

Tecnologia de Agentes na Convergência das Telecomunicações com a Computação

Joaquim Croca
Eng. Marinha de Guerra Portuguesa
jcroca@da-telecom.com

Luís Domingos
Eng. Alcatel Portugal
domingosluís@netc.pt

Alberto Rodrigues da Silva
Prof. Instituto Superior Técnico
alberto.silva@acm.org

Sumário

Introduz-se nesta comunicação os tremendos desafios que a indústria das telecomunicações está sujeita, por um lado, na concepção e lançamento de serviços inovadores e integrados, e por outro, na operação e gestão desses serviços e das suas infra-estruturas de suporte. De forma a concretizarem-se com sucesso esses desafios considera-se o paradigma e a tecnologia dos agentes de software como uma aproximação adequada, com base na qual se encontram em curso vários projectos e iniciativas que aqui serão descritos.

1 Introdução

As telecomunicações estão numa fase de transição, confundindo-se cada vez mais com o conceito de computação. As indústrias das telecomunicações e informática vão convergindo rapidamente num objectivo comum: cooperação e automatização dos sistemas de comunicações. A convergência é evidente, combinando as vantagens das comunicações em telefonia com a difusão mundial das redes de dados, em especial da Internet [6,8,12,20,21].

O conceito de agentes de software foi introduzido no mundo das telecomunicações tanto para otimizar a gestão de redes garantindo maior fiabilidade, mas principalmente para permitir a implementação de novos serviços com requisitos mais exigentes, entre outros: a personalização de serviços, suporte à mobilidade dos utilizadores e convergência das redes, integração e combinação de serviços a pedido, segurança, facilidade de gestão, transparência, e robustez [2,4,5, 8,15].

As redes de telecomunicações no futuro terão de suportar fluxos enormes de dados, necessitando de incluir mecanismos de controlo para garantir a qualidade dos respectivos serviços. Discute-se e investiga-se actualmente que o sucesso destas tarefas seja facilitado pela adopção de agentes de software que poderão, por exemplo, recolher informação do estado da rede e geri-la dinamicamente sem intervenção de operadores humanos. Esta expectativa surge na sequência de recentes desenvolvimentos de tecnologias como o TINA-C, CORBA ou *Web Services*. Alguns investigadores admitem ser este o caminho a percorrer para garantir a materialização de objectivos relacionados com a velocidade, configuração lógica e controlo das comunicações de forma adequada [2,8,15,24].

Este documento descreve o estado de arte no que se refere às telecomunicações, redes de comunicações e a adopção das tecnologias de agentes de software neste campo, discutindo e prevendo o caminho que eventualmente venha a ser percorrido até à implementação de facto do conceito de “serviço universal de telecomunicações” definido em acta em 1966 pelo então Conselho Internacional de Telecomunicações. Este serviço universal deverá garantir a difusão de serviços como correio electrónico, *chat*, informação diversa baseada na Web, transacções comerciais, rádio, vídeo e TV, assim como telefonia com um elevado nível de interactividade.

Este documento encontra-se organizado em seis secções. A Secção 1 descreve o contexto, motivação e organização desta comunicação. A Secção 2 introduz um conjunto de tópicos relacionados com a tecnologia dos agentes de software, designadamente a sua definição; sistemas multi-agente e mecanismos de coordenação; comunicação entre agentes; agentes móveis; e plataformas de agentes. A

Secção 3 descreve sucintamente os aspectos tecnológicos e arquitecturais das redes de telecomunicações, em particular das redes telefónicas tradicionais (PSTN e ISDN), redes móveis (GSM e UMTS) e da rede Internet (IP). Na Secção 4 introduz-se os problemas emergentes de gestão das redes devido à forte pressão de introdução rápida e flexível de novos serviços. Neste contexto discute-se o conceito e arquitectura do TMN e do IN. A Secção 5 refere as iniciativas em curso que preconizam a introdução da tecnologia de agentes no contexto das telecomunicações. Por fim, na Secção 6 apresentam-se as conclusões finais.

2 Agentes de Software

2.1 Definição de Agente de Software

O conceito de “agente de software” foi adoptado como a designação mais comum para descrever uma entidade de software autónoma de média granularidade na qual o utilizador delega tarefas consideradas laboriosas, rotineiras ou complexas [3,7,22].

Um agente de software pode ser descrito como um processo de execução independente, escolhendo autonomamente as acções, quando um evento esperado ou inesperado surge, sem a necessidade de acções externas efectuadas por operador, caso lhe seja concedida inteligência. Estes agentes podem ter propósitos diversos, mas tipicamente possuem as capacidades necessárias para realizar as tarefas necessárias no seu ambiente computacional. Esta tecnologia tem vindo a revelar a sua utilidade em diversas áreas de aplicabilidade tais como:

?? Em aplicações de carácter lúdico, como os jogos interactivos ou os teatros virtuais. Um exemplo interessante é o *RoboCup* (competição internacional de futebol entre *robots* controlados por agentes de software) que tem constituído móbil para muitos investigadores da tecnologia de agentes.

?? Na área militar ou protecção civil, para simulação de situações de combate, desastres naturais ou outros.

?? Em sistemas de suporte ao ensino. Um exemplo ilustrativo é um agente que descreve um procedimento, responde a perguntas e guia o formando na execução desse procedimento.

?? Em aplicações de busca inteligente de informação na Internet. Este tem sido um campo fértil, tanto em investigação, como em aplicações comerciais exemplificadas pelo *Newshound*, *The Informant* ou *Marimba*.

?? E outras, tais como: gestão de redes e de serviços; comércio electrónico, gestão de informação pessoal; gestão e controlo doméstico (*Smart Home*), *Call Center*.

