

# Internet das Coisas Multimídia

Emanuel Ferreira Jesus, Vanessa Rocha Leandro Chicarino

<sup>1</sup>Universidade Federal Fluminense (UFF)  
emanuelferreirajesus@gmail.com, vessarl@gmail.com

**Resumo.** A “Internet das Coisas” (Internet of Things, ou IoT) se refere a uma revolução tecnológica que tem como objetivo conectar os itens utilizados no dia a dia entre si e à Internet. Cada vez mais surgem “coisas”, como eletrodomésticos, meios de transporte, tênis, roupas e maçanetas conectadas à Internet e a outros dispositivos, como computadores e smartphones, por exemplo. A ideia é que, cada vez mais, o mundo físico e o digital se tornem um só, através de dispositivos que se comuniquem com os outros, os data centers e suas nuvens, porém sistemas baseados em IoT não podem realizar com êxito a noção de conectividade ubíqua se eles não são capazes de realmente incluir “coisas multimídia”. Neste artigo, analisamos esta questão contemplando o conceito de IoT e vislumbrando a perspectiva da “Internet das Coisas Multimídia” (IoMT). Nesse sentido, apresentamos a IoMT, um novo paradigma no qual coisas multimídia inteligentes e heterogêneas podem interagir e cooperar umas com as outras e com outras coisas conectadas à Internet para facilitar serviços baseados em multimídia e aplicações que estão globalmente disponíveis para os usuários. Algumas aplicações e casos de uso para IoMT são apresentados para refletir as possibilidades habilitadas por este novo paradigma. Será apresentada uma arquitetura IoMT a qual é segregada em quatro fases distintas; (i) sensoria-mento multimídia (ii) relatórios e endereçamento, (iii) nuvem multimídia e (iv) sistemas multi-agentes. Realizamos o levantamento das tecnologias já existentes, provendo uma síntese para a realização da visão da IoMT. Posteriormente, vários requisitos e os desafios, bem como a viabilidade das soluções existentes para cada fase da arquitetura IoMT proposta são discutidas.

## 1. Introdução

A comunicação multimídia na Internet das Coisas (IoT) pode potencialmente alcançar uma vasta extensão de áreas e modificar a vida das pessoas de uma forma profunda e diferente. Por exemplo, comunicação multimídia em tempo real poderia ser aplicada no atual sistema de chamadas de emergência para fornecer aos atendentes informações detalhadas sobre a natureza e a gravidade de um incidente antes de chegarem à cena, se as vítimas puderem transmitir imagens e, ou, vídeo do local do incidente. Os governos municipais também podem permitir que os cidadãos relatem o tráfego e as condições das estradas pelo upload de dados multimídia em tempo real através de um aplicativo de smartphone específico. As pesquisas existentes sobre IoT têm o foco somente sobre as capacidades de sensoriamento e atuação das “coisas” e as técnicas de enlace de rede, no entanto, elas mal consideram os desafios colocados pelas comunicações multimídia entre dispositivos IoT e servidores ou nuvem, o que caracteriza a Internet das coisas multimídia, do inglês, Internet of Multimedia Things (IoMT).

De fato, o tráfego da Internet começou a afastar-se dos dados não multimídia para os tráfegos multimídia, particularmente dados de vídeo. Os aplicativos/serviços

e soluções multimídia em tempo real, como videoconferência, vídeo-on-demand, telepresença, entrega de conteúdo em tempo real e jogos on-line, contribuíram para o crescimento exponencial deste tráfego multimídia na Internet. O objetivo deste trabalho é articular a visão de perspectiva da IoMT inspirada nos conceitos de IoT. Além disso, as características da IoMT são cuidadosamente analisadas e comparadas com os sistemas existentes. Desta forma, identificam-se requisitos e desafios distintos colocados pelo paradigma IoMT, que a torna um subconjunto especial de IoT.

O trabalho segue organizado da seguinte forma. Na Seção 2, apresentamos a visão de perspectiva da IoMT juntamente uma arquitetura IoMT proposta [Alvi et al. 2015]. Na Seção 3, apresentamos vários casos de uso para conduzir a definição de requisitos e as mudanças necessárias ao considerar o paradigma da IoMT. A Seção 4 centra-se no sensoriamento multimídia e a codificação necessária dos dados multimídia. Na Seção 5, a pilha de comunicação de IoT é revisitada e a sua impossibilidade de realizar a visão da IoMT é investigada com destaque para os novos requisitos e desafios considerando a comunicação de fluxo de dados multimídia, além de abordar sistemas multi-agentes na nuvem para provisionamento de serviços e composição para ampliar o escopo de utilização dos dados multimídia disponíveis. A Seção 6 finalmente conclui a pesquisa.

## **2. Concepção e Visão de IoMT**

A Internet das Coisas(IoT) é um novo paradigma que está rapidamente ganhando força no cenário moderno das comunicações sem fio. A ideia básica é sua presença massiva em todos os objetos que nos circundam. Eles possuem endereço único e podem interagir uns com os outros de forma a cooperar para atingir um determinado objetivo[Atzori et al. 2010].

De fato muitos problemas ainda deverão ser resolvidos, pois a Internet das Coisas traz novos problemas principalmente referentes a conectividade, a baixa a capacidade dos dispositivos e principalmente quando se refere a poder computacional e capacidade energética. A internet das coisas tem o potencial de mudar drasticamente as nossas vidas e a maneira como interagimos com os diversos dispositivos.

Existem diversos surveys que definem IoT, seu uso com sensores, em rede, marketing e seus potenciais [Aggarwal et al. 2013, Akyildiz et al. 2007a, Akyildiz et al. 2007b]. Eles também contemplam diversas propostas de padronização. Entretanto estes estudos não levam em conta os dispositivos multimídia, ou o transporte de tráfego multimídia. As características da informação multimídia impõem uma série de restrições no design da Internet das Coisas. As informações adquiridas pelos sensores e dispositivos na IoT tradicional, como dados de iluminação, nível de água, temperatura, status de bateria de relatórios de manutenção preditiva, são de natureza periódica e de baixo consumo de dados e poder computacional, o que requer esquemas simples de processamento de dados, baixa vazão da rede, tolerância a atrasos e variação do atraso.

Ao contrário, a IoMT é volumosa por natureza, requer um processamento maior, maior consumo de memória e não é tolerante a atrasos e variação do atraso e requer maior largura de banda. Houve um aumento enorme no tráfego multimídia nos últimos anos. Recentes estudos [SANDVINE 2014] sugerem que o tráfego de dados multimídia irá dominar a internet. Vídeo sob demanda, conferências em tempo real e jogos online contribuíram para este aumento. A IoMT irá contribuir para esta consolidação, pois cada

vez mais vemos a introdução destes dispositivos em nosso cotidiano, por exemplo nas casas, hospitais e cidades inteligentes. A introdução destes dispositivos em um ambiente de IoT não será de forma simples e necessitará da introdução de funcionalidades adicionais e revisão das estruturas atuais para esta parte especializada da IoT que é designada de IoMT[Alvi et al. 2015]. Assim é necessário desenvolver novas arquiteturas para a Internet das Coisas Multimídia.

