



Radiocommunications Agency  
*Ministry of Economic Affairs*

# Sharing the spectrum

- *an exploratory research  
experience*

*by Helmut Leonhard  
(Agentschap Telecom)*

08/12/2012



# Content

The original research question

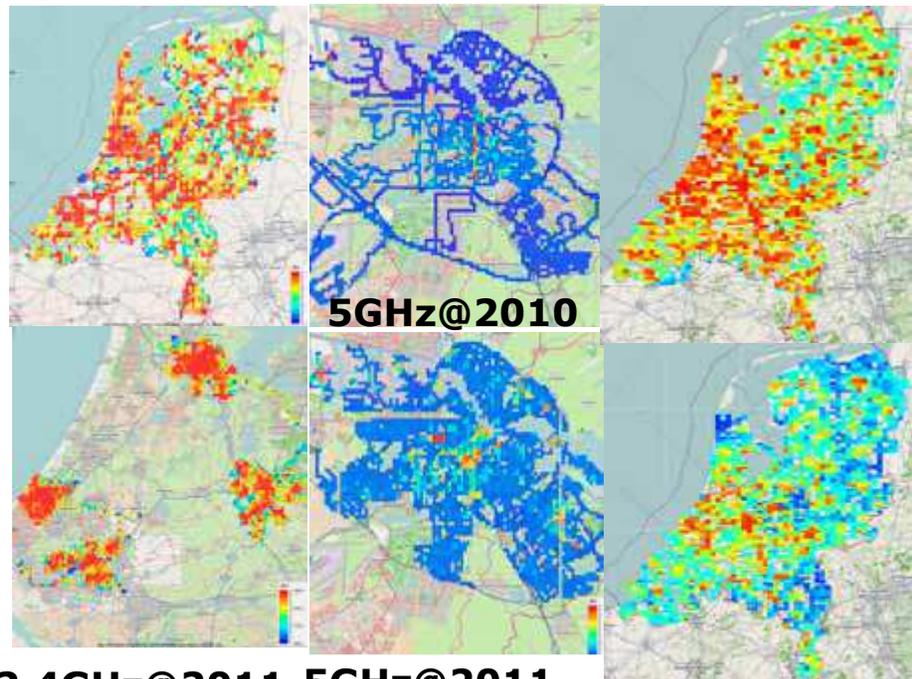
Why the 2.4 GHz?

Lessons learnt

Things to do



## The original research question



**Is it possible to predict congestion in digital radio networks just by monitoring the radio spectrum?**



## The original research question (2)

Why the 2.4 GHz?

- COTS
- Ubiquitous
- Cheap
  
- Usually no license required!



## The experimental set-up

### Methods

- passive monitoring
- active monitoring

**Experiments in a controlled environment with different interference sources**

**Experiments in a controlled environment: second WiFi network at different distances**

**Live measurements**



## The experiment

**Jan-Willem van Bloem and Roel Schiphorst,**  
Measuring the service level in the 2.4 GHz ISM  
band,

Internal report of the University of Twente, Signals  
and Systems,

December 2, 2011,

<http://eprints.eemcs.utwente.nl/20915/01/report.pdf>



## Conclusions

- **No,**  
**energy measurements are not sufficient for predicting congestion**

Extra conclusions:

- Non-WiFi apparatus may cause severe interference to WiFi
- WiFi behaves rather politely towards other WiFi
- WiFi capacity is limited



Follow-up @ congestion

**New experimental set-up  
(packet sniffer?)**

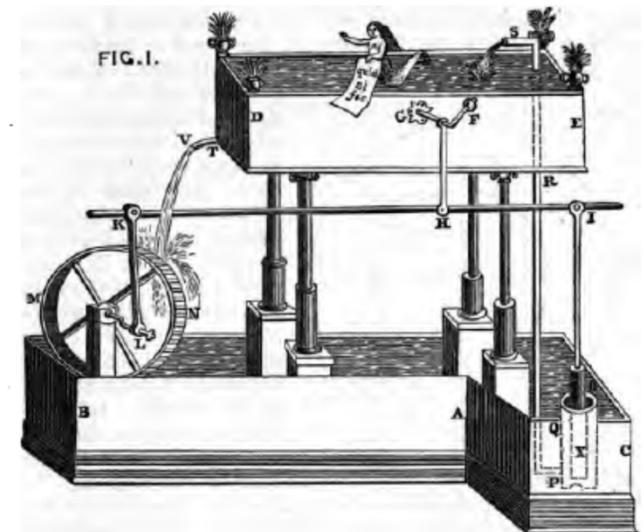
**New research question  
not only WiFi  
?**



conclusions @ digital systems

Surprising result:

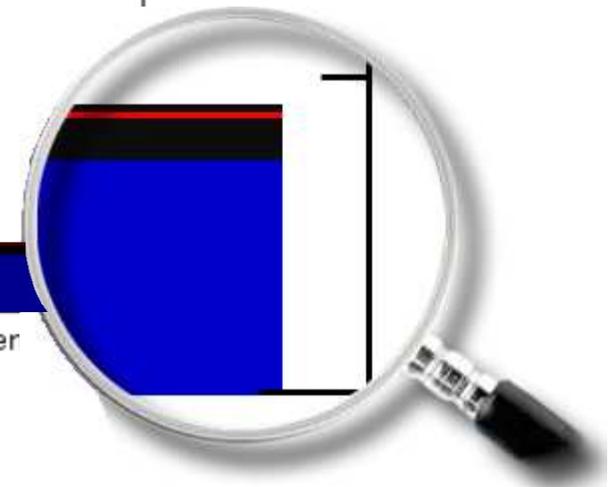
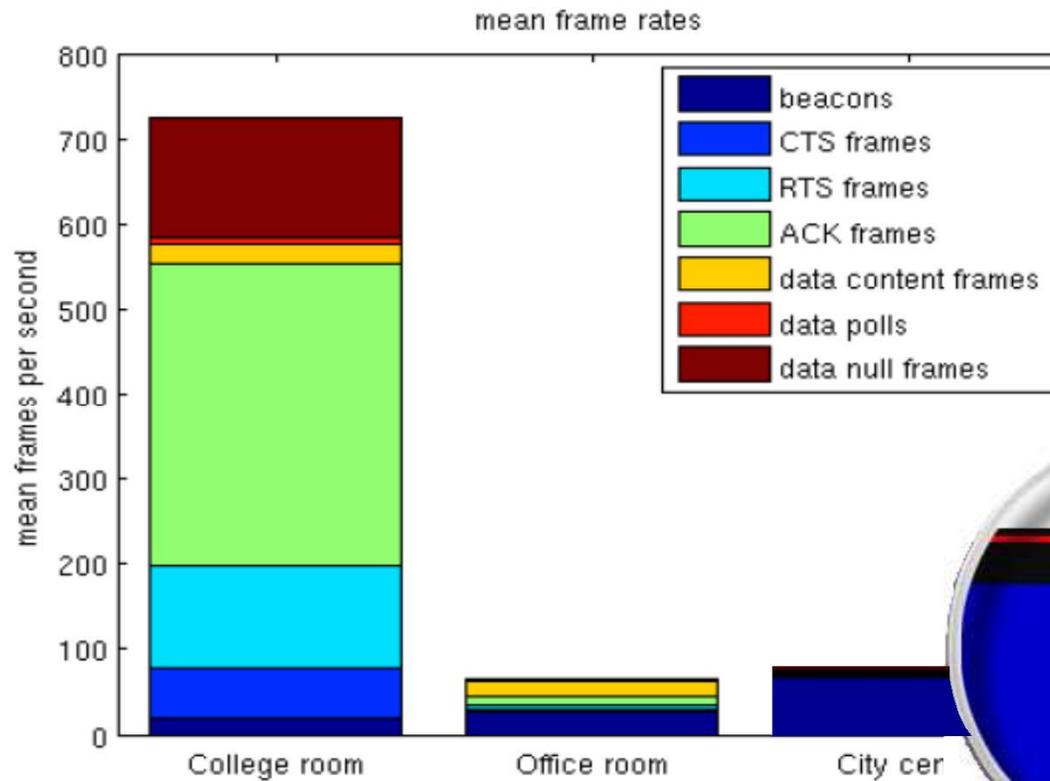
WiFi is not a  
*perpetuum mobile!*\*



\*) Claude E. Shannon already told us in 1948 ...