2.2 Sistemas Multi-Agente e Mecanismos de Coordenação

O conceito de aplicação composta por múltiplos agentes (MAS, *Multi-Agent System*), descentralizando as tarefas a realizar em processos eventualmente dependentes mas com fronteiras próprias, simplifica não só a manutenção desse sistema de agentes mas especialmente as tarefas de concepção e implementação.

A adopção do modelo MAS apresenta vantagens sobre os sistemas de agentes centralizados quando existem objectivos múltiplos e/ou estes se encontram geograficamente distribuídos, como por exemplo a recolha e classificação de informação distribuída numa rede de nós.

A resolução de tarefas realizada pelos agentes num ambiente MAS é uma forma distribuída de resolução de problemas, envolvendo coordenação, negociação e comunicação. Para resolver os problemas com eficácia os agentes devem partilhar informação relativa às suas actividades, normalmente mecanismos de comunicações entre agentes. Devem também coordenar e planear as suas actividades e objectivos a cada momento. Quando surgem conflitos, estes deverão ser negociados entre os próprios agentes. Os conflitos podem resultar de simples acesso a recursos limitados a complexas divisões de perícias entre agentes para cada tarefa.

O gestor de conflitos entre agentes de software mais usado em redes de telecomunicações é o CNP (*Contract-Net Protocol*). A sua capacidade e fiabilidade foram reconhecidas e homologadas pela FIPA (*Foundation for Intelligent Physical Agents*) [25]. Considerado um mecanismo de coordenação de nível elevado, o CNP fomenta uma estrutura de mercado onde os agentes podem tomar um de dois papéis: gestor ou contratante. O funcionamento básico deste sistema de coordenação inicia-se pela identificação de problemas não resolúveis ao nível de um só agente; em que tais problemas são divididos em subproblemas. O gestor resolve o problema da atribuição dos subproblemas através de leilão anunciado por um mecanismo de difusão. Cada contratante oferece os seus recursos e perícias como uma licitação. Uma vez decidido pelo gestor o problema é aceite automaticamente pelo contratante vencedor.

As vantagens do CNP incluem a possibilidade de atribuir tarefas dinamicamente e permitir aos agentes a decisão sobre a participação ou não no processo. As desvantagens incluem o facto da detecção da dificuldade de resolução de problemas não ser efectuada pelo gestor mas sim pelo contratante, assim como o facto dos anúncios para o leilão serem efectuados por difusão (*broadcast*), podendo introduzir muito *overhead* em redes de grandes dimensões.

2.3 Comunicação entre Agentes de Software

Os agentes comunicam entre si, trocando informação acerca do estado do sistema e dos seus planos de acção. Isto geralmente ocorre a um nível mais elevado de abstracção que no tradicional método de RPC (*remote method invocation*).

A maioria das ACL (*Agent Communication Language*) deriva da teoria do discurso [26] desenvolvida por linguistas na tentativa de compreender e descrever como os humanos usam a linguagem nas situações do dia a dia para cumprir diversas tarefas como pedidos, ordens, promessas, etc. As soluções possíveis para a comunicação entre agentes são baseadas em ACL dedicadas ou em ACL regulamentadas. As ACL dedicadas têm sido preferidas pela maioria dos investigadores pelo carácter específico das suas aplicações e pela falta de normalização. No entanto, esta torna-se imperativa de forma a conseguir a integração dos diversos agentes no sentido da convergência das telecomunicações. A escolha de métodos de comunicação adequados tem implicações na eficácia da utilização da largura de banda dos sistemas físicos de comunicações. A FIPA tem realizado um esforço em prole da normalização das ACL promovendo a utilização de linguagens baseadas em KQML (*Knowledge Query and Manipulation Language*) consiste em três níveis: conteúdo, mensagem e comunicação. O nível de conteúdo define o propósito da mensagem, o nível de mensagem identifica as intenções do agente e o nível de comunicação define o protocolo de entrega da mensagem e o seu encapsulamento.

O tema da comunicação entre agentes não se esgota com o protocolo adoptado. Para que dois agentes possam partilhar conhecimento, têm que reconhecer uma ontologia comum, que não é mais que um léxico contendo os conceitos relevantes para a aplicação.

2.4 Agentes Móveis

Na área de telecomunicações, a possibilidade de implementar lógica de controlo ou novas funcionalidades na rede é um factor extremamente importante, especialmente porque permite realizar a actualização de sistemas ultrapassados com esforço mínimo. Com a adopção deste conceito as acções de actualização poderão ser efectuadas ao nível das funcionalidades do sistema. Um dos métodos para entregar remotamente códigos actualizados é através de agentes móveis. Esta tecnologia tem proliferado nos últimos tempos devido à existência de tecnologias como o Java ou o CORBA [2,4,5,19,24].

A adopção dos agentes móveis torna-se particularmente interessante em situações de recursos escassos ou de indisponibilidade temporária como as que ocorrem em redes *wireless*. Por exemplo, pode-se produzir um agente móvel *off-line*, efectuar uma ligação à rede e lançar o agente. Este realiza a sua função sem que o utilizador esteja *on-line*. Quando o utilizador volta a estabelecer ligação com a rede, recolhe o agente e a informação que este recolheu. Outro exemplo de aplicabilidade de agentes móveis é o da interacção entre nós geograficamente distantes. O nó A deseja actualizar o software de controlo do nó B. Em vez de trocar mensagens até se realizar a actualização, podendo ocorrer erros de comunicação, falhas de códigos específicos para aceitar a nova actualização, etc., envia um agente que, após efectuar a actualização, volta ao nó A. Com a especialização do agente nessa tarefa garante-se que o objectivo e a utilização do meio físico de comunicação entre os nós foram optimizados.