## **2.1. Multimídia e IoMT**

A IoMT é uma extensão para a IoT, onde um dos principais objetivos é permitir o streaming de vídeo pelos dispositivos. Na IoMT, os dispositivos possuem recursos limitados, podem interagir uns com os outros e são acessíveis globalmente através da Internet. Os desafios colocados pela IoMT são semelhantes a IoT, tais como lidar com grandes quantidades de informações, consultas e computação, bem como alguns requisitos distintos. Em redes multimídia sem fio aplicadas a IoMT, os dispositivos multimídia têm que utilizar eficientemente seus recursos para aumentar o tempo de vida da rede, caso usem bateria, e há diversos problemas na especificação dos protocolos de rede.

A fim de entender melhor as características da IoMT, façamos uma comparação com um serviço de multimídia sem fio, que é comumente usado para aquisição e difusão de conteúdo, onde os dispositivos não possuem restrições. Como exemplo deste tipo de implementação podemos citar vigilância e telemedicina. Geralmente estes serviços enviam seus dados pela internet para centrais que armazenam e processam os dados e os disponibilizam aos usuários, em alguns casos as câmeras podem enviar seus dados diretamente a servidores em uma nuvem. Apesar de ser uma arquitetura comum e bem sucedida, há limitações significativas que inviabilizam a adoção de forma ampla. Primeiramente estes sistemas estão limitados a cenários específicos com restrição de mobilidade e funcionalidades, além de não possuírem escassez de recursos, como energia e banda, e estes dispositivos não foram projetados para se comunicar diretamente uns com os outros e com outros sensores que possam fazer parte da rede. Por exemplo, caso uma câmera esteja programada para iniciar sua gravação quando o sensor de presença perceba movimentação no ambiente, ou quando as lâmpadas forem acesas, estes sensores irão informar a central que irá enviar o comando para início da gravação. Uma maneira inteligente de atingir o mesmo objetivo seria permitir que a lâmpada ou o sensor de presença interajam diretamente com a câmera. Dispositivos multimídia da IoT captam o conteúdo do meio, vídeo, áudio ou imagens, e podem se comunicar a fim de interagir com outros dispositivos inteligentes, o que habilita uma ampla gama de aplicações em diversas áreas.

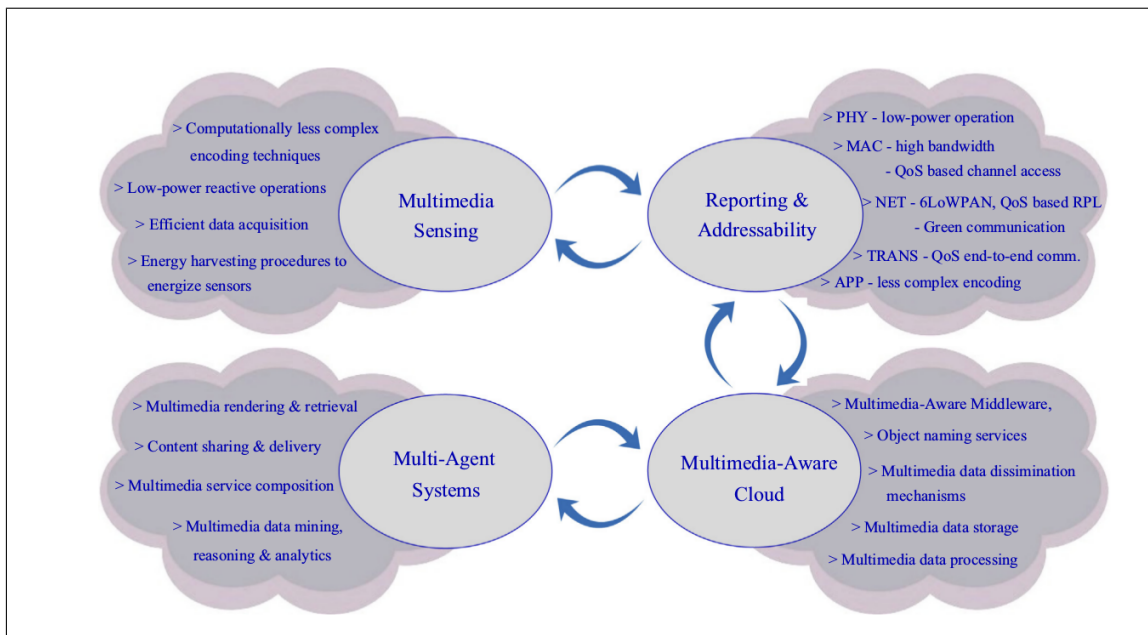
Se considerarmos sistemas de IoT projetados para este fim veremos que diversos aspectos das redes multimídia sem fio não foram totalmente revisados pensando no uso de dispositivos multimídia.

## **2.2. Uma Arquitetura Proposta para IoMT**

Alvi[Alvi et al. 2015] propõem uma arquitetura para a Internet das Coisas Multimídia, onde elencam 4 estágios conforme podemos ver na Figura 1.

### **1. Sensoriamento multimídia**

A aquisição de dados multimídia requer diversas etapas de pré-processamento: transformadas; quantização; codificação por entropia e etc... Sendo assim



**Figura 1. Arquitetura proposta por Alvi[Alvi et al. 2015]**

comprimido para atingir uma determinada restrição de banda. Estes processos são computacionalmente intensivos e requerem um enorme gasto energético, caso os dispositivos não tenham recursos ilimitados de energia deverão adotar esquemas de duty-cycle e também colher energia do meio ambiente, aumentando assim a vida útil da rede. É necessário também que os algoritmos de codificação possuam baixa complexidade, a fim de se consumir menos energia.

## 2. Conectividade e Comunicação

A transmissão de dados multimídia dos sensores para as aplicações, tipicamente localizados na internet, impõe um rigoroso gerenciamento. É necessário o uso de protocolos específicos, pois os padrões TCP-IP não se adaptam bem aos dispositivos IoT, pois possuem diversos overheads e redundâncias e pacotes de controle que reduzem significativamente a vida das baterias. O IETF propôs um conjunto de protocolos para serem utilizados em IoT: 6LoWPAN(camada de rede)[Kushalnagar et al. 2007], RPL(rooteamento)[Winter 2012] e o CoAP(camada de aplicação)[Shelby et al. 2014], especialmente as transmissões em tempo real, não possuem a mesma natureza, o tornando inadequado para a IoMT.

## 3. Nuvem para Multimídia

É esperado que os sistemas de IoMT gerem uma enorme quantidade de dados, que deverão ser gerenciados e filtrados de maneira eficiente a fim de suportar diversos serviços. Tradicionalmente um sistema de nuvem é capaz de armazenar, processar e distribuir de forma eficiente uma quantidade massiva de dados. Existem duas preocupações para o IoMT: uma é a garantia do QoS, pois o usos deste tipo de arquitetura pode incorrer em grandes atrasos no consumo do conteúdo, e a outra é a grande quantidade de dispositivos heterogêneos que poderão usar estes serviços,

consequentemente será necessário a implementação de um middleware para dar suporte a uma miríade de produtos e fabricantes.

#### **4. Sistemas Multi-Agente**

Agentes são entidades autônomas trabalhando independentemente a fim de alcançar um objetivo. um sistema multi-agente consiste em um número de agentes independentes se comunicando e cooperando que respondem a eventos de acordo com suas demandas. No contexto específico de IoMT estes sistemas podem ser projetados para ter as seguintes funcionalidades: mineração de dados; compartilhamento de dados; e análise de dados.

