

Tactile Internet

Gonçalo Almeida, Emanuel Rodrigues, and Lazaro Pinheiro

University of Minho, Department of Informatics, 4710-057 Braga, Portugal
a84610,a84776,a86788}@alunos.uminho.pt

Abstract. O presente ensaio escrito tem como objetivo a compilação de propostas e desafios avançados na literatura acerca da *tactile internet*. Assim, baseado na leitura de três artigos de referência procurou-se contextualizar o tema emergente, que vem redefinir as economias globais, permitindo a informatização/conexão do planeta e o controlo de objetos reais e virtuais. Para uma melhor compreensão do assunto procurou-se seguir uma ordem lógica, apresentando primeiramente a contextualização do tema, os desafios e propostas relevantes e, por último, aplicação e projetos recentes. Assim sendo, são apresentadas as vantagens da *tactile internet*, das suas divergências e convergências da IoT e 5G e a sua aplicação no dia a dia do homem na interação diária *human-to-machine*.

1 Introdução

O presente estudo procura melhor compreender a noção da *tactile internet* e das suas implicações no dia a dia do homem e da máquina. Esta terminologia, cunhada por Fettweis no início de 2014, manifesta-se com forte potencial de gerar novas oportunidades e aplicativos que remodelam a vida e a economia [1]. Com recurso à mesma, na futura “era de ouro” será possível ao homem a realização de tarefas comuns do seu quotidiano por robôs [2]. Esta visão torna-se colossal quando podemos imaginar a possibilidade de um médico, num diferente ponto do mundo, poder realizar uma cirurgia remotamente a um paciente que se encontra distante deste, via *tactile internet*. Muito se houve falar que as tecnologias vieram tirar a mão de obra ao humano, substituindo-o por máquinas. Todavia, a *tactile internet* vem ampliar as diferenças entre o homem e a máquina, desenvolvendo áreas onde as máquinas são fortes e os seres humanos são fracos, complementando-os em vez de os substituir [3].

2 Tactile Internet

2.1 Contextualization

Através deste novo conceito, começamos a assistir a uma conspeo revolucionária que conjuga a visão, a audição, o olfato, o gosto e o toque permitindo que o homem e a máquina reajam a estímulos (IEEE Digital Senses Initiative - DSI) [1]. Nos dias de hoje é fulcral a comparação entre a *Tactile Internet*,

Internet of Things (IoT) e 5G. O 5 G mantm o paradigma tradicional de comunicações *human-to-human* para serviços convencionais de reprodução tripla (udio, vídeo e dados). O IoT permite comunicações *machine-to-machine* (sensores e atuadores). Todavia, a *tactile internet* permite a comunicação hptica: o transporte do toque em tempo real através de dois tipos de feedback distintos: cinestésico (informação de força, posição, velocidade, entre outros) e tátil (informação de textura, fricção, entre outros). A *tactile internet* realiza interações *human-to-machine* construindo sistemas interativos em tempo real, com alta disponibilidade, evidenciando tempos de reação ultrarrápidos e confiabilidade da operadora da *tactile internet* [4, 1], permitindo interações táteis e hápticas. Embora as diferenças entre a IoT, 5G e tactile internet, parecem convergir na latência baixa (1ms), confiabilidade extremamente alta (99,999%), integração de tecnologias centradas em dados com um foco particular no WIFI, coexistência de comunicação *human-to-machine* ou *machine-to-machine* [1].

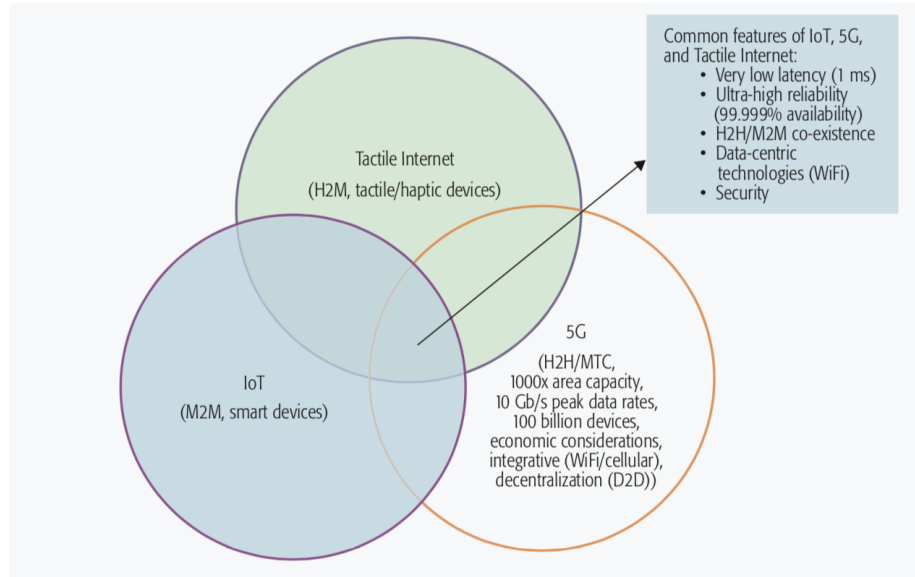


Fig. 1. *The Tactile Internet: the three lenses of IoT, 5G, and the Tactile Internet: Commonalities and differences* (Fonte: [1], p. 139)

