

Uma Visão Geral do Padrão MPEG *Media Transport*

Vinícius F. dos Santos¹, Débora C. M. Saade¹

¹Instituto de Computação – Universidade Federal Fluminense (UFF)
Av. Gal. Milton Tavares de Souza,, s/n - São Domingos – Niterói – RJ – Brasil
vfigueiredo@id.uff.br, deboracms@id.uff.br

Abstract. *MPEG-2 TS has long been used globally in multiplexing compressed audio and video data in the digital broadcasting sector, including areas of DTV (Digital Television), IPTV (Internet Protocol Television) and DMB (Digital Multimedia Broadcasting). However, over time the standard has proved inadequate for the large-scale distribution of multimedia content in a synchronized manner. In this context, MPEG Media Transport (MMT) emerged, which will be covered in this work.*

Resumo. *Durante muito tempo o MPEG-2 TS é usado globalmente na multiplexação de dados de áudio e vídeo compactados no setor de transmissão digital, incluindo áreas de DTV (Televisão Digital), IPTV (Internet Protocol Television) e DMB (Digital Multimedia Broadcasting). Porém, com o passar do tempo o padrão se mostrou inadequado para a distribuição em larga escala de conteúdos multimídia de maneira sincronizada. Neste contexto, surgiu o MPEG Media Transport (MMT), que será abordado neste trabalho.*

1. Introdução

Autores como Park (2020) apontam limitações do MPEG-2 *Transport Stream* para a transmissão de sinal UHDTV (*Ultra-High-Definition Television*). O protocolo apresenta uma cabeçalho fixo de 188 bytes, que não se mostra mais eficiente diante da maior largura de banda demandada pelos novos padrões de qualidade de vídeo. Os fluxos de mídia em alta qualidade requerem pacotes de transmissão maiores e com cabeçalhos menores de maneira a otimizar o uso da rede. Outras limitações são apontadas em Lim (2014), com a ineficiência do protocolo IP em atender às necessidades das novas demandas das transmissões em *broadcast* da Televisão Digital, como, por exemplo, manter o sincronismo em tempo real do fluxo de dados multimídia, devido ao atraso que as estruturas dos arquivos multimídia inserem nos conteúdos, como o padrão ISO *Base Media File Format* - que pode ser verificado no ISO BMFF (2018).

Neste contexto, surgiu MPEG *Media Transport* (MMT), especificado na ISO/IEC 23008-1 (MPEG-H Parte 1), que se propõe a ser um padrão de protocolo digital desenvolvido pelo *Moving Picture Experts Group* (MPEG). Na sua primeira versão, foram consideradas técnicas como *Application Layer Forward Error Correction* (AL-FEC), modelos de buffer, mensagens de sinalização e modelos de dados. O MMT contém também o padrão ISO/IEC 23008-11 que define o *Composition Information* (CI). Conhecido como MMT-CI, esta tecnologia permite a apresentação espacial e temporal de componentes multimídia em múltiplas telas e dispositivos. O objetivo do padrão MMT é atender a necessidades de transmissão das redes de radiodifusão terrestres, satelitais e de banda larga comutadas em IP.

Este trabalho tem como objetivo apresentar a evolução do padrão MPEG Media Transport desde a sua criação com o ISO/IEC 23008-1:2014, até a sua última revisão de ISO/IEC 23008-1:2017 de integração com arquiteturas de rede CDN (*Content Delivery Network*). Além desta introdução, o restante do trabalho está estruturado da seguinte forma: Seção 2 apresentaremos os conceitos básicos do MMT com suas propriedades, estrutura de cabeçalho, descrição do protocolo MMTP; Seção 3 é apresentado o protocolo concorrente DASH que é muito utilizados atualmente; Seção 4 são descritos os últimos testes que vêm ocorrendo com o padrão; Seção 5 será mostrada em quais países e empresas o protocolo já está em uso; Seção 6 são apresentação as considerações finais sobre o novo o padrão.

2. Conceitos Básicos

Apesar do padrão MPEG-TS ser amplamente utilizado, ele não foi otimizado para ser executado na arquitetura de rede IP atual. Um dos problemas apontados por Lim (2014) é a falta de suporte a propagandas ou seleção de áudios de linguagens para usuários específicos. Desta forma, o padrão MMT foi desenvolvido para funcionar com as tecnologias amplamente utilizadas como o IP e o HTML5. A ideia principal é que o padrão possa:

- Entregar qualquer tipo de conteúdo de diversos codificadores;

- Oferecer melhoria quanto a sincronização dos conteúdos pela Internet, por mais que o protocolo TCP/IP não possa garantir esta funcionalidade;

- Multiplexar vários *streamings* de diferentes meios de transmissão, como redes cabeadas e rede sem fio, mantendo o sincronismo e compromisso de transmissões em tempo real;

- Simplificar a pilha de transmissão, com fácil conversão entre o arquivo armazenado e o formato de transmissão;

- Utilizar HTML5 para apresentação do conteúdo;

- Oferecer avançada *Quality of Experience* (QoE) e *Quality of Service* (QoS);

- Utilizar a arquitetura *Content Delivery Network Interface* (CDNI) para entrega de conteúdos de forma a evitar gargalos na rede, conforme é citado no trabalho de Lim (2014) e na última versão do padrão ISO/IEC 23008-1:2017/DAmD 3 (2017).

Para alcançar os objetivos que a tecnologia MMT propõe, foi desenvolvido o protocolo chamado de MMT *Protocol* (MMTP). A sua estrutura possibilita a transmissão de eficiente de mídias temporizadas e não-temporizadas que podem ser entregues através dos protocolos UDP e IP, conforme mencionados no trabalho de Diniz e Akamine (2019). A Figura 1 detalha a pilha de protocolos.