2.5 Plataformas de Agentes

Qualquer programador que queira iniciar a implementação de agentes para um determinado domínio de negócio, encontra na Internet um leque variado de aplicações de desenvolvimento acompanhadas da respectiva documentação. São mencionadas, de seguida, algumas dessas plataformas assim como algumas das características que as diferenciam [25].

?? Aglets, AgentX, Grasshopper, Concordia, Gossip, Topia P.A. e AgentSpace são plataformas de desenvolvimento de agentes móveis. O suporte à mobilidade é uma funcionalidade embutida de raiz nas classes de agente disponibilizadas.

?? MadKit, AgentBuilder e Zeus são plataformas de desenvolvimento de sistemas multi-agente que oferecem aos seus utilizadores classes de agentes equipadas com protocolos de coordenação.

?? DirectIA, iGEN, Intelligent Agent Factory, JAM e UMPRS fornecem suporte à criação de agentes inteligentes equipados com mecanismos de aprendizagem.

?? Microsoft Agent está vocacionada para a criação de agentes de interface em ambientes Windows.

Até à data a plataforma mais utilizada em aplicações de telecomunicações foi a Grasshopper desenvolvida pela IKV++. Esta plataforma, amplamente utilizada no projecto patrocinado pela UE, CLIMATE [5], foi a primeira a criar agentes compatíveis com a norma MASIF, por sua vez baseada na especificação CORBA. Outra plataforma relevante neste contexto é o JIAC (*Java Intelligent Agents Componentware*) [24] desenvolvido pelo DAI-Lab da Universidade de Berlim.

3 Redes de Telecomunicações

3.1 Redes Telefónicas Tradicionais (PSTN e ISDN)

A rede internacional de telefonia baseada em fios de cobre entrançados transportando sinais analógicos de voz é tecnicamente designada por PSTN (*Public Switched Telephone Network*). Este serviço é também usualmente conhecido por POTS (*Plain Old Telephone Service*). Tem sofrido alterações ao longo dos tempos, nomeadamente com

a digitalização das centrais telefónicas. Neste momento, à excepção da ligação final entre a central telefónica local e o utilizador, toda a restante rede encontra-se digitalizada. Os sistemas de sinalização são também actualmente mais complexos e robustos (i.e. SS7) fornecendo mais e melhores serviços aos utilizadores [14,16].

A rede PSTN tem sido gradualmente substituída pela rede digital de integração de serviços, ISDN (*Integrated Services Digital Network*) [14], que foi desenvolvida e normalizada pelo CCITT/ITU como padrão de transmissão digital usando fios de cobre entrançados ou outros meios como por exemplo a fibra óptica. Aos utilizadores é proposto, através de um adaptador ISDN, o acesso a comunicações substancialmente mais rápidas que aquelas baseadas no PSTN. Existem dois níveis de serviço ISDN: (1) o básico, constituído por dois canais B (64 Kbps), que podem transportar dados, voz e outros serviços e um canal D (16 Kbps) essencialmente para controlo e sinalização; e (2) o primário, com trinta canais B, destinado a utilizadores com maiores necessidades, tipicamente empresariais .

3.2 Redes Móveis (GSM e UMTS)

O GSM (*Global System for Mobile Communication*) é um sistema móvel digital de telefonia, tendo uma quase total implementação na Europa e noutras partes do globo. O GSM usa uma variação do TDMA (*Time Division Multiple Access*) constituindo na actualidade a tecnologia telemóvel com maior quota de mercado mundial.

A rede GSM é composta por diversos módulos, sucintamente [16]:

?? O ME (*Mobile Equipment*) que constitui a interacção cliente-rede. Estes equipamentos são independentes dos fornecedores de serviço, o registo na rede e a identificação do utilizador é efectuado a partir do SIM instalado no ME. O SIM contém também a informação necessária para a encriptação da comunicação na interface rádio. O ME não deixa no entanto de ser um transceptor nas frequências GSM de 900 e 1800 MHz.

?? O BTS (*Base Transceiver Station*) que é a entidade na rede responsável pela comunicação com as unidades móveis. É constituída por uma antena e vários transceptores comunicando em cada frequência rádio atribuída.

?? O BSC (*Base Station Controller*) pode efectuar a gestão de centenas de BTS. Monitoriza acções como o estabelecimento de chamadas, localização do ME e transferência entre BTS. Neste módulo é realizada uma gestão dinâmica dos parâmetros da rede de forma a efectuar transferências de BTS para um mesmo ME consoante o nível de sinal em cada momento.

?? O MSC (*Mobile services switching Center*) é responsável pelas medições da rede e por efectuar o registo de subscritores e a ligação a outras redes (PSTN, ISDN, etc.) através de adaptadores para o efeito.

?? O VLR (*Visitors Location Registers*) armazena os dados relativos aos utilizadores em roaming registados no MSC local

?? O HLR (*Home Location Register*) é responsável por armazenar dados semelhantes para os subscritores desse fornecedor de serviço, assim como os serviços autorizados e créditos existentes.

Os serviços em GSM podem ser categorizados em *Tele Services* e *Bearer Services*, estes últimos têm como propósito realizar as acções de monitorização e configuração da rede. Os *Tele Services* são compostos por três serviços, nomeadamente serviços de voz; de mensagens ponto a ponto - SMS; e de difusão de mensagens.

O GSM é muitas vezes denominado por comunicação celular, isto deve-se ao facto de se utilizar uma distribuição celular a partir de cada BTS. Cada célula corresponde a diferentes dimensões de área de cobertura assim como frequência. Ou seja no projecto são definidas diferentes amplitudes para diferentes frequências. As células terão

diferentes dimensões consoante as potências de emissão usadas.

O UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*) é denominado por sistema móvel de terceira geração, baseado em transmissão por comutação de pacotes B-ISDN, fornecendo serviços de dados, voz, vídeo e multimedia a velocidades de comunicação que se aproximarão dos 2Mbps, oferecendo uma grande diversidade de serviços para computadores portáteis, PDA e telefones móveis em qualquer localização do globo terrestre coberto pela rede [21].

Baseado nas normas GSM, definidas por um grande conjunto de investigadores de diversos estados e fabricantes, anuncia-se a sua implementação na prática a partir de 2002, especialmente na Europa. Uma vez implementado, os computadores portáteis e os telefones móveis poderão estar permanentemente ligados à Internet usando as mesmas possibilidades de acesso atendendo ao *roaming* generalizado. O *roaming* não será somente efectuado entre servidores de serviço UMTS diferentes, mas também entre serviços diferentes como o GSM 900 ou o GSM 1800.

As comunicações celulares de hoje em dia são essencialmente efectuadas por comutação de circuitos com ligações dependentes da disponibilidade de circuitos. A comutação de pacotes, embora encarecendo a implementação (uma vez que os nós de comunicação necessitarão de buffers para armazenar os pacotes recebidos) deixarão de estar dependentes do estabelecimento de caminhos entre utilizadores finais, deixando à rede a capacidade de encaminhar os pacotes por caminhos dinamicamente definidos (à semelhança do funcionamento da Internet), aumentando substancialmente a eficiência da rede. Para além disso e devido à maior largura de banda disponível, estarão disponíveis outros serviços como por exemplo videoconferência.

3.3 Rede Internet (IP)

O IP (*Internet Protocol*) é o protocolo pelo qual os dados são enviados de um computador para outro na Internet. Cada computador na Internet, denominado *host*, tem pelo menos um endereço IP que o identifica em termos únicos no seio da rede. A Internet funciona por comutação de pacotes. O envio de pacotes e seu encaminhamento é realizado resolvendo por fases o seu endereço IP. Cada pacote pode ser encaminhado por diferentes vias, dependendo em cada momento da disponibilidade de cada ligação e do tráfego global da rede circundante. Os pacotes são ordenados pelo TCP, protocolo que controla o transporte dos mesmos [20].

Neste momento a rede Internet utiliza o protocolo IP na sua versão 4 para a camada de rede (terceiro nível do modelo OSI), encontrando-se em desenvolvimento a versão 6 que, para além de todas as possibilidades da versão 4, tem mais endereços IP disponíveis para atribuição, maior segurança, melhor desempenho e características para comunicação em tempo real.

Com as inovações nas tecnologias de compressão de som e imagem, o mercado tem vindo a direccionar-se para o transporte de voz através da Internet – VoIP, (*Voice over IP*) [20]. Com esta tecnologia pretende-se oferecer ao utilizador a possibilidade de realizar chamadas internacionais a preços locais.

Actualmente o tráfego de dados é semelhante ao tráfego de voz. No entanto, prevê-se que já em 2002 o tráfego de dados seja uma centena de vezes superior ao de voz.

Existem diversas diferenças entre a Internet e a rede PSTN começando pelas arquiteturas de comutação. A Internet usa encaminhamento dinâmico sem considerações geográficas, enquanto que a rede PSTN usa comutação fixa baseada na numeração geográfica. Desta forma os agentes de software a usar na Internet são substancialmente mais poderosos, distribuídos pela rede e apresentando mais possibilidades que aqueles usados nas redes PSTN, estáticos e somente ao

nível dos nós com funcionalidades de sinalização, por exemplo, tabelas de encaminhamento, taxaço, etc.

Prevê-se que num prazo relativamente curto o VoIP venha a revolucionar a indústria de telecomunicações. As vantagens do VoIP não se reduzem aos menores custos: a rede é mais fiável e as expectativas relativamente a novos serviços são substancialmente superiores.

Os desafios enfrentados pelos defensores do VoIP têm sobretudo a ver com o facto de não existir distinção entre pacotes transportando dados e os outros transportando voz. Ambos os pacotes são sujeitos aos mesmos tempos de latência, congestionamentos, necessidades de retransmissão, etc. É preciso prever portanto os seguintes aspectos:

?? A qualidade de serviço (QoS, *Quality of Service*) assim como a fiabilidade de comunicações não é previsível. São necessárias técnicas e protocolos para tratamento desta situação. Embora os ISP, já hoje, possam fornecer VNC (*Virtual Network Channel*) com largura de banda pré-definidas, a aquisição de largura de banda encarece significativamente o serviço.

?? A convergência de redes de diferentes naturezas apresenta problemas de integração dos diferentes sistemas de CCB (*Customer Care and Billing*).

?? Os equipamentos existentes no mercado para o tratamento do VoIP ainda não são compatíveis entre si e portanto chamadas iniciadas em *gateways* de determinado fabricante só podem ser terminadas por *gateways* iguais. Esta interoperacionalidade está em discussão em instâncias internacionais como ITU-T, IETF, ETSI, IMTC, *VoIP Forum* e *MIT's Internet Telephony Consortium*. Muito proximamente serão definidas normas nesse sentido.

4 Problemas Actuais da Gestão de Rede e Implementação de Serviços

Os utilizadores das redes de telecomunicações desejam aceder a serviços diversificados e configuráveis, usando diversos tipos de terminais e poder escolher a ligação ao operador da rede. A diversificação é facilmente implementável numa rede única, mas para garantir vários serviços em redes diferentes interagindo entre si é necessário recorrer a agentes de software especializados nessas funções.

