra-estruturas globais de informação. Além da caracterização funcional dos sistemas e dos serviços da rede de acesso, abordou-se a classificação dos serviços na perspectiva da qualidade de serviço observada nas interfaces dos equipamentos de utilizador, que suportam as aplicações finais.

Com o desenvolvimento dos sistemas de suporte aos serviços móveis tradicionais, e a disponibilidade de uma capacidade de comunicação crescente, perspectiva-se o desenvolvimento de terminais com múltiplas interfaces de acesso, suportando vários protocolos de comunicação, o que permitirá alargar a disponibilidade dos serviços, quer em relação à área de cobertura, quer na satisfação dos requisitos de qualidade estabelecidos para as diferentes aplicações.

Perspectiva-se, igualmente, o desenvolvimento de aplicações sensíveis ao contexto de utilização, que poderão adequar a apresentação dos conteúdos aos perfis de utilização, considerando, designadamente, a localização do utilizador e os recursos disponíveis no equipamento terminal ou nas interfaces de acesso, bem como os direitos patrimoniais associados à reprodução ou à distribuição de conteúdos digitais.

Estes temas são objecto de estudo no projecto Integração de Sistemas de Comunicação (ISC), onde se enquadram vários trabalhos de pós-graduação em curso na Escola de Engenharia da Universidade do Minho.

REFERÊNCIAS

ITU-T, G.995.1 - Overview of digital subscriber line (DSL) Recommendations, Genebra, (2001) <http://www.itu.int/rec/T-REC-G>.

ITU-T, Serie Q Recommendations - Switching and signalling, Genebra, (2008), <http://www.itu.int/rec/T-REC-Q/en>.

ITU-T, Serie Y Recommendations - Global information infrastructure, Internet protocol aspects and next-generation networks, Genebra, (2008), <http://www.itu.int/rec/T-REC-Y/en>.

IEEE, P1901 - Draft Standard for Broadband over Power Line Networks: Medium Access Control and Physical Layer Specifications, (2007) <http://grouper.ieee.org/groups/1901/>.

ETSI, ETSI Standards, European Telecommunications Standards Institute, Sophia Antipolis, (2008), <http://www.etsi.org/WebSite/Standards/Standard.aspx>.

ISO, JTC 1/SC 6 - Telecommunications and information exchange between systems, (2008) http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_tc_browse.htm?commid=45072