

**Universidades Lusíada**

Alvarez, Isabel Maria Surdinho Borges, 1948-  
Viana, Joaquim Mesquita da Cunha, 1954-

**Speckled computing : a computação num grão de poeira**

<http://hdl.handle.net/11067/1368>

**Metadados**

<b>Data de Publicação</b>	2014
<b>Resumo</b>	Speckled Computing é um novo ramo das Ciências da Computação com o qual se pretende fornecer capacidades de recolha, processamento e comunicação a máquinas com dimensões próximas de 1 mm <sup>3</sup> . Equipamentos deste tipo poderão ser disseminados por praticamente todos os locais em que possam ser úteis, comunicando entre eles e com servidores específicos de forma a conseguir exercer ações que seriam totalmente impossíveis para equipamentos com as dimensões até agora disponíveis. Dada a potencial omnipre...
<b>Palavras Chave</b>	Redes de sensores sem fios
<b>Tipo</b>	article
<b>Revisão de Pares</b>	Não
<b>Coleções</b>	[ULL-FCEE] LEE, n. 18 (2014)

Esta página foi gerada automaticamente em 2025-05-17T09:30:49Z com informação proveniente do Repositório

**SPECKLED COMPUTING**  
**A COMPUTAÇÃO NUM GRÃO DE POEIRA**

**Isabel Alvarez**  
Universidade Lusíada de Lisboa

**Joaquim Cunha Viana**  
Universidade Lusíada de Lisboa



**Resumo:** Speckled Computing é um novo ramo das Ciências da Computação com o qual se pretende fornecer capacidades de recolha, processamento e comunicação a máquinas com dimensões próximas de 1 mm<sup>3</sup>. Equipamentos deste tipo poderão ser disseminados por praticamente todos os locais em que possam ser úteis, comunicando entre eles e com servidores específicos de forma a conseguir exercer ações que seriam totalmente impossíveis para equipamentos com as dimensões até agora disponíveis.

Dada a potencial omnipresença destes minúsculos equipamentos, questões de carácter ético terão de ser endereçadas, sob pena de se correrem riscos significativos de perda de privacidade.

**Abstract:** Speckled Computing is a new branch of Computer Science that intends to enable machines with dimensions near 1 mm<sup>3</sup> to collect data, process it and communicate with other machines.

This kind of equipment will be able to be used almost everywhere it might be considered useful, communicating with each other and with some more powerful and specific servers, in a way that will allow them to exert actions that would be totally impossible to achieve by any bigger equipment.

Given the potential omnipresence of these tiny pieces of equipment, several ethical issues shall have to be addressed, regarding all the risks of loss of privacy that will most certainly come along with its development.



## 1. Introdução

Speckled computing é um programa de investigação ambicioso que oferece novas ideias radicais para o futuro da tecnologia de informação. O Speckled Computing Research Consortium estende-se através de disciplinas académicas tradicionais e limites organizacionais, para juntar físicos, engenheiros electrotécnicos e cientistas da área da computação, de cinco universidades escocesas, com o objectivo de providenciar um avanço tecnológico integrado para a realização dos specks e specknets.

Speck (ciscos) são minúsculos semicondutores de cerca de  $1 \text{ mm}^3$ , capazes de efectuar funções de computação autónomas. Têm as suas próprias fontes de alimentação e consomem energia a partir do ambiente. Também beneficiam de tecnologia de sensores numa nano escala, podendo medir efeitos seleccionados no seu ambiente, incluindo temperatura, movimento ou localização. Além de nano-sensores, os specks têm comunicação sem fios e podem receber e processar dados. Um speck é assim autónomo, possuindo a sua própria bateria, sensores e capacidades de processamento e de comunicação.

Estas características permitem-lhes colaborar e comunicar com outros specks para formar redes de specks – designadas specknets – que podem ser programadas para efectuar grandes tarefas computacionais. De notar que além da programação externa das specknets, essas redes terão capacidade de auto-organização. Tirando partido de sensores sem fios ligados em rede (WSNS – Wireless Sensor Networks) terão uma vasta gama de aplicações, como por exemplo na ciência ambiental, saúde, educação e militar. Specks e specknets podem ser “pulverizados” na atmosfera, em edifícios e em pessoas. Uma sala com specks pintados nas paredes pode providenciar um ambiente de computação poderoso onde os utilizadores, enquanto presentes nessa sala, podem aceder a todo o potencial de computação sem fios das specknets.