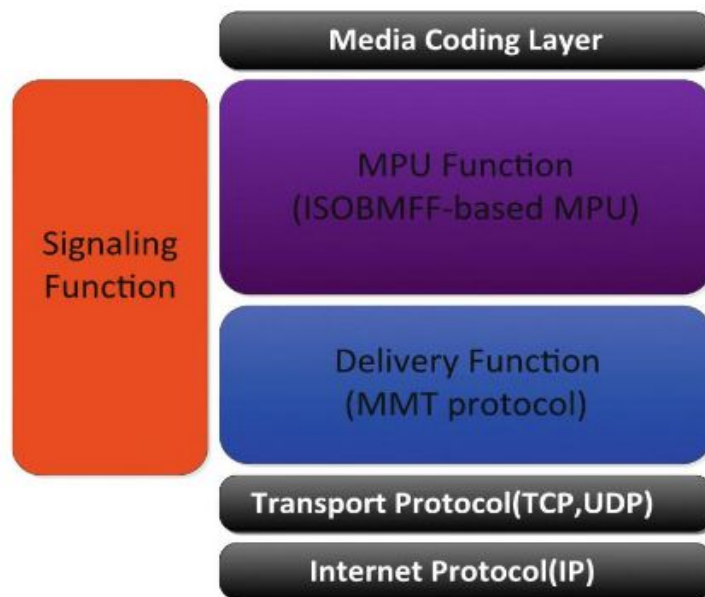


Figura 1. Pilha de protocolo MPU/MMT/UDP/IP [Jung 2015]

2.1. Propriedades do MMT

A primeira versão do MMT foi publicada em junho de 2014 e revisada em agosto de 2017. Ele define de forma genérica a camada de protocolo MMTP, ISO/IEC 23008-1:2017. A Figura 2 detalha as ligações entre os componentes *Composition Information* (CI) e *Asset Delivery Characteristics* (ADC) para entrega dos pacotes MMT.

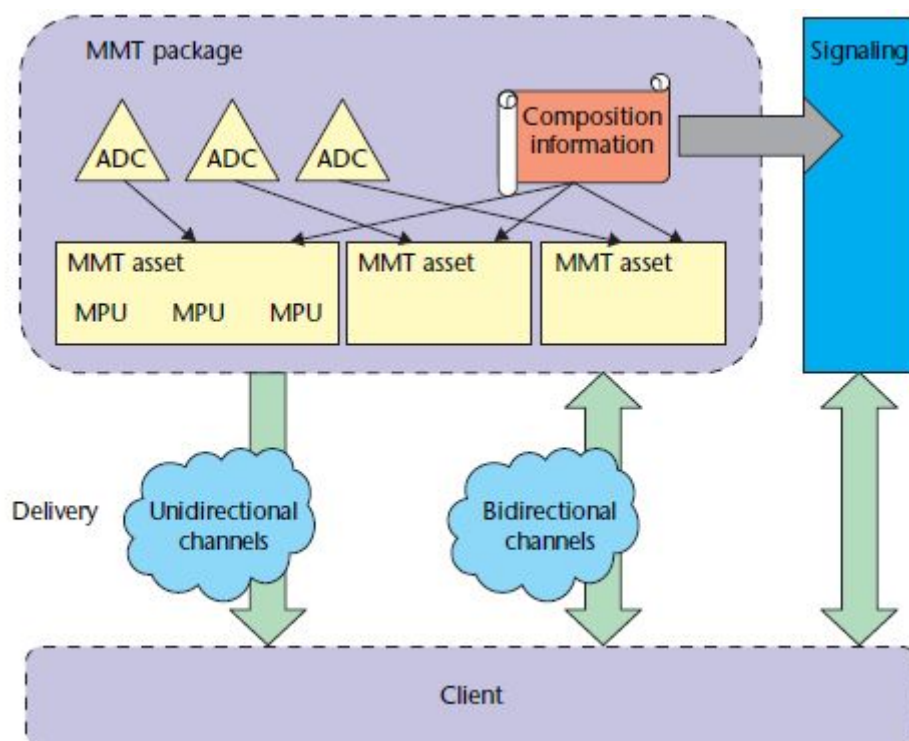


Figura 2. Estrutura lógica do pacote MMT [Lim 2013]

MMT *Asset* define a estrutura lógica que transporta os dados codificados de mídia. Eles podem ser fragmentados em segmentos definidos como unidades de processamento de mídias (MPU, *Media Processing Units*) que possuem o identificador (ID) e o seu número de sequência dentro do MMT *Asset*. Dentro do MPU, os IDs são únicos para permitir a localização dos ADCs sem ter o conhecimento da sua localização física, o que permite a utilização de uma arquitetura de rede baseada em conteúdos, com a utilização de arquiteturas CDN ou CCN. Cada MPU já contém dados de mídia codificados e metadados necessários para a sua decodificação, assim como uma ou mais unidades de acesso (AU, *Access Units*) de diferentes tipos de mídias.

Conforme as características das camadas de transmissão, a MPU poderá ser fragmentada em MFUs (*Media Fragment Units*), de modo a adequar o tamanho da MTU (*Maximum Transmission Unit*) ou à taxa de transmissão da rede. Em Lim (2013), a MFU é descrita como pequenos fragmentos de mídia autocontidos, o que se assemelha ao NAL (*Network Abstraction Layer*) do padrão H.264/AVC. A MPU provê informações de prioridades e dependências entre as MFU que podem ser utilizadas pelas camadas inferiores da pilha de protocolos, o que possibilita a utilização de técnicas de QoS. O cabeçalho MPU (*MPU header*) contém as informações quanto a ordenação das MFUs.

A Figura 3 mostra a semelhança da estrutura que o MPU e o MFU possuem quando armazenados em arquivos ou em pacotes de transmissão. O padrão MMT se baseia no padrão ISO *Base Media File Format* para formação dos pacotes, também conhecido como ISOBMFF especificado na norma ISO/IEC 14496-12.