### **2.3. Técnicas de aquisição e compressão de dados multimídia em IoMT - Sensoriamento Multimídia**

Podemos definir a IoMT como a rede global de coisas multimídia interconectadas que são exclusivamente identificáveis e endereçáveis para adquirir dados sensíveis multimídia ou acionar ações, além de possuir capacidade para interagir e se comunicar com outros dispositivos e serviços multimídia e não multimídia, com ou sem intervenção humana direta. Ao contrário da aquisição de dados escalares pelos nós sensores em IoT, a aquisição de dados multimídia do ambiente físico são volumosos por natureza. Os minúsculos dispositivos multimídia têm recursos de memória limitados, portanto, os dados multimídia adquiridos precisam ser rapidamente processados e transmitidos no ar para liberar o espaço na memória para os dados de entrada, uma vez que a maioria das fontes multimídia são de natureza contínua.

Nos sistemas tradicionais que são atualmente usados para implantar serviços nas principais aplicações multimídia de IoT[Alvi et al. 2015]: WMS (Wireless Multimedia Systems - usados para monitorar o ambiente e onde os dispositivos sensores podem receber feedback) e WMSN (Wireless Multimedia Sensor Networks - onde os dispositivos multimídia não têm capacidade ou têm capacidade limitada para receber feedback ), os sensores são dispositivos restritos em termos de energia, processamento e recursos computacionais. Esses dispositivos sensores devem relatar os dados adquiridos aos atuadores, que são dispositivos inteligentes e ricos em recursos que possuem alta energia, processamento e capacidade de comunicação.

Os atuadores geram procedimentos reativos em resposta à informação de evento recebida dos nós sensores. Os nós atuadores são menos numerosos quando comparados aos nós de sensores, assim um grande número de nós sensores são dependentes de um único nó atuador, mesmo para instruções de baixo nível, como ajuste de zoom panorâmico para câmera. Portanto, no caso de ambiente de rede dinâmico, uma falha de nós atuadores resulta em colapso de toda a comunicação e operação da rede, devido à desintegração da rede em muitas sub-WSNs. Por esta razão, na arquitetura IoMT é desejável que os nós multimídia sejam equipados com alguma inteligência, assim as respostas locais podem ser geradas no nível do nó sensor.

A grande quantidade adquirida de dados multimídia sofre vários processos de pré-transmissão no dispositivo multimídia, isto é, amostragem, quantização e compressão de modo que pode ser comprimido para reduzir aos requisitos de largura de banda

durante a transmissão. Estes processos são computacionalmente complexos e consomem quantidade significativa de energia. Várias soluções promissoras propostas para uma comunicação multimídia eficiente como a Amostragem Compressiva (CS do inglês “Compressive Sensing” [Stankovi et al. 2009], a Codificação Distribuída de Vídeo (DVC, do inglês Distributed Video Coding) [Dufaux et al. 2010], etc., podem ser utilizadas para facilitar a aquisição e processamento de dados multimídia nos dispositivos da IoMT.

A compressão de vídeo para permitir um certo nível de qualidade sobre um canal de baixa capacidade (oferecendo baixa taxa de dados), aumenta a complexidade do codificador e o consumo de energia, por outro lado, os dispositivos IoMT com restrição de energia exibem uma capacidade de largura de banda limitada, mas permitir uma boa qualidade de vídeo requer alta compressão que é inviável devido ao alto consumo de energia. Assim, existe uma compensação entre a compressão realizável e a utilização de energia para um nível específico de restrição de experiência do usuário.

Um dos aspectos primários da aquisição de dados multimídia é codificar a informação multimídia crua detectada. No entanto, a codificação de quadros de vídeo foram impulsionados para um cenário de transmissão em que o vídeo deve ser comprimido apenas uma vez e decodificado cada vez que é reproduzido, obrigando a existência de codificadores complexos e decodificadores simples. Por outro lado, as aplicações IoMT são mais comparadas a transmissão de vídeo “uplink” e apresentam um novo conjunto de exigências rigorosas em codecs de vídeo, conforme a seguir:

- Codificação de baixa complexidade: O cálculo do vetor de movimento na codificação preditiva é uma tarefa computacionalmente intensa. Os dispositivos multimídia baseados em IoMT têm capacidades limitadas de energia e processamento, por isso essa complexidade deve ser deslocada para a nuvem.
- Resiliência a erros de transmissão: Os codificadores de vídeo tradicionais são altamente susceptíveis a erros de transmissão, que tendem a se espalhar por vários quadros devido à sua natureza preditiva. Assim, a fim de alcançar uma boa qualidade de reconstrução, a resiliência ao erro é imperativa.
- Alta taxa de dados com baixo consumo de energia: o ZigBee [Alliance 2004] foi adotado para o IoT devido à sua eficiência energética. No entanto, mesmo para transmitir um vídeo CIF de baixa resolução, que é 352x288 pixels por quadro em 12 quadros por segundo, a taxa de bits necessária excede os 70 kbps oferecidos pela ZigBee. Protocolos MAC como IEEE 802.11 [Crow et al. 1997], EVDO [Bhushan et al. 2006], LTE [Larmo et al. 2009] oferecem altas taxas de dados para transmissão de vídeo, mas não de uma forma eficiente de energia.
- Limites de atraso para transmissão multimídia: Desvanecimento Multi-caminho corrompe um número de bits adjacentes devido a recorrentes deep fades (desvanecimentos profundos). No transmissor, o intercalamento é aplicado de modo que os erros sejam separados quando se realiza o desintercalamento no receptor. Entretanto, as distâncias de intercalamento no transmissor e os algoritmos de reconstrução no receptor limitam o de atraso em tempo real.

Tendo em conta este conjunto de requisitos, as técnicas de codificação de vídeo são categorizadas em três grandes classes: (1) Codificação Convencional de vídeo, (2) Codificação Distribuída de Vídeo (DVC) e (3) Amostragem Compressiva (CS) [Alvi et al. 2015].

### 2.3.1. Codificação Convencional de Vídeo

Embora os sistemas de codificação (codecs) atuais tenham desempenhos diferentes, todos tem uma estrutura muito similar: utilizam transformadas para explorar a redundância espacial, técnicas de estimação e compensação de movimento para explorar a redundância temporal, e por fim técnicas de codificação de entropia para codificar os resíduos (diferença entre o quadro estimado e o real) da melhor maneira possível. Todos esses procedimentos são aplicados no codificador, restando ao decodificador apenas a operação inversa de cada um desses procedimentos. De maneira geral, o codificador é de 5 a 10 vezes mais complexo que o decodificador.

Os padrões atuais de compressão / codificação de vídeo, como H.26x e VPx, são a principal opção para cenários de broadcast. A compressão nestas normas é conseguida explorando as redundâncias espaciais e temporais inerentes aos quadros de vídeo no codificador. O H.264 / AVC é um padrão de codificação de vídeo bem conhecido desenvolvido em 2003. O H.264 baseia-se principalmente em um híbrido de transformada baseada em blocos para explorar a redundância espacial e a codificação preditiva compensada por movimento entre quadros. No entanto, o padrão H.265 projetado em 2013 para maior resolução de codificação de vídeo obtém melhor desempenho, no que diz respeito a distorção de taxa em comparação com H.264. É também baseado na codificação de transformada baseada em blocos. As melhorias principais incluem um aumento no tamanho máximo do bloco de 16x16 a 64x64, particionamento de quad-tree com subdivisão de blocos adaptativos e unidades de predição adaptativas e divisão de unidades de transformadas. A eficiência de codificação intra-frame é melhorada permitindo até 35 direções intra-preditivas.

