

## 4

## NGM2M

palavras chave

*Arquitetura, IoT, M2M, SDF, Serviços.*



DANIEL CORUJO



FILIPE PINTO



DIOGO GOMES



PAULO CHAINHO



FERNANDO SANTIAGO



NUNO PÁSSARO

Todos os indicadores apontam para um crescimento exponencial das comunicações máquina-a-máquina. A utilização da informação de uma panóplia de sensores, associada ao uso dos mais diversos atuadores, permite a criação de um mundo novo de aplicações que abrange os mais distintos sectores de atividade. Os ganhos operacionais, a economia de custos e a reinvenção de processos são alguns dos fatores-chave que contribuirão para a adoção deste novo paradigma. Atentos a este mercado, os operadores de telecomunicações multiplicam-se atualmente em iniciativas e estratégias para se posicionarem de forma mais abrangente na cadeia de valor, com o objetivo de suportar novos serviços diferenciadores que vão muito para além da simples

disponibilização de conectividade. Este artigo visa a apresentação da arquitetura de uma plataforma horizontal de criação e disponibilização de serviços M2M, definida tendo por base os objetivos dos projetos Apollo e IoT.est, colmatando o fosso existente entre os diversos serviços e a heterogeneidade de redes e dispositivos, estimulando assim a criação de novos negócios.

## 1. INTRODUÇÃO

### INTRODUÇÃO

Assistimos atualmente à massificação de dispositivos com capacidades de comunicação, dando suporte à realização da Internet das Coisas (IoT — *Internet of Things*). Existe uma revolução em curso suportada por máquinas interligadas que podem interagir sem intervenção humana, fornecendo diferentes tipos de informação e permitindo a oferta de conteúdos personalizados e experiências aumentadas a um número crescente de clientes cada vez mais exigentes.

As comunicações máquina-a-máquina (M2M) abrem as portas a um novo mundo de negócios inovadores, transversais aos mais diversos setores de atividades, de onde se salientam as áreas de telemetria, saúde, transporte, manutenção e controlo remotos e, por último, segurança. Os operadores de telecomunicações precisam de acelerar o seu ritmo se quiserem liderar a transformação potenciada por este novo mercado. Têm de se tornar os principais intervenientes no ecossistema M2M, facilitando a criação de novos negócios, independentemente do campo de ação. Para que tal aconteça, os operadores de telecomunicações necessitam de evoluir as suas redes para que suportem a criação rápida de novos serviços, assentes em redes distribuídas, facilitando a ligação transparente de dispositivos heterogêneos, enquanto asseguram a compatibilidade com as diretivas normativas.

Este artigo propõe uma arquitetura orientada ao serviço capaz de suportar a construção de uma nova geração de aplicações M2M transversais aos mais diversos sectores de atividade, assegurando a realização de uma ampla gama de novos negócios e alavancando os esforços atuais de normalização.

A estrutura do artigo está dividida da seguinte forma: a secção 2 apresenta o atual estado da arte, evidenciando as tendências normativas; na secção 3 é apresentada a arquitetura proposta, realçando a importância das estruturas de criação e entrega de serviços em ambientes M2M; por fim, a secção 4 sumariza as principais conclusões e apresenta o trabalho futuro.

## 2. ESTADO DA ARTE EM ARQUITETURAS M2M

### 2.1. NORMAS

As comunicações M2M têm vindo a ser especificadas pelos organismos de normalização, sendo de destacar os trabalhos realizados pelo 3GPP [1] e pelo ETSI [2]. É importante realçar também a tendência normativa representada pelo oneM2M que pretende harmonizar as contribuições ao nível da camada de serviço das diferentes organizações normativas [3].

#### 2.1.1. 3GPP

No âmbito das atividades de normalização do 3GPP, tem-se assistido ao desenvolvimento de novas especificações técnicas, bem como à melhoria e incremento da especificação de mecanismos já existentes. Assente na estratégia de rentabilizar a infraestrutura e redes de acesso definidas no âmbito do operador, o 3GPP não considera a criação de uma nova arquitetura, mas alia e desenvolve capacidades M2M sobre os sistemas existentes de faturação, endereçamento, tipos de comunicação, conectividade de terminais de baixa mobilidade e de localização fixa [4]. Por outro lado, são especificadas novas condições e alterações às normas existentes, permitindo a



ESTADO DA ARTE  
EM ARQUITETURAS M2M

NORMAS

3GPP





operacionalização de grandes números de subscritores e respetivos dados, na rede, utilização em massa de serviços M2M, bem como o impacto de otimizações de segurança resultantes da adição destes mecanismos.

O esforço incremental de desenvolvimento dos sistemas 3GPP no suporte a comunicações MTC (*Machine Type Communications*) tem salientado sobretudo a otimização dos recursos da rede [4] e a utilização de identificadores de dispositivos, alternativos aos comuns números de telefone [5].