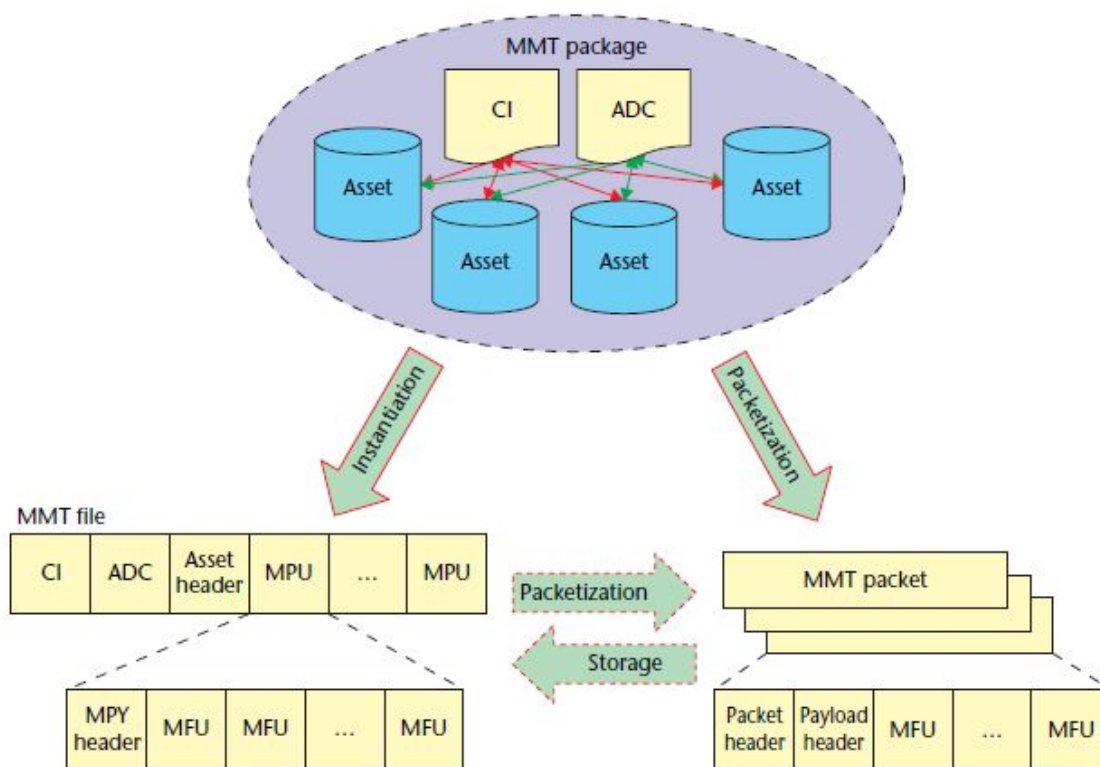


Figura 3. Estrutura do pacote e do arquivo MMT [Lim 2013]

O padrão MMT permite não somente a fragmentação, mas também a agregação de múltiplos MPUs, que podem ser transmitidos pelos protocolos *Real-Time Transfer Protocol* (RTP) ou pelo MMTP. Porém quando comparados MMTP e RTP, o MMTP apresenta funcionalidades extras de sincronismo, de multiplexação de conteúdo e de gerenciamento de *buffer*.

2.2. Cabeçalhos MMT

Um novo tipo de box ISOBMFF foi especificado pelo padrão MMT de modo a oferecer multiplexação de mídias, agregação e fragmentação de arquivos MPU. A Figura 4 mostram os seguintes campos:

- “*ic*”, indica se a MPU está completa;
- “*iap*”, indica a presença de ADC;
- “*mpu_sequence_number*”, número de sequência da MPU;
- “*asset_id_scheme*”, tipo de identificação;
- “*asset_id_value*”, identificação;
- “*asset_id_length*”, tamanho do box.

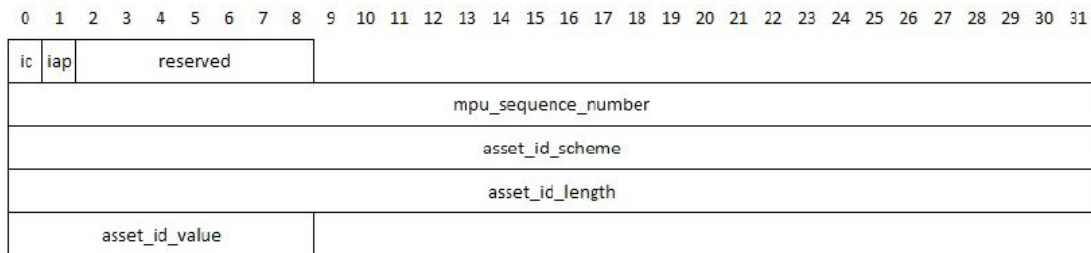


Figura 4. Padrão ISOBMFF para pacotes MMTP [Diniz 2019]

A Figura 5 mostra o encapsulamento da MPU (identificado pelo campo “*mmpu*”), detalhado abaixo:

“*moov*” e “*moof*”, que mapeiam as MPUs para o formato ISOBMFF para mídias temporizadas;

“*moov*” e “*meta*”, que mapeiam as MPUs para o formato ISOBMFF para mídias não-temporizadas;

“*MMT hint trak*”, que provê informações de empacotamento da MPU, como prioridade, sequência, interdependências e posição das MFU;

“*mdat*”, dados de mídia.

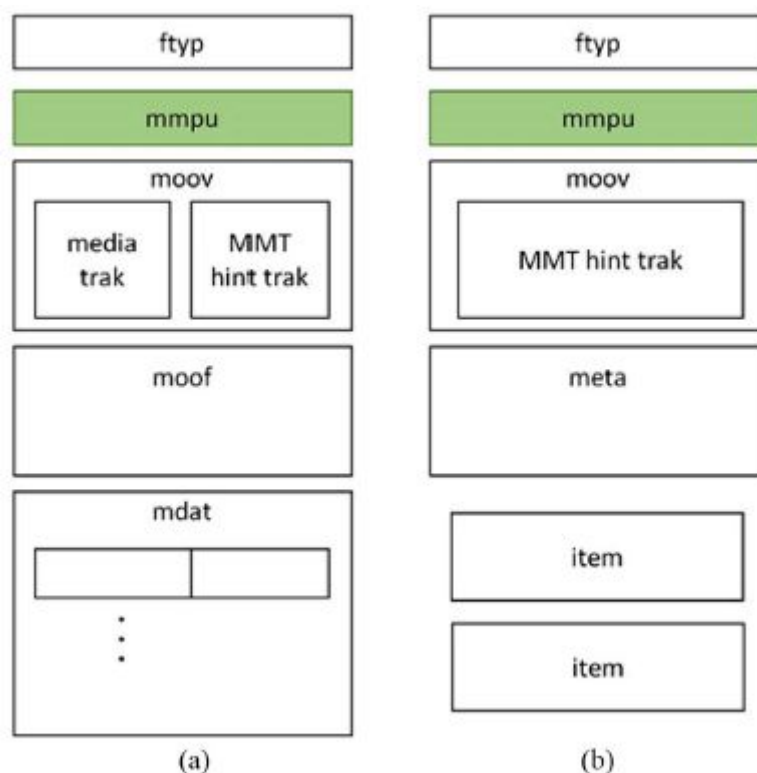


Figura 5. Estrutura do pacote MPU (a) mídia temporizada e (b) mídia não-temporizada [Diniz 2019]

O cabeçalho do *payload* do MMT possibilita o transporte de outros protocolos de entrega de mídia através do campo DU (*Data Unit*), que é o responsável por representar os elementos de mídia com a agregação ou fragmentação dos elementos de mesma *Asset ID*, conforme detalhado no trabalho de Diniz (2019). Desta forma, o cabeçalho suporta o transporte e três tipos de dados de mídia: MPU (ilustrado na Figura 6), arquivo genérico (ilustrado na Figura 9) e mensagens de sinalização (ilustrado na Figura 10).