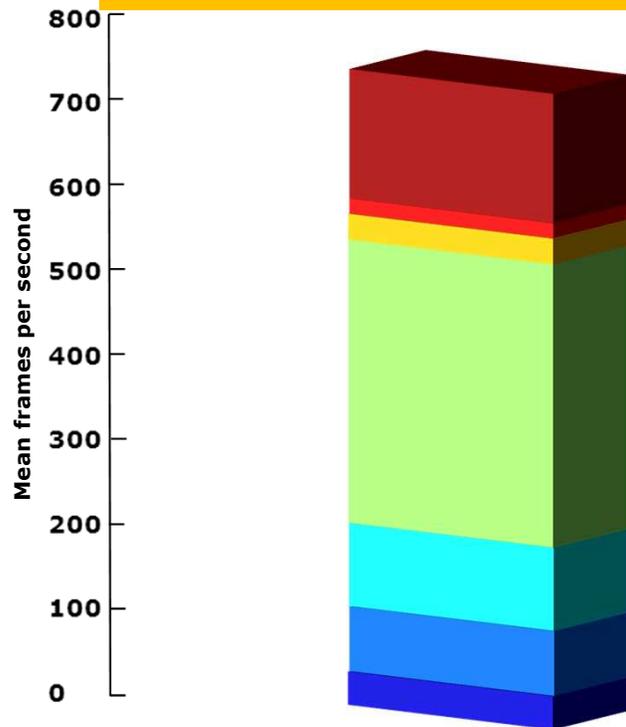
## conclusions @ digital systems (2)





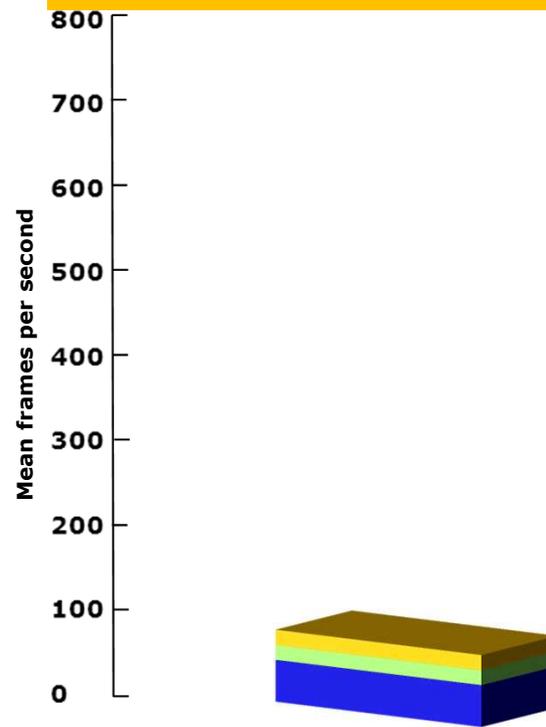
## conclusions @ digital systems (3)

### 368 kbit/s vs. 9 Mbit/s



32 frames per second data need 766 frames per second transmission capacity to get through in an interfered environment

### 190 kbit/s vs. 1 Mbit/s



17 frames per second data versus 91 frames per second transmission capacity to get through in a moderate environment



conclusions @ digital systems (4)

**Finally, the wanted message will be decoded by the receiving station**

**Finally means that there is some delay**

**This delay depends on how the channel is shared (interference level)**

**The higher the interference level, the greater the delay**



## conclusions @ digital systems (5)

		Relative Interference Effect			
		Harmful	Detrimental	Permissible	Insignificant
Absolute Level of Interference	High		WiFi		
	Medium	Analogue TV GSM	CDMA	WiFi	
	Low	Amateur Radio Aeronautical	Analogue TV GSM	CDMA	WiFi
	Negligible	Radioastronomy	Amateur Radio Aeronautical	Analogue TV GSM	CDMA

*Note: A red arrow points from the 'WiFi' cell in the 'High' row to the 'WiFi' cell in the 'Low' row. An asterisk (\*) is placed to the right of the 'Low' row.*

**Different systems react differently.**

**Delay plays an important role in digital systems**

**\* ) thanks to Richard Wormersly, Interference Management**

[http://ec.europa.eu/information\\_society/policy/ecomm/radio\\_spectrum/document\\_storage/studies/interference/interference\\_final\\_report.pdf](http://ec.europa.eu/information_society/policy/ecomm/radio_spectrum/document_storage/studies/interference/interference_final_report.pdf)