2.2 Challenges and relevant proposals

A realidade virtual (VR) ainda está longe de ter a qualidade para a imersão proporcionada pela *tactile internet*, apesar de existirem esforços para melhorar as infraestruturas de redes através do 5G [2]. A interação homem-máquina propõe *delays* entre 1 e 5 ms. Para se alcançar este desafio,  proposta  *tactile internet*

uma nova arquitetura, definindo três domínios: *master*, *slave* e *a network*. O *master domain* consiste no utilizador e na interface do sistema humano. Esta interface é, na verdade, um dispositivo háptico (robô mestre) que converte o input humano em *input* háptico através de algoritmos, permitindo que o utilizador sintá toque, manipule objetos em ambientes reais e virtuais e controle a operação do *slave domain*. O domínio da rede fornece o meio para a comunicação bilateral entre o *master domain* e o *slave domain*, permitindo que o utilizador fique completamente imerso no ambiente remoto. Por fim, o *slave domain* consiste num teleoperador (robô), diretamente controlado pelo *master domain*, que interage com objetos no ambiente remoto [4, 2]. Para uma total imersão do utilizador é necessário sincronizar o feedback visual, áudio e háptico. O problema é que estas modalidades têm diferentes requisitos em termos de amostragem, taxa de transmissão, latência. Através de um esquema que permita dividir, isolar e personalizar diferentes aplicativos, podemos modificar os recursos conforme os requisitos de cada um, dando um maior grau de abstração à rede 5G. [4]. Sendo que a Internet Tátil exige uma latência de ida e volta de 1 ms, cada pacote não pode exceder uma duração de $33 \mu\text{s}$ para permitir uma transmissão unidirecional da camada física de $100 \mu\text{s}$. No entanto, a modulação usada nas redes celulares LTE (*Long Term Evolution* 4G) não é viável para atingir esse requisito, pois cada símbolo OFDM (multiplexação por divisão de frequências ortogonais) tem aproximadamente $70 \mu\text{s}$ de comprimento. É necessário que a camada física da OFDM tenha adaptabilidade para atender a diferentes requisitos. Também é importante um menor intervalo de tempo de transmissão para reduzir a latência no ar, que pode ser atingido otimizando melhor os planos de controlo e dados [4].

2.3 Applications and recent projects

Espera-se que a *tactile internet* e o seu impacto na sociedade adicione uma nova dimensão à interação *human-to-machine* em aplicações diferentes, incluindo, assistência médica, educação e redes inteligentes. A título exemplificativo, um interessante exemplo da aplicação da *tactile internet* permite aos utilizadores de smartphones enviar mensagens de perfume digital com mais de 300.000 combinações de aromas. Outro exemplo são os robôs de presença remota (*BeamPro*), que consistem numa tela plana e uma câmara de vídeo montada num pedestal móvel, facilitando o trabalho em diversos ambientes laborais (e.g., educação, organizacional e médico). Nicholas Carr afirma que “confiar em computadores para pilotar os nossos aviões, descobrir os novos cancros, auditar as nossas empresas é muito bom, mas o que acontece quando as máquinas falham e os humanos se tornam cada vez mais desajeitados devido à automação?” [5]. A taxa de implementação de robôs de serviço doméstico de baixo custo está a ganhar uma forte adesão, devido à possibilidade de economizar tempo gasto em trabalhos domésticos não remunerado. São inúmeros os usos desta tecnologia na sociedade, sendo alguns exemplos o monitoramento e cirurgias remotas, controlo de exosqueletos sem fio, manipulação de modelos 3D em espaço virtual com muita mais precisão, entre outros.

Atualmente já existem dispositivos hápticos disponíveis no mercado (consultar [6]), contudo  necessário uma maior pesquisa e variedade destes produtos.



Fig. 2. *Medical Simulator* (Fonte: [6])

Não podemos descartar que o principal desafio da *tactile internet*  a produção de novos bens e serviços por meio da capacitação (ao invés da automação) de máquinas que complementem os seres humanos em vez de substituí-los [3], exigindo a experiência humana na coordenação da simbiose homem-robot, com o objetivo de ver nascer novos empregos que os homens não imaginavam.

3 Conclusão

Finalizado o ensaio escrito, conseguimos perceber que a visão social que vigora não é ajustada e não é corroborada pela literatura existente, dado que, afinal a máquina é essencial para o homem e o homem para a máquina, coligindo esforços e maximizando resultados. A *tactile internet*  a interação *human-to-machine* por meio de sensações hápticas e táteis, possibilitada pela baixa latência da tecnologia 5G, ou seja, com um tempo de resposta praticamente imediato. A tecnologia 5G proporcionar  *tactile internet* uma latência de resposta de cerca

de 1ms, tempo 400 vezes mais rápidos do que piscar o olho. Em suma poder-se-á referir que as vantagens avançadas e os desafios inerentes à *tactile internet* permitirá ao homem assistir a algo que jamais imaginou, contribuindo para um avanço mundial.

References

1. Maier, M., Chowdhury, M., Rimal, B.P., Van, D.P.: The Tactile Internet: Vision, Recent Progress, and Open Challenges. IEEE Communications Magazine. 138-145 (2016).
2. Vega, M.T., Mehmlı, T., Hooft, J., Wauters, T., Turck, F.: Enabling Virtual Reality for the Tactile Internet: Hurdles and Opportunities. 1st International Workshop on High-Precision Networks Operations and Control (HiPNet 2018). 378-383 (2018).
3. Brynjolfsson, E., McAfee, A.: The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies. W. W. Norton and Company. 2014.
4. Aijaz, A., Dohler, M., Aghvami, A. H., Friderikos, V., Frodigh, M.: Realizing the Tactile Internet: Haptic Communications over Next Generation 5G Cellular Networks. IEEE Wireless Communications. 82-89 (2017).
5. Carr, N.: All Can Be Lost: The Risk of Putting Our Knowledge in the Hands of Machines. The Atlantic. (2013).
6. 3D Systems, <http://www.sensable.com>. Last accessed 28 Sept 2019