Outro padrão popular de codificação é o VP9, desenvolvido pelo Google para as aplicações de streaming de vídeo. O VP9 compartilha vários recursos com o H.264. As melhorias principais incluem o aumento do maior tamanho do bloco a 64x64 com subdivisão adaptativa e cálculo de vetor de movimento melhorado. A intra predição em VP9 ainda procede em 10 direções. Autores em [Grois et al. 2013] apresentaram a análise comparativa destas técnicas de codificação, utilizando x264 software de referência para H.264, HM para H.265 e VP9 para o codificador da Google. Os resultados mostram que o H.265 fornece uma economia média de taxa de bits de 43,3 % e 39,3 % sobre VP9 e H.264, respectivamente. Também foi relatado que o codificador VP9 produz uma sobrecarga média de taxa de bits de 8,4 % com a mesma qualidade objetiva sobre o codificador x264. Entretanto, os tempos médios de codificação para VP9 são maiores do que os tempos de codificação x264 por um fator de mais de 100 e cerca de 7,35 vezes menor que HM.

DAALA[Sharabayko 2013] é outro codificador de vídeo que utiliza diferentes técnicas de codificação em comparação com codificadores acima mencionados. DAALA, em vez de transformada de Fourier discreta baseada em blocos (DFT), usa uma transformada de cosseno discreto não convencional com blocos sobrepostos. Isso reduz os efeitos blocados característicos de outros codecs de vídeo que usam a transformada discreta de cosseno (DCT) diretamente, sem a necessidade de filtragem adicional contra os efeitos blocados. Os resultados experimentais em [Sharabayko 2013] descrevem que o desempenho da taxa de compressão do codificador DAALA é significativamente inferior aos

do software de referência HM, VP9 e JM para H.264. Uma comparação para estes três codificadores é resumida na Tabela 1[Alvi et al. 2015].



**Tabela 1. Codificadores de Vídeo**

Parametros	H.264/AVC	h.265/HAVC	VP9	DAALA
Taxa de Compressão	50:1	100:1	60:1	30:1
Complexidade	Alto	Muito Alto	Médio	Médio
Transformada	DCT	DCT 8X8 e 4X4	DCT 32X32 a 4X4 + DST Luma Intra 4x4	Trasformadas Sobrepostas
Predição	Acima de 9	35	10	Domínio da Frequência
Matriz de Cor	YUV 4:2:0 4:4:4 8-14bits	YUV, RGB, YCbCr, 8-12 bits	YUV 4:2:0, 8Bits	YUV 4:2:2 4:2:0 4:4:4 8bits, 10bits

### 2.3.2. Codificação Distribuída de Vídeo

A Codificação Distribuída de Vídeo (DVC, do inglês Distributed Video Coding ) é projetada principalmente para um cenário de uplink, permite a reversão da complexidade do codificador de vídeo, ou seja, transferir parte da complexidade do codificador para o decodificador sem perda de desempenho com relação às técnicas tradicionais. Codificadores de complexidade reversa se mostram então mais adequados ao uso nos dispositivos móveis pois acompanham as limitações mencionadas anteriormente. Porém, uma das questões levantadas é como diminuir ainda mais a complexidade no codificador. Uma das respostas é reduzir ou até eliminar etapas que mais demandem recursos. Diferentemente dos codificadores tradicionais, que utilizam quadros obtidos através de estimação e compensação de movimento como informação adicional para codificar o quadro atual, os codificadores DVC usam a informação temporal apenas no decodificador. Assim, em muitas implementações, o processo de estimação de movimento é deslocado do codificador para o decodificador, levando consigo grande parte da complexidade do codificador, uma vez que este processo é responsável por grande parte do esforço computacional.

Uma das primeiras implementações para DVC é PRISM (Power-efficient, robust, high-compression syndrome-based multimedia coding). PRISM[Puri et al. 2007] combina as características de codificação intraframe com a eficiência de compressão de codificação inter-frame. Nesta implementação, a transformada DCT é aplicada a macro-blocos. Os coeficientes transformados dos blocos são divididos em alta e baixa frequência. A classe do macrobloco determina como a divisão é feita. Logo, o número de coeficientes de alta e baixa frequência é variável. Os coeficientes de alta frequência são quantizados e codificados utilizando métodos tradicionais de codificação de entropia. O passo de quantização depende da classificação do macrobloco. Os coeficientes de baixa frequência passam por dois processos de quantização paralelos. O primeiro é idêntico a quantização dos coeficientes de alta frequência. O segundo é um processo de refinamento da quantização, a qual é dependente da distorção permitida (ou seja, do passo de quantização QP que seria usado na codificação convencional) e não da classe do macrobloco. A diferença entre ambos os sinais, dos coeficientes quantizados dos de baixa frequência, é enviada ao codificador de entropia. O resultado do primeiro processo de quantização é usado para gerar um código síndrome. A codificação por síndrome é um

tipo de codificação de canal. Em lugar de enviar a paridade, é enviada a síndrome do código. Se  $S = XG$ , onde  $G$  é a matriz de paridade de um código de blocos linear, então  $S$  é a síndrome do código. A funcionalidade da síndrome é similar a da paridade, ambos são usados para corrigir erros de transmissão.

Na arquitetura de Stanford[Aaron et al. 2002] esse modelo foi proposto inicialmente para trabalhar no domínio espacial (pixels), depois expandido para o domínio da transformada. O codificador Slepian-Wolf (WZ) foi inicialmente implementado usando turbo codes como código de canal. Posteriormente, este modelo foi atualizado para códigos LDPC (low-density parity-check codes). A seqüência de vídeo é dividida em Grupo de Imagens (GOP) e o primeiro GOP é codificado com H.264 modo intraframe. Os restantes são codificados utilizando a codificação WZ e subsequentemente passados através de um codificador turbo. No lado do decodificador, a informação é gerada utilizando a interpolação compensada por movimento de quadros previamente decodificados e utilizada na decodificação turbo.

### 2.3.3. Amostragem Compressiva

A Amostragem Compressiva (CS do inglês “Compressed Sensing”, “Compressive Sensing”, “Compressive Sampling”, or “Sparse Sampling”) é uma técnica desenvolvida recentemente que permite amostrar sinais com confiabilidade abaixo da taxa de amostragem definidas no teorema de Nyquist-Shannon, caso satisfaça determinadas condições. O segredo por trás desta técnica está no foco da informação ao invés da sua forma de onda propriamente dita. A conversão de um sinal analógico em um sinal digital envolve a captura de uma série de amostras da fonte analógica que obedecem ao teorema da amostragem. As amostras, de sinais naturais, capturadas pelo processo são compressíveis quando representados em um domínio apropriado. A CS utiliza um conjunto de sensores para tirar medidas lineares do sinal em seu domínio esparsa, embutindo o processo de compressão no processo de amostragem.

Numerosos métodos para codificação de vídeo foram propostos na literatura que se baseiam na amostragem compressiva. O método mais simples codifica vídeos como uma série de imagens comprimidas. Cada quadro é adquirido separadamente no codificador e posteriormente reconstruído individualmente no coletor. No entanto, estas técnicas não exploram as correlações temporais entre quadros adjacentes. Várias outras técnicas têm sido propostas que fazem uso da correlação temporal, quer para maior compressão ou reconstrução melhorada.