Neste âmbito, como é observável na Figura 1, o 3GPP está a focar o seu impacto nas considerações associadas ao provisionamento de acesso à rede por parte de terminais ligados, para utilização de serviços de transporte de dados ou de mensagens de sinalização.

Neste enquadramento de MTC [6], o MTCu providencia o acesso dos dispositivos a uma rede 3GPP, utilizando para tal a interface MTCi, que constitui o ponto de referência que permite a um servidor MTC ligar-se à rede 3GPP utilizando os respetivos serviços de conexão. Em simultâneo, é também disponibilizado um ponto de referência, MTCsms, para permitir que esta ligação seja feita utilizando o serviço de SMS.

Desta forma, a especificação do 3GPP enquadra sobretudo o desenvolvimento de uma solução interoperável com a arquitetura celular existente, mas permitindo a inovação de produtos e a expansão para novos mercados e reduzindo o custo associado através da evolução incremental das normas existentes ao satisfazer as normas regulatórias essenciais.

### 2.1.2. ETSI

A arquitetura funcional para comunicações M2M foi recentemente especificada [7]. Tal como exposto na Figura 2, a arquitetura M2M engloba dois domínios: o *Network Domain* e o *Device and Gateway Domain*.

O domínio *Network Domain*, tal como definido na norma, engloba várias entidades, sendo de destacar os seguintes elementos: *M2M Applications*, *M2M Service Capabilities*, *Core* e *Access Network*.

A *Core Network* e a *Access Network* asseguram



Figura 1 - Arquitetura Genérica M2M do 3GPP

às aplicações o acesso à informação e aos atuadores. A parte *Core* disponibiliza conectividade IP, garantindo também ligações a outras redes. A *Access Network* inclui redes como xDSL, GERAN, UTRAN, eUTRAN, W-LAN ou WiMAX, e permite a comunicação das entidades do *Device and Gateway Domain* com a *Core Network*.

O elemento *M2M Service Capabilities* disponibiliza um conjunto de funções de interesse para as mais diversas aplicações expostas através de interfaces bem definidas. As *M2M Applications* são aplicações que correm a lógica de serviço criando mais-valias para utilizadores ou máquinas.

No *Network Domain* existem ainda mais duas entidades funcionais: a entidade *Network Management Functions*, que executa todas as tarefas de gestão relacionadas com as redes de comunicação, e a entidade *M2M Management Functions*, que engloba todas as funcionalidades requeridas para efetuar a gestão das *M2M Applications* e *M2M Service Capabilities*.

O domínio dos dispositivos M2M, *M2M Device*

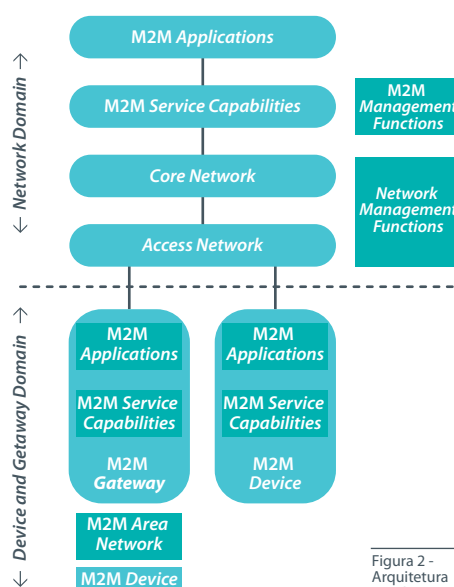


Figura 2 - Arquitetura Genérica M2M do ETSI

ETSI





and Gateway Domain, é composto por três entidades. A primeira denomina-se por M2M Device e não é mais do que um dispositivo que corre aplicações M2M usando as funcionalidades disponibilizadas pelo M2M Service Capabilities do domínio de rede. A segunda entidade, as M2M Gateways, são equipamentos que, para além de poderem correr aplicações M2M, se servem das M2M Service Capabilities para assegurar a interligação de M2M Devices e garantir a ligação ao Network Domain. Podem ainda conter lógica de forma a ativar processos autónomos baseados na recolha e no tratamento de um conjunto variado de informação, tal como aquela originada pelos sensores. Finalmente, a M2M Area Network assegura a ligação entre os diferentes M2M Devices e as M2M Gateways. Tecnologias como o Zigbee ou o Bluetooth são exemplos bem conhecidos de M2M Area Network.