On the other hand

## **Pocket Wi-Fi hotspots paralyse Chinese metro lines**

Using free band to run trains oddly didn't turn out well

[http://www.theregister.co.uk/2012/11/21/wi\\_fi\\_knockout/](http://www.theregister.co.uk/2012/11/21/wi_fi_knockout/)



## Overall conclusion

Sharing spectrum can/will cause interference

		Relative Interference Effect			
		Harmful	Detrimental	Permissible	Insignificant
Absolute Level of Interference	High		WiFi		
	Medium	Analogue TV GSM	CDMA	WiFi	
	Low	Amateur Radio Aeronautical	Analogue TV GSM	CDMA	WiFi
	Negligible	Radioastronomy	Amateur Radio Aeronautical	Analogue TV GSM	CDMA

So: become reconciled with it!

If you can't: think of creative solutions!



# Creative solutions For example with cognitive radio!

**We expect lots of  
experiments in the  
near future!**

## Experimenten met cognitieve radio

Agentschap Telecom staat open voor experimenten met Cognitieve Radio in Nederland. Hoewel dit soort experimenten overal in het spectrum zouden kunnen plaatsvinden zijn er toch bepaalde spelregels die ongebreideld gebruik beperken (zie de punten hieronder).

Geïnteresseerde partijen kunnen aanvragen voor experimenten indienen bij Agentschap Telecom. Voor achtergrond omtrent experimenteervergunningen, procedures en aanvraagformulier zie <http://www.agentschaptelecom.nl/onderwerpen/frequentie-management/Experimenteervergunningen>

### 1.a Doel van het experiment en de rol van de toezichthouder en regelgever

Doel van het experiment is om partijen in de gelegenheid te stellen om ervaring op te doen met toepassingen van cognitieve technieken voor radiocommunicatie. En daarmee bij te dragen aan verbetering van de efficiency en het verminderen van de schaarste in de ether. Onder verschillende technieken wordt in ieder geval begrepen sensing, bi-directional sensing, beaconing, database of combinaties hiervan. Het experiment staat uiteraard open voor innovatieve andere oplossingen.

De Toezichthouder heeft verschillende rollen:

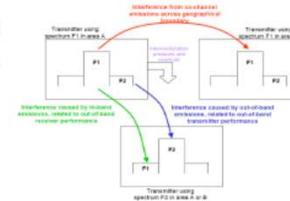
- Hij stelt in overleg met de aanvrager, primaire gebruiker(s) en eventuele overige gebruikers de frequentietechnische randvoorwaarden van het experiment vast
- Hij ziet toe op het naleven van deze randvoorwaarden
- Hij kan het experiment te allen tijde beëindigen (zie ook punt 1.b)

De toezichthouder en de regelgever kunnen inzicht krijgen in mogelijk te realiseren aanpassingen van regelingen en regelgeving.

### 1.b NIB, "rode knop"

Alle experimenten worden op basis non-interference/non-protection (NIB) doorgevoerd.

Wat betreft interferentie zijn de rechten van de hoofdgebruikers leidend (dit kunnen naast de primaire gebruikers ook andere gebruikers zijn die een hogere status worden toebedeeld). De verschillende mogelijkheden van interferentie op radiodiensten zijn in figuur 1 weergegeven. Met geografisch gebied wordt hier ook bedoeld "white space binnen het verzorgingsgebied van een primaire gebruiker" en in analogie de begrenzing ervan.



Figuur 1: Typen interferentie<sup>1</sup>

Deelnemers aan het experiment hebben geen recht op bescherming (voor interferentie door andere gebruikers).

Alle experimenten dienen op eerste aanzegging van een primaire gebruiker of de Toezichthouder onmiddellijk gestaakt te worden (Rode Knop)

### 1.c Welke banden en welke banden niet

<sup>1</sup> OFCOM Spectrum Usage Rights, p. 17 <http://stakeholders.ofcom.org.uk/consultations/sur/>



**THANK YOU FOR  
YOUR ATTENTION**

**[Helmut.Leonhard@agentschaptelecom.nl](mailto:Helmut.Leonhard@agentschaptelecom.nl)**