Enquanto que a tecnologia de hardware para speckled computing progride rapidamente, já o mesmo não acontece com as abordagens ao software necessário para a gestão e programação destas redes com auto-organização. Os métodos que estão a ser desenvolvidos aplicam os conceitos biológicos do sistema imunitário de forma a permitir a auto-organização nas specknets (Davoudani et al, 2007).

A maioria das aplicações actuais de specknets, ainda que muito no princípio, incidem no desenvolvimento de abordagens em rede para obter informação sensorial que é depois processada centralmente. A função do speck é, essencialmente, a de um sensor inteligente que comunica as suas observações usando comunicações móveis.

Disseminando specks sobre o corpo de um indivíduo podem, por exemplo, analisar-se os gestos que habitualmente faz e investigar a sua aceitabilidade social (Brewster, 2009). Os specks podem também ajudar a monitorizar a doença pulmonar obstrutiva crónica. Colocar specks no peito do paciente permite uma monitorização mais holística dos padrões respiratórios - cobrindo todo o peito -, do que incluir um ou dois sensores (Rabinovich, 2010). Outro exemplo da utilidade dos specks está relacionado com a monitorização do ambiente natural - as specknets podem permitir a detecção dos processos fundamentais que ocorrem em ambientes aquáticos anteriormente inacessíveis, incluindo possibilitar o conhecimento dos processos de redução de oxidação em lagos usando uma specknet de sensores REDOX (Spears et al, 2010).

A implementação dos specks está actualmente limitada ao desenvolvimento em laboratório. Na Universidade de Michigan (University of Michigan, 2011) foi feita uma aplicação precoce - um protótipo de um monitor de tensão ocular para doentes com glaucoma. Implantado no olho, regista o progresso da doença.

Parâmetros fisiológicos do pulso, glucose e ritmo cardíaco podem todos ser medidos em tempo real. Em termos médicos, prevê-se que os specks possam não só controlar e devolver dados médicos, como também providenciar tratamento.

## **2. Specknets como sistemas adaptativos complexos**

Ainda que os specks individuais possam ser simples e controláveis, o seu recrutamento em redes resultará em sistemas adaptativos bastante complexos. Regras simples e interações a nível individual dão origem a comportamentos emergentes com um nível mais elevado de complexidade. Um sistema adaptativo complexo não só mostra o comportamento emergente, que é difícil de prever partir das propriedades dos specks individuais, como também pode ser dinâmico e instável. É um assunto de reflexão como um sistema deste tipo pode ser programado. Thij (2005) refere a engenharia de ordem emergente. Isto implica que o sistema seja completamente determinístico e a complexidade possa ser gerida de uma forma que o comportamento emergente seja previsível, percebido e totalmente rastreado.

A auto-organização, considerada numa specknet, pode resultar num comportamento coordenado complexo que inclui a diferenciação e especialização de funções por grupos de specks. Tal comportamento adaptativo complexo é bem documentado em biologia. E mesmo que uma abordagem de determinação científica seja adoptada, a complexidade do comportamento, respondendo ao ambiente e envolvendo um grande número de variáveis será difícil de modelar usando uma simulação computacional. Em muitas áreas a complexidade das alterações dinâmicas no ambiente aumenta a potencial imprevisibilidade das specknets, havendo um nível substancial de incerteza sobre que comportamento ocorrerá e qual será o resultado.

### 3. Desenvolvimento do sistema

Um dos problemas com tecnologia emergente ou futura é que é difícil prever como será adoptada e qual o seu comportamento. É conveniente que logo de início se façam estudos dos impactos sociais e que os mesmos sejam reflectidos no desenho dos sistemas, embora ainda se esteja trabalhando numa base muito especulativa. Uma vez enraizado no sistema, será demasiado tarde para lidar com questões de consequências sociais, como é o caso com a nanotecnologia e especificamente com o speckled computing (van den Hoven, 2009).

Nos pontos seguintes abordamos cinco importantes áreas na concepção de sistemas: limites, hierarquias, feedback, redes e selecção (Alvarez e McBride, 2011).

#### 3.1 Limites

No desenho dos specks deve abordar-se a identificação dos limites físicos e lógicos da sua esfera de prática. Como se pode atribuir aos specks um limite físico? Como pode ser definida uma lógica que os confine às funções a que se destinam?

É importante definir limites e depois aplicar restrições físicas e regulamentares para identificar a esfera de actividade da specknet. A definição do limite será um assunto para reflexão. Os limites não são fenómenos de objectivos fixos, mas resultam de decisão sobre o objectivo da specknet, a qual deve ser estrangida pela sua própria função.