### 2.1.3. OneM2M

oneM2M

O mercado M2M é considerado bastante apetecível em todas as geografias. Não é por isso de estranhar a fragmentação normativa a que o M2M tem vindo a ser sujeito. Para evitar a criação e consolidação de normas concorrentes, os diferentes organismos de normalização juntaram os seus esforços de forma a criar uma norma única para o M2M. Nasceu assim, no final do mês de Julho, a iniciativa oneM2M [3]. A iniciativa oneM2M centrará os seus esforços normativos na camada de serviço, pretendendo consolidar as diferentes abordagens existentes. Visa ainda a colaboração com outros organismos de normalização que intercetem a área do M2M (Figura 3). A iniciativa oneM2M ajudará assim a impulsionar a indústria em todos os setores de atividade, assegurando uma redução dos custos de investimento e operacionais e promovendo uma entrada mais rápida dos serviços neste novo mercado.

## 2.2. COMUNIDADE CIENTÍFICA

COMUNIDADE CIENTÍFICA

Atualmente a comunidade científica encontra-se a analisar questões de acesso agnóstico aos dados gerados por dispositivos M2M, soluções para os mecanismos de identificação, endereçamento e encaminhamento, níveis e qualidade de serviço, segurança e intercomunicação através de diferentes tecnologias de redes de acesso.

Neste âmbito enquadram-se dois grandes grupos de soluções, considerando arquiteturas incrementais e disruptivas.

No primeiro caso, os novos mecanismos desenvolvidos no âmbito M2M são considerados a partir da evolução de arquiteturas e procedimentos existentes, com o objetivo de reaproveitar tecnologias existentes e adaptá-las aos novos cenários introduzidos pelo M2M. Assim, para além da apresentação dos requisitos e funcionalidades fornecidas por soluções deste tipo [8][9], existe uma clara preocupação na sua integração com infraestruturas existentes considerando, a título de exemplo, arquiteturas de monitorização [10], de composição de serviços [11] e de atribuição de recursos rádio em redes LTE [12]. Este princípio incremental tem, no entanto, a desvantagem de oferecer resistência à introdução de reformulações arquiteturais profundas, que implicariam uma reestruturação do foro sistémico existente, requerendo a adoção de soluções para questões envolvendo problemas resultantes de inadequação arquitetural face a estes novos cenários.

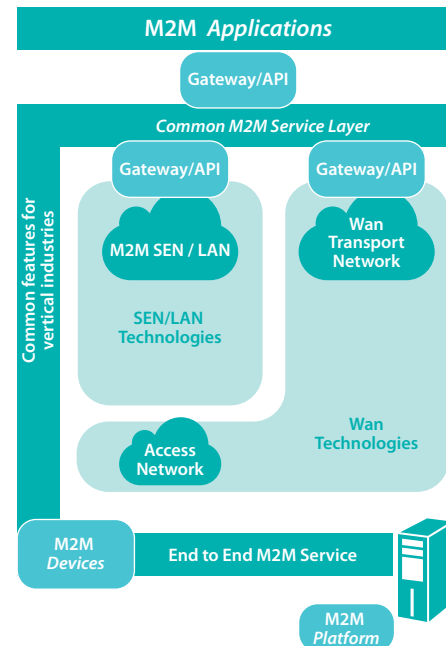


Figura 3 -  
Arquitetura  
Genérica M2M  
do oneM2M

No segundo caso é quebrada a relação estreita com arquiteturas já existentes (tanto a nível de serviços como de infraestrutura de comunicação), permitindo a adoção de novos mecanismos e conceitos arquiteturais. Neste âmbito, enquadram-se as soluções orientadas à *Future Internet*, onde os desafios associados aos requisitos de utilização futura da Internet transcendem os alicerces da Internet atual e estabelecem as bases para a definição de novos mecanismos e soluções. Desta forma, estas soluções podem oferecer novas considerações que abordam, de uma forma holística, os problemas da Internet atual, otimizando o funcionamento e enquadramento de novas tecnologias, como o M2M. Exemplos destes sistemas fornecem a idealização de mecanismos de comunicação mais eficientes [13], arquiteturas de mobilidade em redes heterogéneas sem fios [14], eficiência energética [15] e o acesso em massa a dispositivos compondo uma *Internet of Things* [16]. No entanto, neste tipo de soluções disruptivas, é comum verificarem-se alguns desenquadramentos relativamente a tecnologias existentes, obrigando frequentemente à adoção de novas arquiteturas e processos, tornando-as menos apelativas do ponto de vista de negócio. Deve-se no entanto notar que estas soluções oferecem uma nova visão sobre potencialidades futuras, bem como fornecer respostas a muitos problemas associados à arquitetura inicial da *Internet*.

### 3. ARQUITETURA ORIENTADA AOS SERVIÇOS

#### 3.1. CONCEITOS SOA

Uma arquitetura orientada ao serviço (SOA – *Service Oriented Architecture*) pretende dar resposta às necessidades de crescimento de sistemas heterogéneos, possivelmente distribuídos, assegurando no entanto a sua escalabilidade e flexibilidade. Uma abordagem SOA não especifica uma arquitetura em concreto, mas serve de orientação à definição de uma arquitetura em particular.