Actualmente a implementação de serviços e a gestão da rede estão normalizadas através das especificações para (1) gestão de redes, TMN (*Telecommunication Management Network*) [10]; e (2) gestão de serviços, IN (*Intelligent Network*) [13]. Ambas as especificações materializam evoluções da rede PSTN, na qual as funções de gestão de tráfego, correcção de avarias, e implementação de serviços estavam concentradas nos nós de comutação da rede. A Figura 1 representa a arquitectura mais comum de uma rede actual ISDN ou GSM. A gestão de rede, a recolha e processamento de registos de taxaço são retiradas do comutador e colocadas num servidor. A criação, teste e provisionamento de serviços é feita em ambiente controlado. Qualquer erro detectado é rapidamente corrigível sem afectar o tráfego restante.

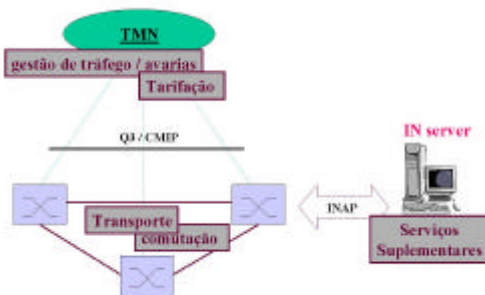


Fig.1: Distribuição de funcionalidade pelas plataformas IN e TMN

4.1 TMN (Telecom Management Network)

O TMN (*Telecommunications Management Network*) foi regulamentado em 1998 pelo ITU e encontra-se descrito no ITU M3010 Standard. O modelo OSI (*Open System Interconnection*) foi adoptado como referência no desenho do TMN assim como as suas funcionalidades de OAM&P (Operação, Administração, Manutenção e Fornecimento de serviços) [10].

O TMN é uma especificação cujo objectivo é permitir a gestão e interoperação entre redes de telecomunicações de diferentes fabricantes/operadores.

Desde a sua publicação, a norma TMN tem sido reconhecida por outros institutos de normalização como por exemplo o NMF (*Network Management Forum*), ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*) e o *Bellcore*. Alguns fóruns de pesquisa e discussão de tecnologias como o SIF (*Synchronous Optical Network*), SONET, ATMf (*Asynchronous Transfer Mode Forum*), e o *Interoperability Forum* estudam actualmente a compatibilidade com o TMN.

O TMN é visto por muitos como incluindo as especificações da informação trocada, meios de troca de informação entre interfaces e processamento dessa informação em ambos os extremos da ligação; no entanto a fase de processamento não está regulamentada neste standard.

O TMN encontra-se especificado segundo diferentes pontos de vista, nomeadamente: modelo lógico, modelo funcional e interfaces, cuja descrição sai fora desta comunicação.

O modelo lógico apresenta uma arquitectura em camadas para as diferentes funcionalidades do TMN. O mesmo tipo de funções pode ser implementado a vários níveis, desde a camada mais elevada que gere os objectivos globais da organização, até à camada mais baixa que define o funcionamento da rede ou dos seus recursos. São consideradas nomeadamente as seguintes camadas:

?? Gestão do negócio: Camada onde se define o planeamento geral, define os objectivos, decisões executivas e acordos de negócios da organização.

?? Gestão de serviços: Camada que usa a informação da camada inferior para gerir serviços contratados pelos subscritores. É o ponto de contacto para fornecimento de serviços, facturação, qualidade de serviço e gestão de avarias. É o ponto-chave para interacção com os fornecedores de serviço e com outros domínios administrativos.

?? Gestão da rede: camada que visiona a rede global, baseando-se na informação providenciada pela camada inferior (gestão de recursos). Administra cada nó da rede em particular, e todos através de mecanismos de gestão de grupo. Coordena todas as actividades da rede e suporta os pedidos da camada de gestão de serviços.

?? Gestão do recursos: camada que gere cada recurso ou elemento da rede como um gestor ou sistema operativo especializado.

Existem diversas ferramentas para automatizar as funções TMN. Estas ferramentas são soluções baseadas em sistemas de agentes ou em linguagens de programação estruturadas como o COAL (*Core Language*) que servem para o desenvolvimento relativamente simples de agentes de software de modo independente dos agentes internos das implementações de TMN. A utilização destas linguagens e ferramentas de desenvolvimento cobrem algumas das ineficiências e limitações iniciais do TMN por permitirem a definição de extensões e funcionalidades impostas dinamicamente pelo negócio.

Através do desenvolvimento e utilização de agentes de software cooperativos é possível de forma mais flexível analisar os dados na rede, isolar, diagnosticar e até reparar avarias; tomar acções de reposição de serviços, controlar recursos e configurações.

A Figura 2 ilustra uma aplicação que recria a configuração da rede dentro de um servidor TMN e atribui a cada agente um elemento de rede, o qual irá interagir com os seus

vizinhos para desempenhar as suas funções de gestão. A aplicação é conceptualmente distribuída, mas fisicamente centralizada, implementando agentes estáticos cuja coordenação não passa pela definição explícita de objectivos comuns, mas sim pela troca de mensagens contendo o estado interno dos respectivos agentes [15].



Fig. 2: Utilização de agentes de software em rede TMN

Os agentes constituem, como temos vindo a descrever, a solução para vários dos problemas existentes em cada rede de telecomunicações e fundamentalmente na interoperação entre diferentes redes, no sentido da globalização. Os agentes de software podem efectuar, entre outras, as seguintes acções:

- ?? Ligações ponto a ponto, multiponto, (i.e. teleconferências).
- ?? Encrytação de dados.
- ?? Supervisão e controlo da rede.
- ?? Negociação de parâmetros de comunicação entre redes diferentes.
- ?? Atribuição de largura de banda.
- ?? Escalonamento de níveis de qualidade de serviço (QoS) versus disponibilidades de apresentação de informação em cada terminal.
- ?? Difusão geral e/ou personalizada de informação.
- ?? Priorização de terminais, aplicações e informação.
- ?? Gestão recursos de *hardware*.
- ?? Detecção, registo, diagnóstico e eventual reparação de avarias (daquelas passíveis de realizar por *software*).