A consideração prática dos limites deve ser um aspecto chave de qualquer desenho de uma specknet, influenciando não só o desenho dos algoritmos programados dentro dos specks, os quais conduzirão o comportamento adaptativo complexo da specknet, mas também o conjunto de ferramentas desenhado e construído para distribuir, monitorizar, auditar e recuperar os specks.

#### 3.2 Hierarquias

Devem ser consideradas hierarquias. O comportamento emergente ocorre a um nível mais alto do que nos specks individuais. Uma specknet interage a vários níveis hierárquicos. À medida que se sobe uma hierarquia, vai-se perdendo pormenor em termos de informação. Abstracção envolve agregação de dados que pode resultar em perda de importante variação. Ao nível mais alto, aplicam-se novos significados e interpretações. Estes significados podem na realidade emergir e ser completamente distintos das interpretações aplicadas a níveis mais baixos. Resultados comportamentais influenciarão então os níveis mais baixos da hierarquia (Allen, 1996).

### 3.3 Redes

Uma percepção das mensagens e relacionamentos entre specks dentro da specknet conduzirá à percepção das possíveis interações existentes, dado que o comportamento adaptativo complexo emerge dos relacionamentos. As specknets operam por mensagens entre os specks moderando a mudança do comportamento.

A disponibilização de dados do ambiente deve ser efectuada com referência à autonomia do indivíduo ou fonte ambiental de onde essa informação é obtida. Deve existir uma atmosfera de confiança entre dois quaisquer specks. Linhas de orientação relacionadas com a responsabilidade de privacidade de dados devem também ser comunicadas de um speck para outro. As linhas de orientação pelas quais cada speck opera em relação aos outros contribuirão para a atmosfera geral da specknet.

### 3.4. Ciclos de Feedback

Em qualquer sistema em rede, o comportamento emergente será moldado por ciclos de feedback. Os ciclos de feedback positivos amplificam um dado comportamento. Os ciclos de feedback negativos atenuam comportamentos. É a combinação de muitos ciclos de feedback positivos e negativos que resultam num sistema equilibrado, estável, viável e capaz de responder ao seu ambiente.

Em qualquer specknet não será possível evitar ciclos de feedback positivos. Na ausência de ciclos atenuantes de feedback negativos, pequenos efeitos comportamentais serão inicialmente amplificados no comportamento dinâmico da rede e podem dar lugar a comportamentos caóticos (McBride, 2005).

Dado que os ciclos de feedback positivos não podem ser evitados, deve-se prosseguir com o entendimento dos efeitos do comportamento amplificado numa specknet. Mas mais do que isso, a programação dos ciclos de feedback positivos e negativos deve ser considerada dentro de um contexto social para reforçar bons comportamentos e restringir maus comportamentos. Coloca-se então a questão se deveriam as specknets ser sujeitas a recompensas e penalidades?

Deve contudo reconhecer-se que o controlo global de uma specknet pode não ser possível. Sabemos que é uma característica de um sistema em rede a possibilidade de moderação do comportamento global, através de feedback positivo e negativo, por pequenas alterações localizadas na estrutura e interações da rede. Se se souber onde estão os pontos de contacto, será possível gerir de uma certa forma o comportamento emergente mas tal gestão é limitada pelo nosso conhecimento das complexidades das interações das specknets.

### 3.5 Seleção

Como os specks colaboram através da comunicação, a potencial variação e complexidade do comportamento aumentam. Embora as simulações

computacionais possam revelar as possíveis direcções do comportamento, pode ser difícil geri-lo assegurando que o processamento da specknet tome um determinado caminho. Com isto a previsibilidade e fiabilidade dos sistemas computacionais ficam comprometidas. Pode ser tomado um de entre um número de possíveis caminhos comportamentais.

O nosso foco move-se então da criação e controlo do comportamento previsível para a selecção do comportamento desejável e eliminação do indesejável, devendo o comportamento de um sistema tal como de uma specknet ser moldado com base na selecção de características virtuosas.

Em sistemas biológicos, espera-se um certo nível de erro e de comportamentos errados. No desenvolvimento celular, a transcrição e a tradução não são perfeitamente executadas. Os produtos proteicos são efectivamente testados estrutural e operacionalmente bem como destruídos pelas protéases. As células contêm grandes quantidades daqueles compostos, com a função de corrigir, reparar e moldar o comportamento dos mecanismos celulares, resultando nos desfechos correctos para a manutenção do bom funcionamento de um organismo vivo.