Uma arquitetura orientada ao serviço possibilita o enfoque no negócio, abstraindo-o através da criação de serviços. Assim, um sistema SOA pretende estruturar sistemas distribuídos de grandes dimensões possibilitando a abstração de regras e

funcionalidades do negócio de uma forma agnóstica à tecnologia.

Um dos pilares do SOA é garantir um alto nível de interoperabilidade, permitindo a ligação de diferentes serviços num ambiente altamente heterogéneo. Por outro lado, os ambientes SOA têm de garantir o fraco acoplamento entre os diferentes serviços de forma a minorar ao máximo as possíveis dependências.

#### 3.2. SDF

Os operadores de telecomunicações têm vindo a adotar novos paradigmas de entrega de serviço, baseadas em SOA, de forma a responderem aos desafios e ameaças levantadas pelos *Over-The-Top*, tais como Google, Skype ou Facebook. O *Service Delivery Framework* (SDF) representa a aplicação dos conceitos SOA ao mundo das telecomunicações, agilizando toda a gestão do ciclo de vida dos serviços e facilitando a criação de novos negócios. O SDF disponibiliza um ambiente de execução de serviços, repositórios de dados e um conjunto de *enablers* normalizados acessíveis a quaisquer aplicações.

Em termos técnicos, existe um conjunto de capacidades fornecidas pelos diferentes *service enablers* que são consumidos através de API publicadas no *service bus*. O *service bus*, por sua vez, atua como mediador em todas as interações entre os fornecedores e consumidores, garantindo um grande nível de interoperabilidade, mas assegurando, em simultâneo, a baixa dependência entre serviços. Os *service enablers* encapsulam diferentes tipos de recursos, tais como recursos de rede (e.g. IMS, SMSC), recursos de suporte à operação e ao negócio (e.g. *Online Charging Systems*) e ainda recursos fora do âmbito do operador, tais como *gateways* de terceiros (e.g. *Facebook Connect*). Um SDF incorpora as suas próprias ferramentas de gestão, denominadas por *Service Delivery Support Services* (SDSS), que são usados de forma a garantir uma gestão consistente do ciclo de vida dos serviços, incluindo a conceção, desenho, implementação, operação e remoção.

#### 3.3. ARQUITETURA NGM2M

Os operadores de telecomunicações

ARQUITETURA  
ORIENTADA  
AOS SERVIÇOS

CONCEITOS SOA



SDF

ARQUITETURA NGM2M





necessitam de evoluir os seus sistemas de telecomunicações de forma a assegurarem um papel preponderante neste novo mundo de objetos ligados. A massificação das comunicações M2M irá alavancar o aparecimento de novos mercados que necessitam de um grande nível de flexibilidade na gestão dos novos serviços, que serão transversais às mais diversas áreas de negócio.

A arquitetura proposta de M2M de próxima geração (NGM2M) pode ser vista na Figura 4.

**Ambiente de Criação de Serviços**

Numa arquitetura SDF, o Ambiente de Criação de Serviços (SCE — *Service Creation Environment*) é a componente que disponibiliza um conjunto de funcionalidades que permite a criação rápida de serviços, promovendo assim a realização de novos negócios. Esta característica é particularmente relevante num ecossistema M2M devido à grande dinâmica do mercado e à interação expectável entre a multiplicidade de sensores, atuadores e novos serviços.

O SCE na arquitetura NGM2M prevê a utilização de linguagens de controlo de fluxo,