Para uma reconstrução melhorada, o codificador é mantido o mais simples possível, enquanto a correlação temporal é explorada no receptor durante a reconstrução. Métodos que exploram a correlação temporal no codificador são esquemas de codificação híbridos de vídeo baseados em CS e tradicionais. A sua complexidade no nó de transmissão, portanto, é tipicamente maior do que aquelas baseadas apenas na Amostragem Compressiva (CS).

As técnicas de Amostragem Compressiva de Vídeo (CVS) proporcionam uma eficiência de codificação inferior em comparação com outros esquemas de codificação. Os esquemas CVS fornecem os codificadores menos complexos. Principalmente, os

cálculos no codificador envolvem a geração do vetor de medição através da matriz de medição. Os esquemas DVC também fornecem codificadores de baixa complexidade em comparação com esquemas de codificação convencionais, que empregam a estimativa de movimento complexa no codificador. Decodificadores para esquemas CVS e DVC envolvem a maior parte da complexidade. No CVS, algoritmos iterativos são utilizados para encontrar valores mínimos para funções não-lineares. Os decodificadores DVC precisam gerar informações laterais e executar a decodificação FEC.

Um codificador baseado em CVS simples oferece várias vantagens para o ambiente contido em energia baseado em IoMT. Como mencionado anteriormente, os protocolos de camada MAC existentes suportam alta taxa de dados para streaming de vídeo, mas consomem muita energia. Dentro de um orçamento de energia, um codificador mais simples pode deixar de lado a energia suficiente para protocolos de transmissão com altas demandas de energia. Convencionalmente, há um trade-off entre a resiliência do erro e a baixa complexidade do codificador (manipulada movendo-se para diferentes pontos de distorção de taxa). Felizmente, as técnicas de Amostragem Compressiva proporcionam ambas as características desejadas simultaneamente.

#### **2.4. Pilha de comunicação IoMT - Relatórios e endereçamento**

O paradigma IoMT requer padrões de comunicação semelhantes ao HTTP, IP, TCP, etc. No entanto, sua adaptação direta na IoMT não é simples, já que esses protocolos não são projetados para dispositivos com restrição de energia. Por um lado, os dispositivos multimídia IoMT são concebidos como dispositivos de baixo custo, alimentados por bateria e de baixa complexidade. Por outro lado, os protocolos existentes consomem quantidade significativa de energia devido à transmissão de dados redundantes, overheads de protocolo, transmissão de cabeçalhos, troca de pacotes de confirmação para camadas mais elevadas para garantir confiabilidade e etc..., uma vez que estes protocolos de comunicação não são otimizados para comunicação de baixa potência, portanto, a adaptação desses mecanismos é inviável na sua forma e estrutura atuais.

As atuais atividades de padronização para habilitar a conectividade à Internet das Coisas não estão focadas para enfrentar os desafios provisionados pela comunicação multimídia sobre a IoT. Os principais obstáculos para a realização da IoMT, permitindo o acesso à Internet a dispositivos de rede sem fio multimídia, são a energia disponível limitada, a capacidade disponível limitada e a heterogeneidade de dispositivos multimídia. Nesta seção, a pilha de comunicação IoT é analisada e seu potencial para ser adotado para IoMT é revisto. Uma vez que, a comunicação multimídia apresenta requisitos e desafios rigorosos, é por isso que alguns dos protocolos projetados para IoT podem não ser viáveis para IoMT. Dessa forma, são sugeridas algumas técnicas e protocolos alternativos potenciais que podem ter um melhor desempenho no suporte à comunicação multimídia para IoMT.

Para comunicações de baixa potência na IoT, foi proposto o IEEE 802.15.4, que define tanto a camada física (PHY) como o controle de acesso ao meio (MAC), camada de enlace. As camadas PHY / MAC definidas pelo IEEE 802.15.4 formaram a base do ZigBee 1.0 e posterior para ZigBee 2006. A característica de canal único do IEEE 802.15.4 [Molisch et al. 2004] MAC não é confiável em cenários de rede multi-hop. Portanto, Em 2008, Dust Networks introduziu um protocolo de salto de canal chamado Protocolo de Malha Sincronizada no Tempo, TSMP (do inglês, Time Synchronized Mesh

Protocol) para mitigar o desvanecimento de multi-caminhos. TSMP inspirou o grupo de trabalho IEEE 802.15.4e para projetar um protocolo de salto de canal sincronizado no tempo, que posteriormente foi integrado ao IEEE 802.15.4 em 2010. Para facilitar a conectividade com a Internet para dispositivos de baixa potência, os grupos de trabalho IETF propuseram um conjunto de protocolos de comunicação de baixa potência, ou seja, 6LoWPAN, como uma camada de convergência, ROLL RPL como um protocolo de roteamento e CoAP como um protocolo de camada de aplicação. Esses protocolos, resumidos na Tabela 2, foram considerados como tecnologias-chave na realização do IoT.

**Tabela 2. Pilha de protocolos TCP/ip vs Pilha de Protocolos IPSO**

Camadas de IP	Pilha do Protocolo de Internet TCP / IP	Pilha de Protocolos IP para objetos inteligentes (IPSO)
Camada de aplicação	HTTP, SMTP, FTP, etc.	CoAP
Camada de transporte	TCP, UDP	UDP
Camada de rede	IPv4, IPv6	6LoWPAN
Camada de enlace	Wi-Fi, WiMAX, etc.	ZigBee

A atual pilha de protocolos IoT é definida considerando dispositivos inteligentes de baixo consumo que estão se comunicando e trocando dados escalares que são periodicamente adquiridos do ambiente físico. No entanto, os dados multimídia especificamente dados multimídia em tempo real, estão em rajada na natureza. Desde então, os requisitos de comunicação da IoMT tem sido observados ao projetar a atual pilha de protocolo da IoT, portanto, atuais mecanismos de comunicação IoT são inadequados para o tráfego IoMT. Essas limitações dos protocolos de comunicação IoT são discutidas a seguir.

A camada de enlace baseada em IEEE 802.15.4 especifica um compromisso bem adaptado entre a eficiência energética, a faixa de transmissão e a taxa de dados, o que a torna particularmente adequada para WPAN de pequena e média dimensão. No entanto, os requisitos de largura de banda multimídia são significativamente mais elevados quando comparados com a velocidade de dados oferecida, isto é 250 kbps. No caso de comunicação multimídia contínua em tempo real, os dados gerados continuamente exigem grande tamanho de pacote, de modo que a largura de banda seja utilizada eficientemente, mantendo o atraso e o jitter sob os limites requeridos. Deste modo, o tamanho pequeno de MTU IEEE 802.15.4, isto é, 128 Bytes, aumenta o atraso e o jitter. Também requer a fragmentação na camada superior, que vem com sobrecarga de custo e custo de protocolo adicionais em termos de largura de banda e eficiência energética.