O cabeçalho DU, “*DU_header*” da Figura 6, apresenta duas estruturas para MFU com mídia temporizada (ilustrado na Figura 7) e não-temporizada (ilustrado na Figura 8):

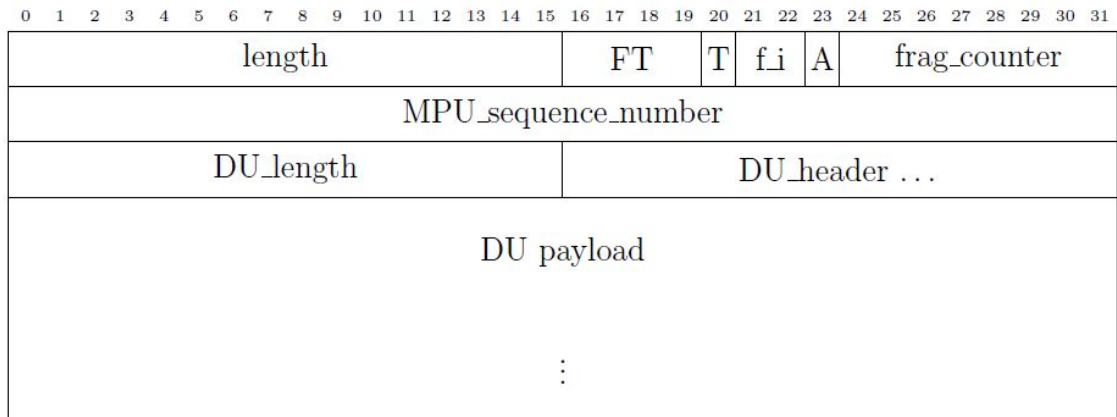


Figura 6. Cabeçalho do payload MMT para MPU [Lim 2014]

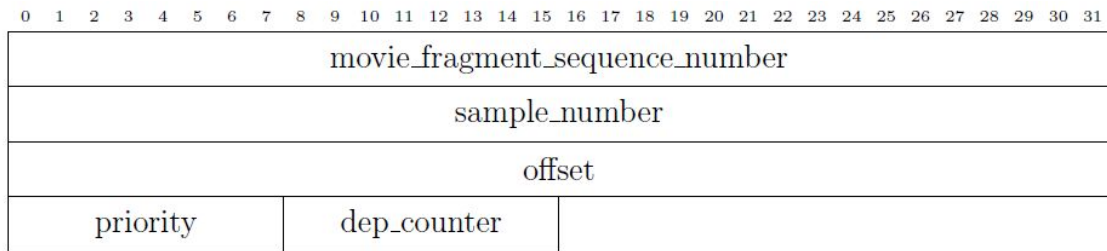


Figura 7. DU para mídia temporizada [Diniz 2019]

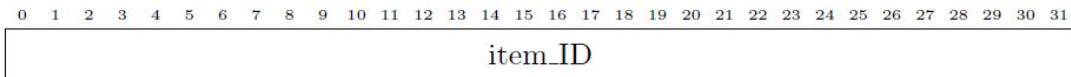


Figura 8. DU para mídia não-temporizada [Diniz 2019]

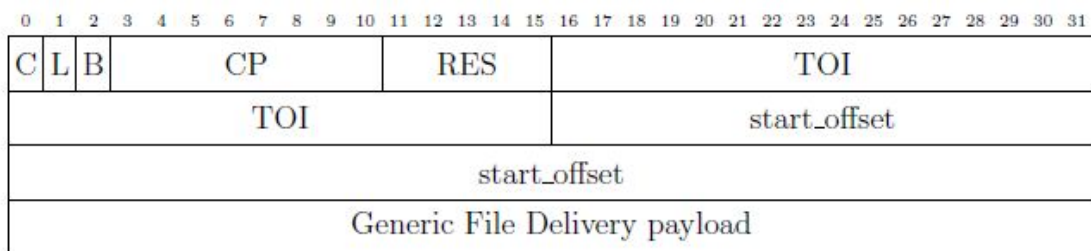


Figura 9. Cabeçalho do payload MMT para arquivo genérico [Diniz 2019]

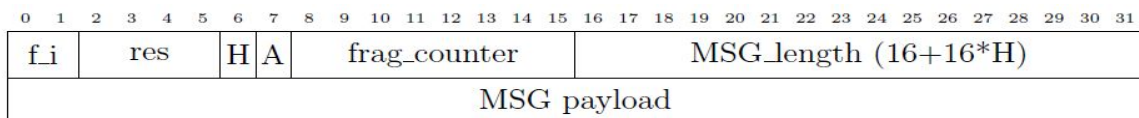


Figura 10. Cabeçalho do payload MMT para sinalização [Diniz 2019]

2.3. Protocolo MMT

Basicamente o formato do pacote do protocolo MMT é composto por cabeçalho, dados de *payload*, AL-FEC. A Figura 11 e Figura 12 mostram o pacote do protocolo MMT em duas versões:

V = 0, compatibilidade com a norma ISO/IEC 23008-1 (2017);

V = 1, versão com suporte a QoS.