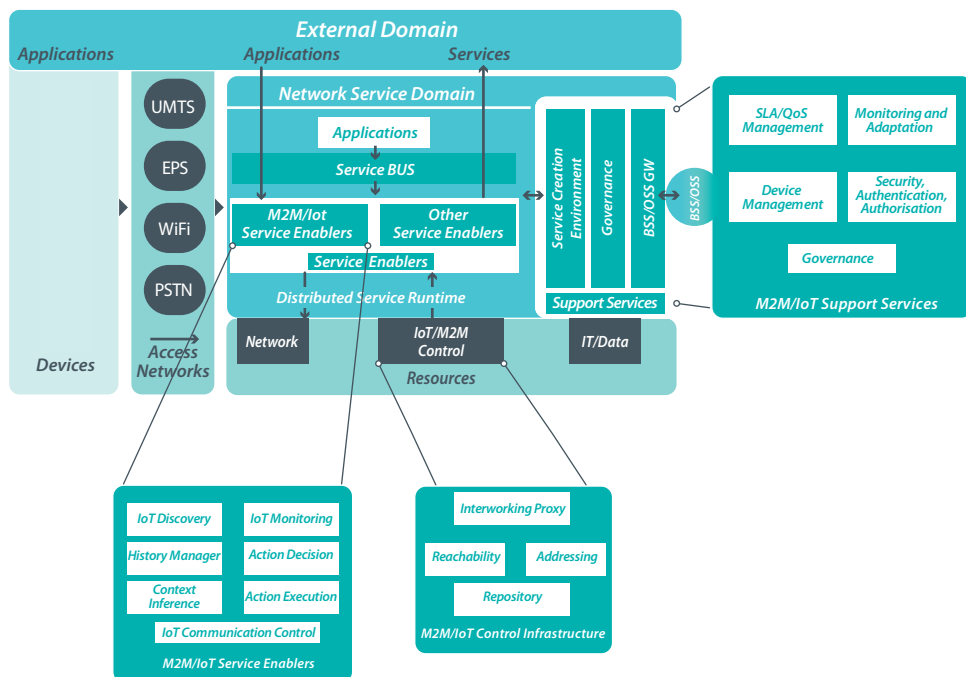
tais como o BPEL ou BPMN2, ou através da criação de regras (e.g. *Drools*). Estas tecnologias são um suporte fundamental à criação de serviços pois, quer pela simplicidade inerente às linguagens usadas na criação de regras, quer pela possibilidade da utilização de editores gráficos de fluxo, asseguram a simplicidade na conceção de novos produtos. Desta forma, um especialista na área de negócio não necessita de ter um conhecimento técnico aprofundado para criar novas aplicações e desenvolver assim novos negócios.

**Execução de Serviços**

A execução de serviços M2M pressupõe a existência de uma nova gama de **dispositivos**, onde se encontram toda a panóplia de sensores e atuadores. Este amplo conjunto de novas máquinas com capacidade de comunicação irá fomentar o enriquecimento da oferta de aplicações nas arquiteturas orientadas ao serviço.

A arquitetura proposta pressupõe também a existência de um conjunto de novos **enablers** capazes de assegurar o acesso eficaz à informação sensorial e à execução de ações suportadas pelos atuadores. O *enabler* IoT Discovery expõe os serviços M2M às

Figura 4 - Arquitetura NGM2M





entidades interessadas, fazendo a ponte entre fornecedores e consumidores. Este *enabler* disponibiliza ainda uma descrição completa das interfaces associadas, bem como das funcionalidades expostas pelos serviços. É também necessária a existência de um *enabler* para assegurar a preservação da informação considerada relevante. Assim, nesta arquitetura é proposto o *History Manager* que utiliza políticas específicas para controlar o arquivo dos dados. Este elemento interage com os elementos envolvidos na comunicação de forma a ter acesso à informação. Uma das questões críticas das comunicações M2M é a do volume da informação trocada. Assim, é aqui proposto o *enabler IoT Monitoring* que supervisionará a ocorrência de determinados eventos ao nível dos recursos, impedindo assim a congestão do *bus* pelos dados trocados entre aplicações. A informação para ter valor precisa de ter significado. Nesta arquitetura é proposto o *enabler Context Inference* que tem como principal incumbência analisar e dar sentido à informação básica captada pelos sensores, inferindo informação de contexto de mais alto nível e disponibilizando-a para entidades interessadas. É importante realçar que este elemento suporta diferentes mecanismos de *reasoning* de maneira a suportar um leque abrangente de necessidades informativas. O *enabler Action Decision* tem como principal tarefa efetuar em tempo real o processamento da informação recebida das diferentes entidades do sistema, influenciando assim o desenrolar da lógica de serviço. Estas ações são posteriormente concretizadas pelo elemento *Action Execution*, que executa as funcionalidades requeridas. Por fim o elemento *Communication Control* engloba todas as funcionalidades relacionadas com a gestão das comunicações entre os dispositivos e as plataformas de serviço. Assim, este *enabler* controla o estabelecimento, modificação e eliminação dos canais de transporte. Tem também como tarefa assegurar a encriptação e a integridade da informação trocada entre os diferentes elementos. Para além disso, assegura a atomicidade das transações efetuadas, possibilitando repor o estado em que se encontrava em caso de falha parcial. Este *enabler* serve ainda para selecionar a interface de comunicação sempre que os dispositivos disponham de mais do que uma tecnologia de acesso. Por fim, o *Communication Control* permite os modelos

de comunicação da forma *request/response* bem como de *publish/subscribe*.