Além disso, muitos dispositivos de vídeo disponíveis com base no padrão IEEE 802.11 têm sido amplamente utilizados nos dias de hoje, devido ao maior suporte de taxa de dados. Esses dispositivos multimídia, amplamente implantados para aplicações de vigilância e monitoramento de vídeo, tornam o Wi-Fi um bom candidato para IoMT se seu mecanismo de eficiência energética for concebido comparável ao IEEE 802.15.4. Recentemente, tem havido muito interesse em projetar dispositivos IEEE 802.11 de muito baixa potência, por exemplo QCA-4002 da Qualcomm e QCA-4004-Qualcomm, RN171 da MICROCHIP, entre outros. Neste Wi-Fi de baixa potência, o ciclo de funcionamento do dispositivo diminui para aumentar a vida útil da bateria, o que, por sua vez, aumenta a vida útil da rede. Similarmente, o canal de acesso é tornado eficiente em termos de utilização da largura de banda. Além disso, os projetos de hardware são otimizados para

projetar corrente mínima no estado de suspensão. Um estudo comparativo sobre Wi-Fi de baixa potência, ZigBee e padrão IEEE 802.11 é feito em [Tozlu 2011], algumas estatísticas são apresentadas na Tabela 3.[Alvi et al. 2015]

**Tabela 3. Comparação de IEEE 802.11, Wi-Fi baixa potência, e ZigBee**

<b>Parâmetros</b>	<b>Padrão 802.11</b>	<b>Wi-Fi baixa potência</b>	<b>ZigBee</b>
<i>Taxa de dados MAX (Kbps)</i>	54,000	54,000	250
<i>Energia de Tx (nJ/bit)</i>	6	4	300
<i>Energia de Rx (nJ/bit)</i>	20	15	280
<i>Potência de transmissão (dbm)</i>	18	18	0
<i>Inativo (mW)</i>	400	15	5
<i>Tempo ativo (ms)</i>	500–1000	8–50	2

O IEEE 802.11 padrão de suporte a taxas de dados mais altas pode efetivamente diminuir o tempo de recepção e transmissão dos pacotes fornecendo uma maior troca de bits por energia consumida. Dessa forma, a utilização eficiente da largura de banda combinada com o sistema de gerenciamento de energia pode permitir que o Wi-Fi de baixa potência seja uma promissora tecnologia de comunicação para o IoMT. Uma comparação de Wi-Fi de baixa potência com 6LoWPAN / ZigBee é mostrada na Tabela 4[Alvi et al. 2015].

**Tabela 4. Comparação de Energia e tempo de 6LoWPAN vs Low-Power Wi-Fi**

<b>Parameters</b>	<b>6LoWPAN/ZigBee</b>	<b>Low-power Wi-Fi</b>
<i>Data Rate (Kbps)</i>	250	1000 54,000
<i>Packet size (bytes)</i>	1000	1000 1000
<i>Time (ms)</i>	23.61	25.82 16.58
<i>Energy (mJ)</i>	9.17	8.46 1.28

O protocolo de Tempo de sincronização do canal, TSCH (do inglês, Time Synchronized Channel Hopping)[Watteyne et al. 2015], em que um nó pode transmitir, ou receber, ou dormir, de acordo com uma programação conhecida em uma estrutura de quadro de slot. Esse protocolo explora eficientemente múltiplos canais ortogonais para permitir múltiplos links ativos simultaneamente. Quando combinada com a estrutura slot-frame, esta abordagem permite que os nós mantenham um ciclo de trabalho mais baixo, tão baixo quanto 1%. A estrutura de intervalo de tempo pode ser ineficiente em termos de utilização da largura de banda, quando os nós têm requisitos de tráfego variáveis. Portanto, é necessário um protocolo MAC para IoMT que forneça QoS específica dependendo dos requisitos de tráfego dos nós. Além disso, devido à natureza de tráfego contínuo de aplicações multimídia, manter um ciclo de trabalho muito baixo é difícil. Por conseguinte, devem ser adotadas técnicas adicionais de economia de energia, mantendo um compromisso entre o ciclo de trabalho e a eficiência energética, enquanto assegura os limites de atraso ou jitter.

O protocolo de roteamento, RPL, routing protocol for Low-Power Lossy Network[Winter 2012], usado na camada de rede é pró-ativo. As rotas são mantidas

usando mensagens DIO que são transmitidas por cada nó pai na rede e o status de um link já construído é conhecido através das mensagens mantidas vivas. Parece que a disponibilidade das rotas pode ser favorável ao proporcionar menor latência ou jitter para o tráfego multimídia. No entanto, foi investigado que os protocolos de roteamento pró-ativo têm desempenho sub-ótimo na comunicação multimídia em termos de atraso fim a fim de pacote, overhead por pacote, taxa de entrega de pacotes. É devido ao estabelecimento de rota desnecessária e sobrecarga de manutenção que desperdiça largura de banda e energia. Um esquema de roteamento baseado em RPL com eficiência energética é proposto em [Lee et al. 2014], que considera a eficiência energética, bem como a qualidade dos links para a determinação das rotas. Além disso, um cluster baseado no protocolo de roteamento RPL é proposto em [Pavkovic et al. 2014], que é relatado para reduzir a taxa de perda de pacotes e de atraso fim a fim. Da mesma forma, esse tipo de esquema de roteamento deve ser concebido considerando os requisitos de tráfego multimídia. Assim, a operação existente do RPL é inviável para o tráfego multimídia e um protocolo de roteamento preferencialmente reativo é necessário que considera métricas de rede para estabelecer links e ainda requer menos overhead de roteamento.

Para 6LoWPANs o UDP é promovido devido ao seu menor overhead de operação. A redução de sobrecarga adicional é conseguida usando técnicas de compressão de cabeçalho. Para o tráfego multimídia, o UDP é considerado um protocolo de camada de transporte mais adequado, particularmente para a comunicação multimídia em tempo real. Para melhorar a comunicação multimídia, outros protocolos de camada de transporte projetados em cima do UDP poderiam ser usados. Por exemplo, o Lightweight User Datagram Protocol (UDP Lite) [Larzon et al. 2004] é baseado em User Datagram Protocol (UDP), mas, ao contrário do UDP, onde qualquer um ou nenhum pacote é protegido por uma soma de verificação, o UDP-Lite permite somas de verificação parciais que cobrem apenas parte de um datagrama (uma contagem arbitrária de Octetos no início do pacote) e, portanto, fornecerá pacotes que foram parcialmente corrompidos. Ele é projetado para protocolos multimídia, como Voz sobre IP (VoIP) ou streaming de vídeo, no qual o recebimento de um pacote com uma carga útil danificada é melhor do que receber nenhum pacote. Para o UDP convencional e o Protocolo de Controle de Transmissão (TCP), um único erro pode causar uma soma de verificação "ruim", o que significa que o pacote inteiro deve ser descartado: desta forma, os erros de bits são "promovidos" para erros de pacotes inteiros, mesmo quando o dano aos dados é trivial. Para calcular a soma de verificação, UDP-Lite usa o mesmo algoritmo de soma de verificação usado para UDP (e TCP). Da mesma forma, o Datagram Congestion Control Protocol (DCCP) [Kohler et al. 2006], que tem tamanho de cabeçalho um pouco maior (12-16 Bytes), em comparação com UDP (8 Bytes), no entanto, é orientado a conexão como MTU de suporte TCP MTU, checksum de dados, checksum parcial e controle de congestionamento, o que o torna mais adequado para a aplicação multimídia de restrição de tempo. Os protocolos de transmissão multimídia, Protocolo de Transporte em Tempo Real (RTP) [Jacobson et al. 2003] e Protocolo de Controle em Tempo Real (RTCP) [Huitema 2003] facilitam os serviços multimídia em tempo real. O RTP fornece funcionalidades para aplicações de restrição de tempo usando marca de tempo, numeração de sequência e carga útil. Considerando que, RTCP fornece feedback sobre a qualidade da entrega de conteúdo multimídia. Portanto, protocolos de streaming em tempo real são necessários para inicializar sessões e recuperar conteúdo multimídia dos servidores até o

final das sessões, considerando a capacidade de processamento e o tamanho do buffer do dispositivo do usuário.