Um sistema correctivo para as specknets requer um mecanismo para monitorizar os resultados do seu funcionamento e neutralizar comportamentos inapropriados. Isto, claro, levanta duas questões: como monitorizar o comportamento ético das specknets e como eliminar o comportamento inadequado.

Como forma de eliminar comportamentos inadequados e dado que uma specknet é um sistema adaptativo complexo, o seu nível de tolerância às falhas deve permitir o fracasso de alguns specks. Os padrões comportamentais devem pois ser suficientemente robustos para resistir às falhas e fracassos localizados. Comportamentos virtuosos em geral requerem a selecção e reforço dos bons e a eliminação dos maus resultados. A gestão do sistema das specknets deve ser tanto quanto possível um processo de monitorização selectivo bem como de desenho.

#### **4. Conclusão**

Speckled computing oferece uma abordagem radicalmente diferente à computação, que pode resultar em novos problemas emergentes nos sistemas. Estes vão além do conjunto de problemas geralmente conhecidos. As specknets, em particular, podem mostrar comportamentos inesperados. Novas situações irão resultar do potencial para comportamentos adaptativos complexos que possam emergir nas specknets, requerendo um sistema que reconheça o tema da incerteza e da imprevisibilidade que delas surjam.

O objectivo geral do estudo destes sistemas relacionados com uma tecnologia de informação e comunicação nunca deverá, por um lado, servir para justificar uma proliferação descontrolada da tecnologia, nem por outro, bloquear o progresso. Deverá sim permitir identificar um equilíbrio virtuoso que evite tanto comportamentos precipitados e imprudentes como tímidos. Os sistemas

devem providenciar uma oportunidade para intervir de uma forma criativa no processo do desenho. Por exemplo, um sistema de transporte necessita de regras e restrições, tais como de que lado da rua se deve conduzir, regras de segurança para a manutenção dos carros, formação e testes de condução, leis, monitorização e supervisão. Estas regras criam boas condições não só para a autonomia humana, como também para as comunidades poderem prosperar.

As specknets resultarão em novas formas de conjuntos de informação, providenciando visões e novas intervenções no uso das tecnologias em favor da prosperidade das comunidades humanas, requerendo que tanto os desenvolvedores de sistemas como os utilizadores reflectam e adquiram as características virtuosas que otimizarão o valor da utilização das specknets para indivíduos, comunidades e sociedade global.

## Referências

- Allen, T.F. (1996) A Summary of the Principles of Hierarchy Theory International Systems Society [www.iss.org/hierarchy.htm](http://www.iss.org/hierarchy.htm)
- Alvarez, I. and McBride, N., "The Ethics of Speckled Computing", Ethicomp Conference 2011, Sheffield, UK
- Brewster, S. (2010) Body-based gestures and social acceptability 9th Workshop of Specked Computing, Edinburgh, 24-25th November 2010
- Davoudani, D, Hart, E and Paechter, B. (2007) An immune-inspired approach to speckled computing. In DeCastro, L, Von Zuben, H.D. and Knidel, H. ICARIS 2007 Lecture Notes in Computer Science 4628 288-299
- McBride, N (2005). Chaos Theory as a Model for Interpreting Information Systems in Organisations. *Information Systems Journal*, 15, 233-254.
- Rabinovitch, E.R.A. (2010) Speckled Healthcare. 9th Workshop of Specked Computing, Edinburgh, 24-25th November 2010
- Spears, B, Dudley, D and Harley J. (2010) The need for REDOX measurements in freshwater ecology. 9th Workshop of Specked Computing, Edinburgh, 24-25th November 2010
- Thij, T.T. (2005) Self-organisation in Specknets 3rd Workshop in Speckled Computing, University of Edinburgh 20th May 2005
- Van den Hoven, J. (2009) The tangled web of tiny things. Privacy implications of nano-electronics. In *Nanotechnology and Society Current and Emerging Issues* Ed Allhoff, F and Lin P, pp 147-162.
- University of Michigan (2011) Towards computers that fit on a pen tip: New technologies usher in millimetre scale computing era. [http://ns.umich.edu/htdocs/releases/story\\_3rdphp?id=8278](http://ns.umich.edu/htdocs/releases/story_3rdphp?id=8278)
- Arvind, D.K., Wong, K.J. (2004) Speckled Computing: Disruptive Technology for Networked Information Appliances. Institute for Computing Systems Architecture. University of Edinburgh