A integração das comunicações máquina-a-máquina numa arquitetura SDF implica também a existência de determinados elementos que executem o **controlo dos recursos M2M**. Assim, propõe-se a existência da entidade *Interworking Proxy* para garantir a ligação entre dispositivos e *gateways* que sigam diferentes normas ou especificações e as plataformas de serviço do operador, assegurando assim a sua interoperabilidade. Sabendo-se que tipicamente existem grandes constrangimentos energéticos nas *gateways*, mas sobretudo nos dispositivos, recomenda-se a existência do elemento *Reachability*. Esta entidade assegura a existência de notificações, quer à plataforma do operador, quer a serviços interessados, contendo informação relativa ao estado dos dispositivos e *gateways*, podendo ainda especificar o agendamento para as suas ativações futuras. Uma questão importante que se coloca quando se lida com sensores capazes de comunicar através de diferentes interfaces é a do seu endereçamento. A entidade *Addressing* pretende controlar os endereços de rede dos diferentes dispositivos e *gateways* garantindo assim a sua acessibilidade. Por fim, é necessário garantir que a informação trocada não é perdida. Para isso é indispensável a existência do elemento *Repository* que armazena em tempo real a informação que flui na rede. Esta informação pode posteriormente ser acedível por consumidores autorizados.

Por fim, é necessário evoluir os **Support Services** de forma a garantir uma gestão fiável do ciclo de vida dos serviços IoT. O elemento funcional *SLA/QoS Management* é responsável por assegurar o cumprimento dos compromissos assumidos pelo operador de telecomunicações com os seus clientes relativos às condições de entrega dos serviços M2M. A entidade *Monitoring and Adaptation* tem a seu cargo a monitoria dos serviços M2M, permitindo a sua adaptação em resposta a modificações de contexto. No universo M2M, uma tarefa de grande importância passa pela possibilidade de configurar remotamente todos os dispositivos. Assim, o elemento funcional *Device Management* disponibiliza um conjunto de utilitários que permite efetuar a





gestão remota de sensores e atuadores. De forma a lidar com questões relacionadas com segurança M2M é proposto o elemento funcional Security, Authentication and Authorisation. É aqui que se executam os procedimentos relativos à gestão dos direitos de acesso aos recursos IoT. Por fim, o elemento funcional Governance impõe um comportamento consistente para todos os serviços IoT durante o seu ciclo de vida.

### Cenário

Uma das áreas onde as comunicações M2M poderão ter um papel preponderante será no domínio das cidades inteligentes (*Smart Cities*). Existe uma procura crescente de modelos de gestão das cidades que potenciam maior eficiência, redução de custos, sustentabilidade e qualidade de vida para os cidadãos. Neste contexto, as tecnologias de informação e comunicação, assumem um papel cada vez mais importante na oferta de serviços públicos mais eficientes e interativos, contribuindo para o incremento da qualidade da informação prestada aos cidadãos e para uma melhor e mais esclarecida tomada de decisão de gestão das infraestruturas e recursos. As comunicações máquina-a-máquina e a "Internet das Coisas" (IoT), constituem uma nova realidade que trará às cidades e aos seus cidadãos inúmeros benefícios, possibilitando a recolha de informação de dispositivos acoplados aos mais diversos objetos do quotidiano (ex: carros, eletrodomésticos, pontes, etc.) e a disponibilização de serviços que com base na informação coletada, atuam de forma inteligente ou a transformam em informação útil para a tomada de decisão. Neste domínio, são muitas as áreas que poderão tirar partido da utilização do M2M e IoT, nomeadamente a mobilidade urbana, a gestão e monitorização de infraestruturas e recursos, a automação de trânsito, a eficiência energética de parques de lazer, edifícios e outras infraestruturas, a segurança de pessoas e bens, entre muitas outras.

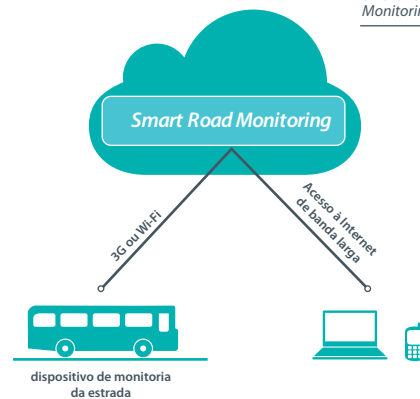
Um possível cenário de implementação refere-se à monitorização do estado das vias, aqui designado de *Smart Road Monitoring* (Figura 5).

Com base em dados coletados de dispositivos instalados em veículos, com sensores de geolocalização (GPS) e movimento (acelerómetro) e com capacidade

de armazenamento, processamento e comunicação via rede móvel ou Wi-Fi, e através de processos de análise e processamento, são disponibilizados serviços às entidades que gerem as infraestruturas rodoviárias das cidades. A informação a disponibilizar inclui por exemplo, mapas com informação do estado das vias e indicação dos pontos de atenção (buracos, irregularidades, etc.), *top* de locais com situações de degradação severa da via, relatórios, indicadores e geração de alertas e notificações.