4.2 IN (Intelligent Networks)

Com a necessidade de introduzir mais rapidamente novos serviços, padronizar as redes, garantir a sua interoperacionalidade e aumentar a competição entre operadores (garantindo aos novos operadores rápidas implementações de redes e serviços) surgiu em meados dos anos 80 o conceito de IN (*Intelligent Networks*) [13].

O conceito do IN veio permitir uma separação clara entre os equipamentos e serviços básicos de comutação dos serviços complementares, de valor acrescentado. Os serviços complementares são suportados por sistemas externos e localizados em servidores denominados SCP (*Service Control Points*). Imediatamente surgiram vários serviços como os números verdes e os cartões de utilizador que permitiam a identificação do utilizador em qualquer terminal através de um sistema de facturação alternativo. A comunicação entre os nós de comutação e o SCP é feita através do protocolo INAP (*Intelligent Network Application Part*) que pode correr sobre o sistema de sinalização SS7 ou sobre IP.

Com a introdução do conceito SCP tornaram-se necessárias novas operações e sistemas de gestão para suportar a criação de serviços, testes, estatísticas e diagnósticos de rede. Os *service-independent management systems* garantem a plataforma de desenvolvimento modular de novos serviços; por exemplo, a atribuição de funções distintas a chamadas cujo número de destinatário comece por uma sequência conhecida com acesso a determinado serviço. Por exemplo, em Portugal, os números 112, 800, 641, etc.

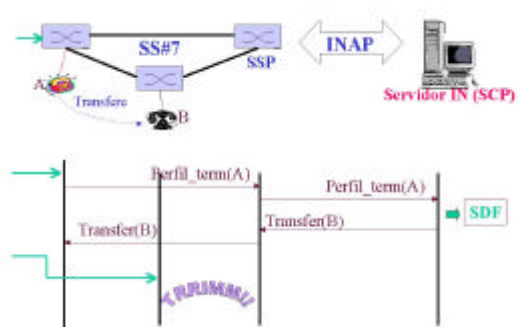


Fig. 3: Transferência de chamada implementada em IN convencional

Em suma as vantagens da utilização de IN são (1) introdução rápida de novos serviços; (2) mais fácil configuração de serviços; (3) interoperabilidade entre sistemas de diferentes fabricantes; e (4) implementação modular. No entanto, a centralização no servidor de IN não é isenta de problemas. A Figura 3 ilustra a excessiva dependência que o processamento de uma chamada zonal tem relativamente ao estado da rede SS7 a nível nacional, além do óbvio estrangulamento a que está sujeito o SCP em tempo real. Adicionalmente, no caso de um serviço exigir uma actualização do protocolo INAP, o *time to market* e o preço do serviço serão consideráveis.

A descentralização conseguida através de uma arquitectura baseada em agentes móveis permitiria minimizar estes factores negativos tal como a Figura 4 sugere.

O provisionamento é feito uma vez e pode ocorrer numa hora de baixo tráfego. Este consiste em lançar um agente móvel para o computador de A. Quando A recebe uma chamada, o agente é aí executado localmente.

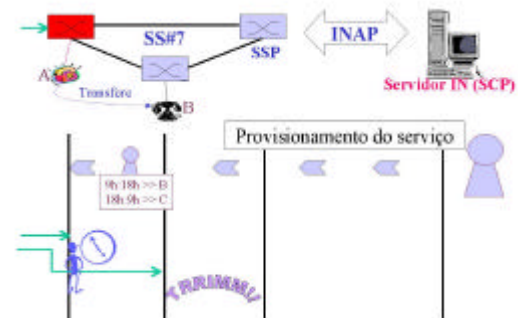


Fig. 4: Transferência de chamada implementada por agentes móveis

5 Iniciativas em Curso

Os factores que mais condicionam a introdução da tecnologia de agentes de software no contexto das telecomunicações são, por um lado, o ambiente de computação essencialmente orientado por funções e não por objectos; e por outro, o facto das redes não disponibilizarem interfaces de programação abertas e normalizadas. Nesta secção referem-se algumas iniciativas e esforços desenvolvidos no sentido de suprir essas falhas.

5.1 Redes programáveis

O conceito de redes programáveis representa a criação e normalização de API que permitam o controle de recursos da rede (e.g., através de RPC) por aplicações externas com o propósito de permitir a construção e gestão de novos serviços. Dois grupos de trabalho criados para o efeito são o IEEE 1520 e o OPENSIG. Paralelamente, o INAP, acima referido, é um exemplo da aplicação deste conceito.

5.2 Redes Activas

O conceito de rede activa pode ser reconhecido como uma rede com capacidade de interpretar código móvel (pacotes activos) e permitir o controlo dos recursos da própria rede. Trata-se de uma estratégia genérica da qual a utilização de

agentes móveis é um caso particular e as estratégias de gestão baseadas em código a pedido são outro exemplo.