Abaixo são detalhados os principais campos das duas versões:

O primeiro campo V se refere ao número da versão do MMTP;

O campo “C” se refere ao uso do campo “*packet_counter*”;

O campo R indica o uso de ponto de acesso aleatório;

Campo “*packet_id*” identificador único MPU;

“*packet_counter*”, sequência dos pacotes MPU;

“*packet_sequence_number*”, sequência do pacote MPU identificado no campo “*packet_id*”;

“*time_stamp*”, referência de tempo baseada em Universal Time (UTC);

Na versão 1 (Figura 12) podemos notar os campos próprios para prover o QoS:

Campo TB, “*type_of_bitrate*”, valor da taxa de transmissão;

Campo DS, “*data_sensitivity*”, tolerância de atraso;

Campo TP, “*transmission_priority*”, prioridade do pacote transmitido;

“*flow_label*”, rótulos para classificação do fluxo de mídia.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
V=0	C	FEC	r	X	R	RES	type								packet_id																
timestamp																															
packet_sequence_number																															
packet_counter																															
header_extension																															
payload data																															
source_FEC_payload_ID																															

Figura 11. Estrutura do pacote do protocolo MMT V=0 [Lim 2014]

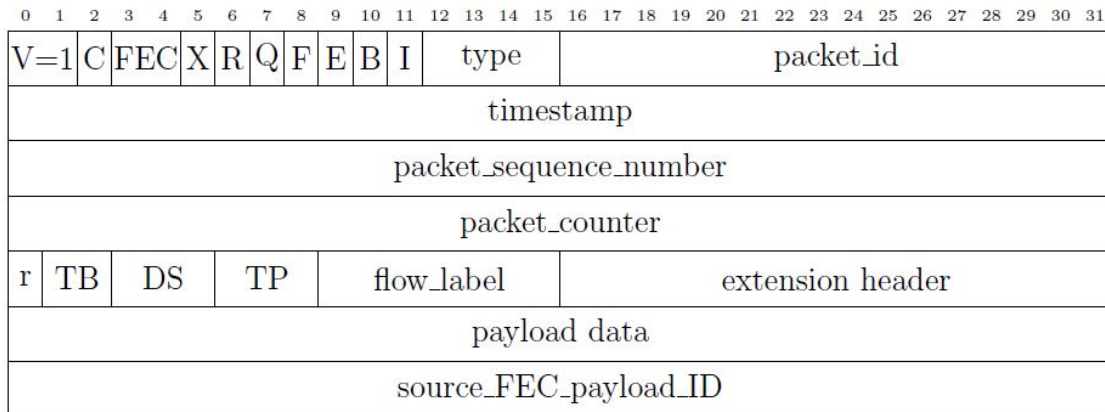


Figura 12. Estrutura do pacote do protocolo MMT V=1 [Lim 2013]

Maiores de informações quanto aos campos dos cabeçalhos são exaustivamente detalhados no trabalho de Diniz (2019).

2.4. Sinalização

A parte de sinalização do MMTP, mostrada na Figura 2, provê uma comunicação bidirecional de informações. As mensagens de sinalização são distribuídas em dois grupos principais:

- Mensagens de sinalização para consumo;
- Mensagens de sinalização para entrega.

As mensagens de sinalização do MMTP para o consumo das mídias são:

- Mensagens de acesso à MPU;
- Mensagens de configuração da apresentação de mídia;
- Mensagem com tabelas de controle de MPU enviadas;
- Informações quanto a correções de sincronismo;
- Informações das capacidades dos dispositivos;
- Requisições de segurança;
- Mensagens de informação de licença (aceitação ou revogação).

As mensagens de sinalização de entrega para controlar o consumo das mídias no receptor são:

- Measurement Configuration Message* (MCM), que contém medidas das condições de entrega;
- Application Layer – Forward Error Correction* (AL-FEC), para correção dos dados transmitidos;
- Automatic Repeat-Request* (ARQ), mensagens automáticas de confirmação de

pacotes recebidos de configura ou dados de mídia;

NAMF (*Network Aware Media Feedback*), mensagem de retorno das mídias compatíveis com o serviço da rede;

RQF (*Reception Quality Feedback*), mensagem de qualidade da recepção;

ADC (*Asset Delivery Characteristic*), mensagem de configuração dos recursos;

Hypothetical-Reference Buffer Model (HRBM), mostra os parâmetros de buffer do receptor.

O *buffer* HRBM é utilizado para garantir atraso fim-a-fim constante, limite de ocupação de memória e controle de erros dos pacotes que utilizaram FEC.

3. Protocolos Concorrentes

Recentemente têm ocorrido muitos debates quanto a novas tecnologias que definirão o que será o padrão 5G, conforme Park (2020) e Simon (2020). A Figura 13 mostra os diversos protocolos concorrentes do MMT. O ROUTE é proveniente do padrão norte-americano ATSC 3.0 que vem sendo desenvolvido. O padrão DASH é largamente utilizado hoje em dia e será detalhado na seção seguinte. O padrão MMT tem como grande vantagem o seu desenvolvimento sobre o protocolo IP e HTML5, apontado no trabalho de Lim (2014) e Park (2020), o que permite a utilização de diversos protocolos já suportados na Internet e o torna um concorrente do padrão MPEG-DASH, ISO/IEC 23009-1 (2019).

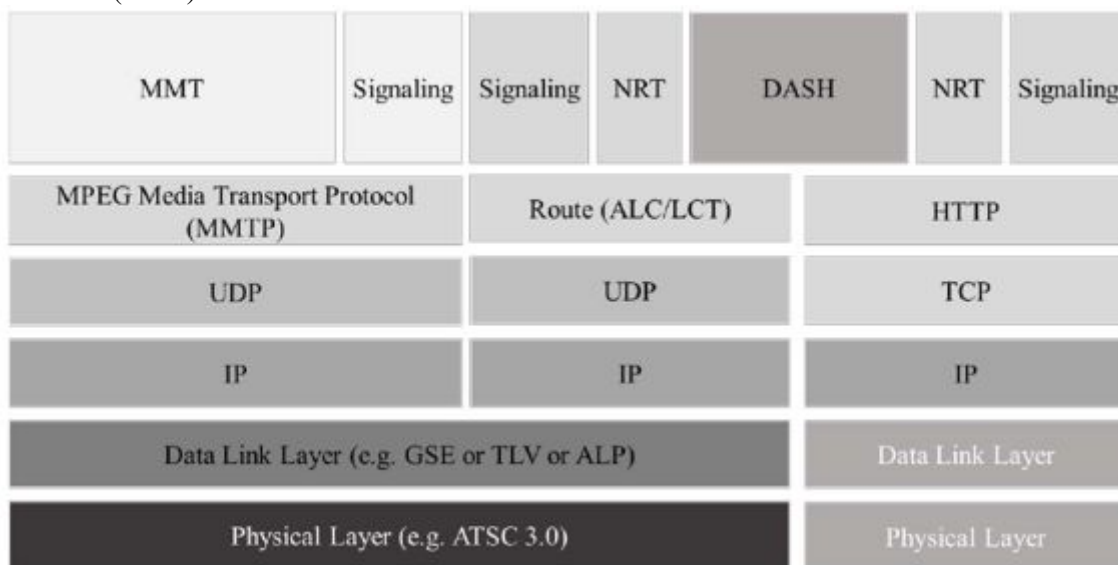


Figura 13. Novos Protocolos Multimídia [Parker 2016]