A monitorização inteligente do estado das vias constitui uma ferramenta de suporte importante para o conhecimento rigoroso do estado das vias, para a atuação em tempo útil em situações de degradação severa e para o estabelecimento de prioridades de obras de reparação. A atuação atempada na reparação dos buracos nas vias apresenta também vantagens no que se refere à imagem percebida pelos utentes relativa aos serviços.

Figura 5 -  
*Smart Road Monitoring*



## CONCLUSÕES

Os operadores de telecomunicações têm nas comunicações máquina-a-máquina uma oportunidade para potenciar novos negócios. Mas para terem sucesso, terão de evoluir os seus sistemas de telecomunicações de forma a suportarem uma nova gama de negócios inovadores, que tocam nos mais diversos setores de atividades. Se quiserem ser líderes neste novo mercado, terão de transformar os seus sistemas de forma a assegurar a criação de novos serviços, suportados por sistemas distribuídos, garantindo a conectividade dos







: mais diversos dispositivos. Em simultâneo,  
: não poderão descurar a compatibilidade com  
: as especificações desenvolvidas pelos  
: organismos de normalização. Este artigo  
: pretendeu expor uma arquitetura capaz de  
: suportar novos negócios, garantindo a  
: criação e execução de novos serviços M2M,  
: suportados por redes heterogéneas e  
: altamente flexíveis, capaz de posicionar o  
: operador como *key player* num mercado cada  
: vez mais exigente e competitivo.

## REFERÊNCIAS

- [1] - <http://www.3gpp.org/>  
 [2] - <http://www.etsi.org/>  
 [3] - <http://www.onem2m.org/>  
 [4] - 3GPP TR 22.868 V8.0.0 (2007-03), *Study on Facilitating Machine to Machine Communication in 3GPP Systems (Release 8)*  
 [5] - 3GPP TR 22.988 V1.0.0 "Study on Alternatives to E.164 for Machine-Type Communications", Sep. 2011  
 [6] - 3GPP TS 23.368 V11.5.0 (2012-06), *Service Requirements for Machine-Type Communications (MTC) (Release 11)*  
 [7] - ETSI TS 102 690 V1.1.1, "Technical Specification Machine-to-Machine communications (M2M); Functional architecture", October 2011  
 [8] - Starsinic, M.;, "System architecture challenges in the home M2M network," Applications and Technology Conference (LISAT), 2010 Long Is-land Systems , vol., no., pp.1-7, 7-7 May 2010  
 [9] - Geng Wu; Talwar, S.; Johnsson, K.; Himayat, N.; Johnson, K.D.;, "M2M: From mobile to embedded internet," Communications Magazine, IEEE , vol.49, no.4, pp.36-43, April 2011  
 [10] - Yanlan Yang; Hua Ye; Shumin Fei; Yanlan Yang; Hua Ye; Shumin Fei; , "Design of com-munication interface for M2M-based position-ing and monitoring system," Electronics, Com-munications and Control (ICECC), 2011 Inter-national Conference on , vol., no., pp.2624-2627, 9-11 Sept. 2011  
 [11] - Young Jun Kim; Eung Kyu Kim; Byoung Woo Nam; Ilyoung Chong; , "Service composition using new DSON platform architecture for M2M service," Information Networking (ICOIN), 2012  
 [12] - Kan Zheng; Fanglong Hu; Wenbo Wang; Wei Xiang; Dohler, M.;, "Radio resource allocation in LTE-advanced cellular networks with M2M communications," Communications Magazine, IEEE , vol.50, no.7, pp.184-192, July 2012  
 [13] - Yen-Kuang Chen; , "Challenges and opportuni-ties of internet of things," Design Automation Conference (ASP-DAC), 2012 17th Asia and South Pacific , vol., no., pp.383-388, Jan. 30 2012-Feb. 2 2012  
 [14] - Attwood, A.; Merabti, M.; Abuelmaatti, O.; , "IoMANETS: Mobility architecture for wireless M2M networks," GLOBECOM Workshops (GC Wkshps), 2011 IEEE , vol., no., pp.399-404, 5-9 Dec. 2011  
 [15] - Ben Saied, Y.; Oliveureau, A.; Zeghlache, D.; , "Energy efficiency in M2M networks: A coop-erative key establishment system," Ultra Mod-ern Telecommunications and Control Systems and Workshops (ICUMT), 2011 3rd Interna-tional Congress on , vol., no., pp.1-8, 5-7 Oct. 2011  
 [16] - Lu Tan; Neng Wang; , "Future internet: The Internet of Things," Advanced Computer Theo-ry and Engineering (ICACTE), 2010 3rd Inter-national Conference on , vol.5, no., pp.V5-376-V5-380, 20-22 Aug. 2010

## CV DOS AUTORES

**Filipe Cabral Pinto** é detentor do grau de doutoramento em telecomunicações pela Queen Mary University of London. É atualmente consultor na PT Inovação onde investiga a integração de sistemas M2M em arquiteturas orientadas ao serviço. O seu trabalho tem-se centrado em sistemas de comunicações móveis, desde a camada de transporte à camada de serviço, focando-se em particular na distribuição inteligente de conteúdos multimédia para grupos de utilizadores em redes de próxima geração. Tem estado envolvido em projetos de investigação europeia desde 2002, destacando-se os projetos NetGate, OPIUM, B-BONE, C-MOBILE, C-CAST, VOICES e, mais recentemente, o projeto IoT.est.