Diversos projectos baseados neste conceito foram desenvolvidos para a Internet, dos quais se refere o ANTS (*Active Node Transport System*) que é uma plataforma para o desenvolvimento de serviços e a implementação de mecanismos de controlo de congestão com recurso a pacotes activos. [12]

5.3 JAIN

A área de desenvolvimento mais promissora para a introdução da tecnologia de agentes no contexto das telecomunicações é o conjunto integrado de API para a plataforma Java em desenvolvimento pela comunidade JAIN [1]. O objectivo deste grupo de trabalho é usar a tecnologia Java para a criação de redes integradas, i.e., uma estrutura de controlo comum a redes como as baseadas no IP, PSTN, GSM, UMTS, conforme sugerido na Figura 5.

Se a API oferece programabilidade aos níveis superiores da rede, a utilização do Java permite obter independência de plataforma e portanto do tipo de conectividade. Tal permitirá a um operador de redes heterogéneas desenvolver e fornecer o mesmo serviço a clientes de todas as redes.

Outro aspecto relevante desta área de investigação é o facto do Java ser a tecnologia mais utilizada no desenvolvimento de agentes de software.

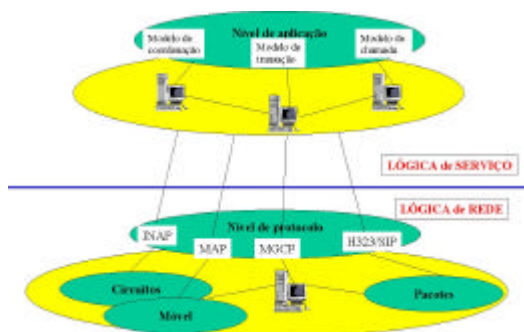


Fig. 5: Modelo estratificado do JAIN

Neste contexto, a Sun está a desenvolver o JMX (*Java Management Extensions*) [17] que consiste num conjunto de *standards* e ferramentas de desenvolvimento para os níveis de abstracção especificados pela JAIN com extensões que abarcam o suporte de Enterprise Java Beans, JINI-Beans contidos em agentes de software para controlo do ciclo de vida, mobilidade e coordenação.

5.4 TINA

Em 1992, cerca de 35 fabricantes de vários países constituíram um consórcio denominado TINA-C [9] cuja missão consistia na definição de uma arquitectura de rede capaz de técnica e comercialmente acompanhar a revolução da informação. Os seus membros não eram apenas originários do mundo das telecomunicações, mas também provenientes da indústria informática. Todos tinham um interesse comum em estabelecer uma *Telecommunications Information Networking Architecture* (TINA), com regulamentação e interoperabilidade suficientes para tornar a era da informação uma realidade comercial.

A convergência entre as telecomunicações e a computação é evidente na arquitectura TINA, que se baseia em quatro conceitos principais: (1) linguagem de programação orientada por objectos; (2) ambiente de processamento distribuído (DPE); (3) agentes de software; e (4) independência da rede de transporte (o TINA suporta as diversas tecnologias existentes: ATM, FR, ISDN, IN, etc).

A arquitectura TINA providencia os conceitos e princípios para serem aplicados na especificação, desenho, implementação, execução e operação de software para quaisquer sistemas de telecomunicações

A gama de serviços propostos por uma rede compatível com TINA é vasta, incluindo serviços de voz, serviços interactivos de multimedia, serviços de informação e de gestão. Esta arquitectura deixa abertas, no entanto, outras possibilidades quer em termos de serviços quer em termos de tecnologias de rede. Os sistemas TINA podem interagir com outros não TINA ao nível de rede e serviços.

O TINA define a estrutura básica e ambiente de operação para o software numa rede de telecomunicações observando dois princípios básicos: (1) por um lado, o software aplicado pode aplicar técnicas de computação distribuídas; (2) por outro, as técnicas de programação orientadas por objectos devem ser aplicadas. Considerando a adopção destes dois princípios emerge uma estrutura de software em que as aplicações de telecomunicações se podem encontrar separadas e, portanto, independentes da rede de comutação.

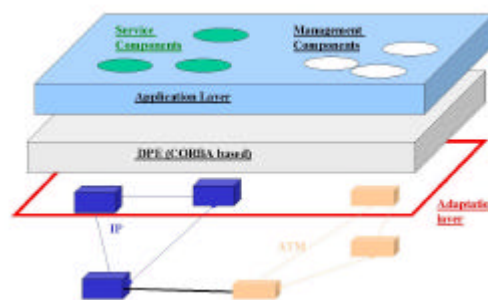


Fig. 6: Estrutura TINA

Conforme ilustrado na Figura 6, na base da estrutura encontram-se os recursos de hardware como os processadores, memória e dispositivos de comunicação. Imediatamente, por cima surge a camada de software que contém os sistemas operativos e outro software de suporte (NCCE – *Native Computing and Communications Environment*). O *Adaptation layer* uniformiza as interfaces das diferentes redes. Depois encontra-se o ambiente de processamento distribuído (DPE – *Distributed Processing Environment*) e por fim, a camada de aplicações para telecomunicações. A figura mostra também como o sistema TINA pode interagir a diferentes níveis com outros sistemas de arquitectura diferente.

O DPE fornece os recursos de computação tecnologicamente independentes permitindo minimizar os aspectos dependentes das aplicações. Isto promove facilidades de projecto, reutilização de software e portabilidade. O DPE tem outra função importante: isola da camada das aplicações a natureza distribuída do sistema. As aplicações são desenhadas como um conjunto de objectos interdependentes. Estes objectos podem, por razões operacionais, estar localizados em nós diferentes. O DPE suporta as diferentes localizações dos objectos de programação e a sua ligação remota, sendo este processo transparente para as aplicações. O projecto e implementação da camada NCCE estão dependentes da rede e encontra-se fora do âmbito da regulamentação TINA.