Na camada de aplicação, um dos aspectos mais importantes para aplicações multimídia é a decodificação dos dados multimídia comprimidos enviados pelos dispositivos multimídia. Existe uma compensação clara entre a compressão realizável e a complexidade do codificador / decodificador. Pode-se concluir que a pilha de comunicação atualmente empregada para IoT é inviável para comunicação multimídia em 6LoWPANs em termos de Utilização da largura de banda e eficiência energética. No IoMT, portanto, são necessários protocolos de comunicação de alta taxa de dados e de baixo consumo de energia para facilitar o tráfego multimídia, considerando o nível aceitável de jitter, atraso fim a fim, latência, etc., sobre dispositivos de restrição de recursos em low-power and lossy link networks (LLNs).

### **3. Casos de Uso**

A heterogeneidade dos sensores multimídia, a presença em todos os lugares, o uso de sistemas em nuvem e as abordagens de reação autônoma constituem as principais características da IoMT. As câmeras podem ser os sensores IoT mais inteligentes, os sistemas IoMT podem ser revertidos de centro de custo em algo que realmente gere economias operacionais com entrega de retorno real de investimentos, além de oferecer um controle de segurança superior. A implantação de câmeras pode alcançar todo potencial quando acompanhada da capacidade de coletar informações instantâneas a partir dos fluxos de vídeo e então trocar informações com outros dispositivos, eventualmente levando a alguma ação a ser tomada. A análise de vídeo permite a extração de vários tipos de informações que de outra forma exigiria uma pluralidade de sensores: detecção de objetos e movimentos, reconhecimento facial, identificação de número de placas, análise forense, aplicações de contagem, detecção de intrusão em muros e portões e detecção de roubo são algumas das informações que podem ser extraídas. Alguns casos de uso possíveis da IoMT são os seguintes:

#### **3.1. Análise de Comportamento**

Comportamentos fora do comum em um sistema com câmeras inteligentes podem disparar alarmes e procedimentos e a resposta rápidas e apropriadas podem ser dadas como: chamar uma ambulância ou disparar um alarme na polícia. Podemos citar alguns exemplos: um carro na contramão em uma estrada, um caminhão com dimensões maiores que um viaduto que está 10km a frente, uma mochila sendo deixada no meio de uma praça ou em um estádio, ou até mesmo uma pessoa caindo ou sendo atropelada. Este tipo de análise possui diversas aplicações desde a indústria até na nossa vida cotidiana, aumentando substancialmente a capacidade de sistemas de vigilância e segurança.

#### **3.2. Telemedicina**

Este cenário é de grande valia especialmente para áreas remotas e rurais onde normalmente as facilidade médicas não são tão difundidas. Em conjunto com outros sensores, um médico pode por exemplo receber um alarme em seu smartfone avisando que um paciente monitorada não está bem, a partir deste momento ele pode receber imagens de vídeo de qualquer dispositivo inteligente perto de onde esta pessoa se encontra para poder ver seu comportamento. Existe um projeto chamado AILISA [Noury and Hadidi 2012] que

usou diversos sensores de uma smart home para monitorar a vida cotidiana de pessoas idosas e tomar ações mais rápidas em caso de emergência, alguns destes sensores foram câmeras.

### **3.3. Segurança Pública**

Um tiro é disparado, sensores de áudio das câmeras detectam o som e imediatamente disparam um alarme no departamento de polícia, ao mesmo tempo é feita uma triangulação com todos os sensores que captaram o disparo e a análise do vídeo do local verifica se há alguém caído, que pode indicar pessoas feridas. Imediatamente o serviço de ambulância é acionado, assim como o hospital que já se prepara para receber o paciente. Ao mesmo tempo as câmeras tentam identificar a pessoa que efetuou o disparo através de reconhecimento facial, enquanto permanecem com um track em cima da pessoa acompanhando seus movimentos e reportando à central de polícia.

### **3.4. Segurança**

Os dispositivos multimídia capturam uma grande quantidade de dados dos ambientes onde eles são implantados. Os dados coletados exigem grandes recursos de memória e consomem grande quantidade de largura de banda. Para garantir a segurança da mídia e a proteção da privacidade, integridade e confidencialidade da informação do usuário de forma efetiva são usadas algumas técnicas de segurança, como esteganografia, criptografia, marca de água e compressão multimídia, mas essas técnicas não são suficientes no ambiente IoT devido a diferentes restrições no dispositivo.

Outra maneira é usar a chamada criptografia cega [Shifa et al. 2016] para proteger as informações transmitidas. Criptografia cega significa a criptografia completa dos dados multimídia, ou seja, informações de cabeçalho com carga útil. Essa criptografia causa muitos problemas como o grande custo computacional para criptografar todos os dados, requer mais largura de banda para transmissão de dados criptografados e o mais importante, por diversas vezes os receptores não são capazes de decodificar corretamente os dados multimídia.

Tendo isso em mente, [Shifa et al. 2016] propôs um esquema de criptografia parcial, separando a mídia em 5 camadas de percepção: movimento; fundo; movimento com fundo; padrão de reconhecimento; fundo e padrão de reconhecimento. Onde apenas estas camadas são criptografadas, assim garantindo a privacidade e a decodificação do vídeo.

## **4. Conclusão**

Este trabalho apresentou uma visão geral sobre IoMT, suas definições e desafios. Considerando a IoMT uma extensão da IoT, é elencada uma série de questões em aberto que precisam ser analisadas para a implementação da IoMT.

Em relação as técnicas de codificação de vídeo; dispositivos multimídia IoMT são esperados para ser de baixo custo e minúsculos, possuindo recursos de memória limitada, sendo assim, metodologias de aquisição de dados eficiente devem ser desenvolvidas, o que pode aliviar a carga sobre os recursos de memória. Convencionalmente, os dispositivos multimídia são considerados ignorantes e toda a inteligência é mantida nos centros de controle, no entanto, incorporar inteligência local de baixo nível em pequenos dispositivos multimídia pode permitir uma enorme aplicação em automação e operação robusta do



sistema. O poder de processamento dos dispositivos multimídia IoMT é limitado, o que torna inviável o funcionamento dos esquemas de codificação multimídia existentes nestes dispositivos. Conseqüentemente, são necessárias técnicas de codificação menos complexas computacionalmente, nesta matéria as técnicas de codificação com base em Amostragem Compressiva (CS) parecem uma tecnologia potencial. A maior compressão de dados brutos multimídia adquiridos precisa de recursos de processamento mais elevados, como resultado, a exigência de largura de banda de transmissão é relaxada e vice-versa. Portanto, há uma dependência inversamente proporcional entre o nível de compressão alcançado e a exigência de largura de banda. Uma questão interessante é minimizar a sobrecarga de processamento que é diretamente proporcional ao consumo de energia para um dado conjunto de requisitos de largura de banda e compressão. A detecção multimídia exige um alto processamento e uma aquisição contínua de dados, o que resulta em maior consumo de energia, uma vez que, os dispositivos IoMT são esperados para ser operados em baterias que não duram muito tempo devido à natureza exigente de dados multimídia. Assim, procedimentos de uso de energia eficiente precisam ser planejados para energizar sensores e prolongar a vida útil da rede.