Hoje em dia, graças ao largo emprego da arquitetura CDNI (*Content Distribution Networks Interconnection*), os conteúdos multimídia passaram a ser transmitidos na Internet de maneira eficiente e barata para os clientes finais. Esta

arquitetura possibilitou resolver os problemas de gargalos nos principais servidores de mídia com a distribuição dos conteúdos, antes centrados em um servidor, em diversos servidores que replicam os conteúdos para os provedores de serviço de internet (ISP – *Internet Server Provider*).

Outra evolução foram as aplicações *Peer-to-Peer* (P2P) que possibilitaram a entrega dos conteúdos sem o conceito cliente-servidor. Os conteúdos de mídia podem ser distribuídos entre os diversos servidores CDN, mesmo que o servidor original esteja fora da rede. Cada servidor CDN pode ainda enviar partes do conteúdo de mídia de maneira distribuída de forma a não saturar a sua rede local, o que no final reduz custo e garante um serviço continuado.

Em protocolos que utilizam acesso sem fio o cuidado com a transmissão multimídia precisa ser ainda maior, por apresentarem altas taxas de perdas de pacotes devido às características do meio de propagação. Por este motivo, os provedores de Internet móvel vêm utilizando em larga escala o que se chama de Telco CDN (Telecomunicações CDN). Esta abordagem permite que o conteúdo de mídia fique totalmente disponível no provedor de Internet, que deverá apenas verificar qual será o melhor canal físico que garantirá a transmissão do conteúdo com a taxa de transmissão adequada.

Outras otimizações ocorrem com a utilização do conceito de *Responsive Web Design* (RWD) que busca a otimização de imagens dependendo do tipo de dispositivo que acessa o conteúdo multimídia. O objetivo é a utilização de um conjunto de técnicas conhecidas como *Device Detection* que tem por finalidade detectar as propriedades dos navegadores web dos clientes. A técnica utiliza informações coletadas dos *User-Agent Strings*, *HTTP Accept headers*, *Client-Hints* ou JavaScript, todos fornecidos pelo navegador web.

No contexto da arquitetura CDN, surgiu o *HTTP Adaptive Streaming* (HAS), descrito no memorando RFC 6983 (2013). O termo se refere a várias tecnologias baseadas em fluxos multimídia HTTP que permitem ao usuário adaptar dinamicamente a qualidade do conteúdo multimídia entre as múltiplas taxas de transmissão dependendo das condições da rede. Os servidores CDN não apresentam os mesmos suportes aos protocolos de fluxo de dados multimídia, como *Real-time Transport Protocol/Real Time Streaming Protocol* (RTP/RTSP), *Real Time Messaging Protocol* (RTMP) e *Multimedia Messaging Service* (MMS), que o HAS possui. A arquitetura CDN apresenta suporte apenas para as técnicas baseadas em HTTP, já os protocolos de *streaming* de mídias funcionam muito bem em redes homogêneas gerenciadas no protocolo IP, conforme apontado no trabalho de Menezes (2019).

O HAS prevaleceu como protocolo de mídia devido ao aumento de banda da Internet que possibilitou que grandes fluxos de dados multimídia fossem transmitidos em HTTP, conhecidos como segmentos ou *chunks*. Desta forma, a técnica não depende da tecnologia da rede utilizada, mas apenas de servidores CDN distribuídos na rede onde o fluxo de dados multimídia é exclusivamente gerenciado entre o cliente e o servidor na camada superior da arquitetura TCP/IP.

Aproveitando a arquitetura de redes TCP/IP, em 2019, a ISO lançou o padrão MPEG-DASH (ISO/IEC23009-1), publicado em 2012 com diversas atualizações desde

então. A sua vantagem é a utilizar o protocolo HTTP via TCP, o que facilita muito sua implementação em redes heterogêneas e por não precisar de outros protocolos IETF, como RTP, RTSP ou FLUTE. Apresenta como desvantagem, não ser suportado nativamente pelo HTML5, sendo necessário habilitar uma extensão (MSE — *Media Source Extension*). Atualmente o JavaScript é a solução mais utilizada para realizar a integração do HTML com mídias.

4. Testes com MMT

Embora o padrão tenha sido atualizado em 2014 e em 2017, pode-se verificar poucos testes documentados na literatura com o uso do MMT. Alguns deles se referem apenas a sua implementação em conjunto com HTML5, como discutido em Song (2020) e ilustrado na Figura 15. Esse trabalho utiliza o método MMT-CI (MMT - Composition Information) encapsulado em HTML5 para configurar conteúdo de vídeo, ilustrado na Figura 14.

```
<mmtci:CI>
  <mmtci:view id="View2" style="position:absolute; width:2560px; height:1440px">
    <mmtci:divLocation id="divL1" style="top:0px;left:0px;width:1181.1635112858003px;
    height:748.3406225881142px" begin="145.326415s"></mmtci:divLocation>
    <mmtci:divLocation id="divL2" style="top:707.7128589689993px;left:0px;width:
    1181.1635112858003px;height:732.2883457679444px" begin="149.5s">
    </mmtci:divLocation>
    <mmtci:divLocation id="divL3" style="top:0px;left:1162.2989729808753px;width:
    682.1660464458434px;height:1440px" begin="145.297721s"></mmtci:divLocation>
    <mmtci:divLocation id="divL4" style="top:0px;left:1840.7631197206454px;width:
    719.2348642150215px;height:684.5575508103935px" begin="undefineds">
    </mmtci:divLocation>
    <mmtci:divLocation id="divL5" style="top:666.7763928137864px;left:
    1837.7711509959388px;width:722.2288490040612px;height:770.5685618729098px" begin=
    "undefineds"></mmtci:divLocation>
  </mmtci:view>
</mmtci:CI>
```

Figura 14. Documento XML gerado com MMT-CI [Song 2020].