**Paulo Chainho** licenciado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores pelo Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa e Mestre em Telecomunicações pela mesma universidade. Trabalha na PT Inovação desde 2001 na área das Aplicações e Plataformas de Serviços Convergentes para Redes de Nova Geração, incluindo soluções de Servidor de Aplicações SIP e SDP/SDF. Nestas atividades tem desempenhado funções de Gestão de Projeto e de Conceção das soluções. Atualmente participa em atividades de consultoria para desenvolvimento e gestão de produtos SDF e Atividades de Gestão Estratégica. Entusiasta do "Open Source". Grande experiência em projetos Internacionais de Investigação e Desenvolvimento incluindo Eurescom, ETSI SPAN e EU IST.

**Nuno Pássaro** graduou-se em 2007, na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, na Licenciatura Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, especialização em telecomunicações. Um ano mais tarde, concluiu o Mestrado Integrado na mesma instituição. Em 2012, concluiu o curso Masters of Software Engineering pela Carnegie Mellon University. Desde de 2007, trabalha em projetos de investigação em áreas relacionadas com *Service Oriented Architecture, Content Distribution e Seamless mobility*. Recentemente participa no projeto FP7 IoT.est, para a construção de uma framework que permita integrar, através de uma abordagem SOA, serviços *Machine-to-Machine* testados automaticamente a partir de descrições semânticas. Para além disto, faz desenvolvimento de aplicações Web para monitorização e reporting.

**Fernando Santiago:** Licenciado em Engenharia Eletrónica e Telecomunicações pela Universidade de Aveiro. Ingressou em 1994 na empresa Autor Tecnologias Multimédia Lda, onde desenvolveu atividades como analista programador e de coordenação de desenvolvimento de soluções multimédia. Ingressou no Centro de Estudos de Telecomunicações em 1998, na área de Desenvolvimento de Serviços e Aplicações, onde participou no desenvolvimento de aplicações Web corporativas, para a intranet da PT. Entre 2000 a 2010, coordenou o desenvolvimento da Solução de Telemedicina Medigraf e participou em diversos projetos da área da Telemedicina e Telesaúde. Atualmente exerce funções de gestão de produto da solução M2M da PT Inovação.

**Daniel Corujo** concluiu a licenciatura em Engenharia de Computadores e Telemática em 2006, e o seu mestrado na mesma área em 2007, pelo Departamento de Eletrónica, Telecomunicações e Informática da Universidade de Aveiro, onde atualmente se encontra a desenvolver o seu doutoramento na área de modelos de comunicação para a Internet Futura móvel. Foi engenheiro de *software* pela Nokia Siemens Networks em Aveiro, desenvolvendo soluções no âmbito de gestão de redes de operador de telecomunicações, e trabalhou no projeto SALINA da PT Inovação como consultor. É atualmente investigador do grupo Advanced Telecommunications and Networks Group no Instituto de Telecomunicações, Aveiro, onde colabora em múltiplos projetos de investigação nacionais e internacionais, e persegue áreas de investigação focando a Internet das Coisas (IoT), mecanismos de mobilidade e acesso em redes heterogéneas e a Internet do Futuro.

**Diogo Gomes** licenciou-se em Engenharia de Computadores e Telemática pela Universidade de Aveiro em 2003, tendo em 2010 concluído o seu doutoramento em Engenharia Eletrotécnica pela mesma universidade com a tese "Optimização de recursos para difusão em redes de próxima geração". Desde 2003 é Investigador no Instituto de Telecomunicações em Aveiro onde participou em diversos projetos europeus tais como IST-Mobydick, IST-Daidalos, IST-C-Mobile e ICT-C-Cast. Nos seus últimos dois projetos desempenhou a tarefa de *Work-Package Leader* responsável pelas atividades de integração e demonstração dos projetos. É atualmente Professor Auxiliar Convidado do Dep. Eletrónica, Telecomunicações e Informática da Univ. Aveiro. Com mais de 25 publicações internacionais na área das redes e serviços de telecomunicações, centra de momento a sua atenção na área das comunicações M2M e do *Cloud Computing*.