Em relação a implementação da pilha de comunicação IoMT, um dos desafios mais críticos para a pilha de comunicação IoT para suportar a comunicação multimídia é a sua maior exigência de taxa de dados. IEEE 802.15.4 nunca foi concebido para lidar com o tráfego multimídia, portanto, tecnologia sem fio sem licença fornecendo maior taxa de dados como Wi-Fi deve ser adotado para IoMT. No entanto, a eficiência energética, juntamente com suporte QoS para Wi-Fi que é concebível para ZigBee é um desafio aberto. O protocolo de roteamento é altamente flexível e adaptativo. No entanto, as métricas de roteamento propostas para seleção de rotas são baseadas na qualidade do link, energia ou comprimento do caminho. Para o IoMT, devem ser consideradas novas métricas de roteamento, que permitam que a energia enriqueça o tráfego multimídia para limites e requisitos específicos de QoS. Em um sistema IoMT, o suporte de streaming multimídia de dispositivos de usuário final pode ser radicalmente diferente de um telefone inteligente com uma largura de banda celular limitada a um computador desktop com uma conexão de Internet de banda larga de alta velocidade. Portanto, protocolos de streaming em tempo real são necessários para inicializar sessões e recuperar o conteúdo multimídia dos servidores, considerando a capacidade de processamento e a largura de banda da Internet do dispositivo do usuário. No sistema IoMT, o vídeo multimídia adquirido precisa ser codificado usando codificadores de baixa complexidade para aliviar os custos de processamento e de consumo de energia dos dispositivos de detecção multimídia. Aí pode ser conseguida uma elevada compressão, mas a complexidade do decodificador no dispositivo final aumenta radicalmente. Por conseguinte, o compromisso entre a compressão e a complexidade no dispositivo de sensor e a complexidade do decodificador tem de ser investigado.

## Referências

- Aaron, A., Zhang, R., and Girod, B. (2002). Wyner-ziv coding of motion video. In *Signals, Systems and Computers, 2002. Conference Record of the Thirty-Sixth Asilomar Conference on*, volume 1, pages 240–244. IEEE.
- Aggarwal, C. C., Ashish, N., and Sheth, A. (2013). The internet of things: A survey from the data-centric perspective. In *Managing and mining sensor data*, pages 383–428.

Springer.

- Akyildiz, I. F., Melodia, T., and Chowdhury, K. R. (2007a). A survey on wireless multimedia sensor networks. *Computer networks*, 51(4):921–960.
- Akyildiz, I. F., Melodia, T., and Chowdhury, K. R. (2007b). Wireless multimedia sensor networks: A survey. *IEEE Wireless Communications*, 14(6).
- Alliance, Z. (2004). Zigbee document 053474r06. *Version*, 1:14.
- Alvi, S. A., Afzal, B., Shah, G. A., Atzori, L., and Mahmood, W. (2015). Internet of multimedia things: Vision and challenges. *Ad Hoc Networks*, 33:87–111.
- Atzori, L., Iera, A., and Morabito, G. (2010). The internet of things: A survey. *Computer networks*, 54(15):2787–2805.
- Bhushan, N., Lott, C., Black, P., Attar, R., Jou, Y.-C., Fan, M., Ghosh, D., and Au, J. (2006). Cdma2000 1/spl times/ev-do revision a: a physical layer and mac layer overview. *IEEE Communications Magazine*, 44(2):37–49.
- Crow, B. P., Widjaja, I., Kim, J. G., and Sakai, P. T. (1997). Ieee 802.11 wireless local area networks. *IEEE Communications magazine*, 35(9):116–126.
- Dufaux, F., Gao, W., Tubaro, S., and Vetro, A. (2010). Distributed video coding: trends and perspectives. *EURASIP Journal on Image and Video Processing*, 2009(1):508167.
- Grois, D., Marpe, D., Mulyoff, A., Itzhaky, B., and Hadar, O. (2013). Performance comparison of h. 265/mpeg-hevc, vp9, and h. 264/mpeg-avc encoders. In *Picture Coding Symposium (PCS), 2013*, pages 394–397. IEEE.
- Huitema, C. (2003). Real time control protocol (rtcp) attribute in session description protocol (sdp).
- Jacobson, V., Frederick, R., Casner, S., and Schulzrinne, H. (2003). Rtp: A transport protocol for real-time applications.
- Kohler, E., Handley, M., and Floyd, S. (2006). Datagram congestion control protocol (dccc). Technical report.
- Kushalnagar, N., Montenegro, G., and Schumacher, C. (2007). Ipv6 over low-power wireless personal area networks (6lowpans): overview, assumptions, problem statement, and goals. Technical report.
- Larmo, A., Lindström, M., Meyer, M., Pelletier, G., Torsner, J., and Wiemann, H. (2009). The lte link-layer design. *IEEE Communications magazine*, 47(4).
- Larzon, L.-A., Degermark, M., Pink, S., Jonsson, L.-E., and Fairhurst, G. (2004). The lightweight user datagram protocol (udp-lite). Technical report.
- Lee, T.-H., Xie, X.-S., and Chang, L.-H. (2014). Rssi-based ipv6 routing metrics for rpl in low-power and lossy networks. In *Systems, Man and Cybernetics (SMC), 2014 IEEE International Conference on*, pages 1714–1719. IEEE.
- Molisch, A. F., Balakrishnan, K., Chong, C.-C., Emami, S., Fort, A., Karedal, J., Kunisch, J., Schantz, H., Schuster, U., and Siwiak, K. (2004). Ieee 802.15. 4a channel model-final report. *IEEE P802*, 15(04):0662.

- Noury, N. and Hadidi, T. (2012). Computer simulation of the activity of the elderly person living independently in a health smart home. *Computer methods and programs in biomedicine*, 108(3):1216–1228.
- Pavkovic, B., Duda, A., Hwang, W.-J., and Theoleyre, F. (2014). Efficient topology construction for rpl over ieee 802.15. 4 in wireless sensor networks. *Ad Hoc Networks*, 15:25–38.
- Puri, R., Majumdar, A., and Ramchandran, K. (2007). Prism: A video coding paradigm with motion estimation at the decoder. *IEEE transactions on image processing*, 16(10):2436–2448.
- SANDVINE, I. (2014). Global internet phenomena report. 2014. URL: <https://www.sandvine.com/downloads/general/global-internet-phenomena/2014/1h-2014-global-internet-phenomena-report.pdf>.
- Sharabayko, M. (2013). Next generation video codecs: Hvc, vp9 and daala. *Traffic*, 2560(1600):30.
- Shelby, Z., Hartke, K., and Bormann, C. (2014). The constrained application protocol (coap).
- Shifa, A., Asghar, M. N., and Fleury, M. (2016). Multimedia security perspectives in iot. In *Innovative Computing Technology (INTECH), 2016 Sixth International Conference on*, pages 550–555. IEEE.
- Stankovi, V., Stankovi, L., and Cheng, S. (2009). Compressive image sampling with side information. In *Image Processing (ICIP), 2009 16th IEEE International Conference on*, pages 3037–3040. IEEE.
- Tozlu, S. (2011). Feasibility of wi-fi enabled sensors for internet of things. In *Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC), 2011 7th International*, pages 291–296. IEEE.
- Watteyne, T., Palattella, M., and Grieco, L. (2015). Using ieee 802.15. 4e time-slotted channel hopping (tsch) in the internet of things (iot): Problem statement. Technical report.
- Winter, T. (2012). Rpl: Ipv6 routing protocol for low-power and lossy networks.