Entre os projectos baseados na arquitectura TINA contam-se aplicações académicas com o propósito de validar a especificação, protótipos que antecedem versões comerciais, assim como produtos comerciais [11, 12, 18]. Em particular referem-se os seguintes:

?? O projecto ACTS VITAL (*Validation of Integrated Telecommunication Architectures for the Long term*) que congrega esforços da Alcatel, CSELT, IONA Technologies e PT-inovação e que pretende validar e actualizar a especificação TINA.

?? O projecto ACTS DOLMEN (*service machine Development for an Open Long-term Mobile and fixed network Environment*) visa compatibilizar a especificação às redes móveis existentes, tais como o GSM e o emergente UMTS.

- ?? Diversas aplicações de gestão e criação de serviços desenvolvidas pela StarVision, o WebCentric (que é um *Call Center* para a Internet desenvolvido em consórcio pela CSELT e Telecom Italia)
- ?? A plataforma Satin (*Software Architecture using TINA for IN*) que possibilita a manipulação do perfil do assinante através da Internet ou do telefone.

6 Conclusões

É um facto reconhecido as enormes pressões a que as empresas de telecomunicações se encontram hoje sujeitas. O negócio deixou de ser visto simplesmente como a gestão e operação das infra-estruturas físicas e serviços básicos de comunicação (de voz, dados e multimédia), para, cada vez mais, se focar nos serviços adicionais que os utilizadores vão progressivamente exigindo.

A marcha rápida da tecnologia desvaneceu os conceitos convencionais de eficiência dos serviços de telecomunicações. Hoje a diversidade das funcionalidades dos serviços e suas aplicações são muito mais importantes que considerar somente os recursos físicos das redes e o custo da sua implementação.

No entanto, a introdução dinâmica e flexível desses serviços envolve um número significativo de requisitos (tais como: a personalização, segurança, suporte à mobilidade, pagamentos flexíveis, fiabilidade, robustez, gestão de versões, facilidade de gestão) que exigirá grandes desafios e esforços tecnológicos e organizacionais das empresas de sucesso.

Neste contexto, as tecnologias conotadas com agentes de software, ou, no mínimo, o “paradigma” dos agentes de software será adoptado com vantagem para facilitar o tratamento desta crescente complexidade de forma a permitir a concepção e desenvolvimento sustentado de sistemas elegantes, robustos, interoperáveis e escaláveis.

Referências

1. John de Keijzer, Douglas Tait, Rob Goedman. “JAIN: A New Approach to Services Communication Networks”, *IEEE Com*, NY, Jan00.
2. M.Breugst, T.Magedanz, “Mobile Agents – Enabling Technology for Active Intelligent Network Implementation”, *IEEE Net*, NY, Mai98.
3. V.Anh Pham, A.Karmouch, “Mobile Software Agents: An Overview”, *IEEE Com*, NY, Jul98.
4. M.Gervais, A.Diagne, “Enhancing Telecommunications Service Engineering with Mobile Agents”, *IEEE Com*, Jul98.
5. CLIMATE. <http://www.gmd.de/research/cc/ima/climate/>
6. Decina, M., Trecordi, V. “Convergence of Telecommunications and Computing to Networking Models for Integrated Services and Applications”, *IEEE*. Dez97.
7. N. Jennings, K. Sycara, M. Wooldridge. A Roadmap of Agent Research and Development. *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, 1(1), Kluwer Academic Press, 1998.
8. S. Albayrak. “Agent-Oriented technology for Telecommunications”, *Communications of the ACM*, 44(4), Abr01.
9. The TINA Consortium. <http://www.tinac.com/>
10. TMN Roadmap. <http://www.itu.int/TMN/>.
11. G.Canal, P.Lago, “Integration of Commercial Internet Applications in a TINA Environment”, Torino 1999.
12. D.Wetherall, U.Legedza, J.Gutttag, “Introducing New Internet Services: Why and How”, *IEEE Com*, Jul98.
13. I. Faynberg, L. et al., *The Intelligent Network Standards*, McGraw-Hill Professional Publishing, 1997.
14. U. D. Black, U Black, *ISDN and SS7: Architectures for Digital Signaling Networks*, Prentice Hall, 1997.
15. P.Monteiro, L.Correia, “Traffic Management - A Multi-Agent System Approach”, *Proceedings IEEE Symposium*, Rio de Janeiro, 1999.
16. T. Russell, *Telecommunications Protocols*, 2nd Edition, McGraw-Hill, 1999.
17. Sun. Documentação de JMX. <http://java.sun.com/products/JavaManagement/ds/JMXdatasheet.pdf>
18. M.Mampaey, A.Couturier, “Using TINA Concepts for IN Evolution”, *IEEE Com*, Jun00.
19. F.Chatzipapadopoulos, M.Perdikeas, L.Venieris, “Mobile Agent and CORBA Technologies in the Broadband IN”, *IEEE Com*, Jun00.
20. U. Black, *Internet Telephony: Call Processing Protocols*, Prentice Hall, 2000.
21. F. Muratore (Editor), *UMTS Mobile Communications for the Future*, John Wiley & Sons, 2001.
22. A. Silva, *Agentes de Software na Internet*, Centro Atlântico, Lisboa, 1999.
23. A. Silva et al., “Towards a Reference Model for Surveying Mobile Agent Systems”, *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems Journal*, Kluwer Publisher (A ser publicado em Set. 2001).
24. DAI-Lab – Universidade Técnica de Berlim. JIAC - Java Intelligent Agents Componentware. <http://dai.cs.tu-berlin.de/english/forschung/projekte/JIAC/main.html>
25. FIPA. <http://www.fipa.org/>
26. J. Searle, “Speech Acts - An essay in the Philosophy of Language”, Cambridge University Press, 1969.