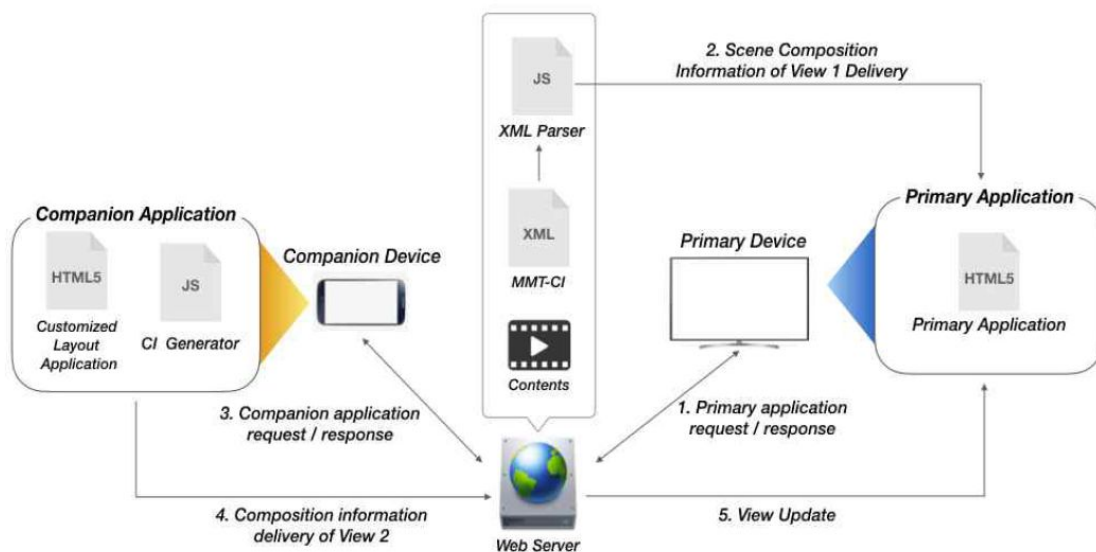


Figura 15. Diagrama sequencial utilizando MMT-CI [Song 2020].

No trabalho de Park (2020), é analisada a sobrecarga nos cabeçalhos de dois protocolos, o MMT e o MPEG-2 TS. O MPEG-2 TS é constituído de pacotes fixos de 188 bytes, o que permite uma taxa de transmissão constante devido a inclusão de dados nulos nos pacotes. Já o MMT usa o ISO/BMFF, que na sua estrutura original, gera um fluxo variável de transmissão. Estas características tornam difícil avaliar em quais momentos qual é o protocolo mais eficiente. Apesar desta limitação, os dados coletados no experimento mostram uma pequena vantagem do MMT, apesar de o autor apontar vulnerabilidades nos resultados.

Os testes feitos por Nagata (2020) mostram que o FEC do MMT é eficiente com 99,9% dos pacotes com *jitter* de 30 microssegundos e baixa taxa de erro. Porém, os seus testes foram executados em rede de fibra óptica (FTTH) com vasta capacidade de transmissão de dados. O autor aponta que as características de baixo atraso permitem a realização de serviços sincronizados de broadcast e broadband IP, conhecidos como IBB (*Integrated Broadcast-Broadband*), descrito no relatório BT.2267-10 (07/2019) da ITU-R BT.

Em Diniz (2019), é apresentada uma alteração do código do Wireshark (*Open Source*) para analisar o protocolo MMT. O software é utilizado junto ao equipamento ATSC3pro da empresa BitRouter, conforme a Figura 16, para analisar o fluxo de dados gerados. O problema deste *setup* de teste é a utilização do padrão MMT dentro do padrão ATSC 3.0 que utiliza o protocolo ROUTE/DASH. Infelizmente o teste não adquire métricas que permitam comparar o padrão com o MPEG2 TS ou com o MPEG-DASH.

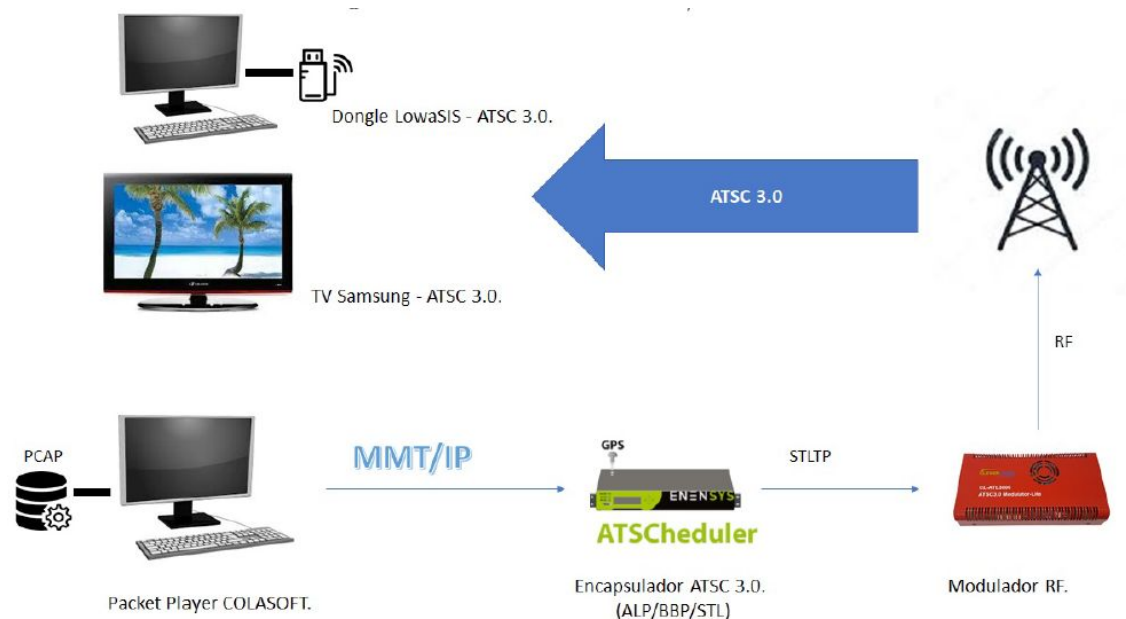


Figura 16. Diagrama do teste [Diniz 2019].

5. Fase Atual de Desenvolvimento do MMT

Com a última atualização em 2017, a norma ainda está na sua fase inicial de implementação sem muitos equipamentos disponíveis no mercado. Pequenas empresas como BitRouter que oferece, conforme o seu site oficial, o ATSC3pro (2020), e a CleverLogic, que oferece conforme o site oficial, o CL-ATL3000 (2020) já entregam equipamentos set-top Box com o protocolo na sua fase preliminar.

O padrão já foi aceito pelo comitê americano *Advanced Television Systems Committee* (ATSC) no *ATSC 3.0 Standard* como um novo protocolo para o novo padrão de TV Digital (Next Gen TV) a ser adotado pelos seus países-membros (EUA, Canadá, México, Coreia do Sul e Honduras). O uso do MMT poderá ser expandido a partir de propostas de utilizar de canais de Telefonia Móvel 5G pelo padrão ATSC3.0 foram propostos no trabalho de Simon (2020).

Na Coreia do Sul, os testes com o MMT do ATSC 3.0 foram iniciados em 31 de Maio de 2017 na área metropolitana de Seul, conforme site oficial ATSC News (2020). Diversas publicações foram feitas nesse país com as implementações do novo padrão, como por exemplo os trabalhos de Park (2016), (Yim 2016) e (Song 2020). Está prevista para 2021 a transmissão de sinal 4K em todos o país com o ATSC 3.0.

O Japão definiu o seu sistema SHV (Super High Vision) como padrão *Integrated Services Digital Broadcasting for Satellite, 3rd generation* (ISDB-S3) com capacidade de entregar de conteúdos em 4K, 8K, HDR, HFR e áudio 22.2 no sistema Broadcast Satelital, conforme mostrado no trabalho de Nagata (2020). O padrão MMT foi incluído pela recomendação ITU-R BO.2098. Testes atuais com o MMT em enlaces terrestres vêm ocorrendo conforme Nagata (2020).

Há referência em Diniz (2019) da implementação do MMT no padrão DVB-D2 europeu.

6. Conclusão

A maior vantagem do MMT é sua implementação nativa com o MMT-CI em HTML5. Porém a RFC 3555 já define uma série de nomes MIME, suportados pelo protocolo RTP que define o “*video/MP2T*” para transmissão do MPEG-2 TS. Além desta consideração, não foi encontrado nenhum teste que comprove a vantagem em adotar o protocolo do padrão MMT que justifique o seu custo de implementação ou migração dos equipamentos já instalados no sistema de TV Digital. Outra desvantagem é a concorrência do MMT com o crescente uso das aplicações que utilizam o padrão MPEG-DASH já estabelecido.

7. Referências

- ISO/IEC FDIS 14496-12 (2018), “Information technology — Coding of audio-visual objects — Part 12: ISO base media file format”. Site: <https://www.iso.org/standard/74428.html>, acessado Julho 2020.
- Lim, Y., Park, K., Lee, J. Y., Aoki, S. e Fernando, G. (2013), “MMT: An Emerging MPEG Standard for Multimedia Delivery over the Internet”, IEEE Computer Society 2013.
- Lim, Y., Aoki, S., Bouazizi, I. e Song, J. (2014), “New MPEG Transport Standard for Next Generation Hybrid Broadcasting System with IP”, IEEE Transaction on Broadcasting, Vol. 60, No. 2, 2014.
- Diniz e Akamine (2019), “Development of MMT Analyzer for ATSC 3.0”, IEEE International Symposium on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting (BMSB) 2019.
- Diniz, celso (2019), “Análise do Padrão MMT para Transporte de Serviços de TV Digital”, Dissertação Mestrado em Engenharia Elétrica e Computação – Universidade Presbiteriana Mackenzie - São Paulo, 2019.
- Menezes, A. C., Macedo, W., (2019) <https://www.gta.ufrj.br/ensino/eel879/vf/mpeg-dash/>, acessado em Maio 2020.
- RFC 6983 (2013), Models for HTTP-Adaptive-Streaming-Aware Content Distribution Network Interconnection (CDNI). Site: <https://tools.ietf.org/html/rfc6983>, acessado em Maio 2020.
- ATSC3pro. Site: <https://bitrouter.com/products/atsc3pro/>, acessado em Junho 2020.
- CL-ATL3000. Site: http://www.cleverlogic.co.kr/atsc_01.html, acessado em Junho 2020.
- ATSC News. Site: <https://www.atsc.org/news/going-global-atsc-3-0-4k-broadcasting-launched-korea/>,

acessado em Junho 2020.

- Park, M. e Kim, Y. H. (2020), “A Development of MPEG-2 TS-to-MMTP Stream Converter”, JBE Vol. 25, No. 2, March 2020.
- Nagata, H., Kawamura, Y., Yamakami, Y. e Imamura, K. (2020), “UHDTV IP multicast distribution experiments using MPEG-H MMT”, IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCS) 2020.
- Simon, M., Kofi, E., Libin, L. e Aitken, M. (2020), “ATSC 3.0 Broadcast 5G Unicast Heterogeneous Network Converged Services Starting Release 16”, IEEE Transactions on Broadcasting (Early Access).
- Song, M., Park, M., Yoo, S. e Park, S. (2019), “Flexible Scene Composition Method for Companion Screen Service based MMT-CI”, Eleventh International Conference on Ubiquitous and Future Networks (ICUFN) 2019.
- Xu, Y., Xie, S., Chen, H. e Sun, J. (2016), “DASH and MMT and Their Applications in ATSC 3.0”, ZTE Communications, February 2016 Vol.14 No.1.
- RFC 3555 (2003), MIME Type Registration of RTP Payload Formats. Site: <https://tools.ietf.org/html/rfc3555>, acessado em Junho 2020.
- ITU-R BT (2019), “Integrated broadcast-broadband systems”, BT.2267-10 (07/2019). Site: <https://www.itu.int/pub/R-REP-BT.2267>, acessado em Julho 2020.