

# 1. Informace o předmětu, internet věcí

B0B37NSI – Návrh systémů IoT

Stanislav Vítek

Katedra radioelektroniky  
Fakulta elektrotechnická  
České vysoké učení v Praze

# Část I

## Organizace předmětu

# Předmět a lidé

---

- Webové stránky předmětu

<https://cw.fel.cvut.cz/wiki/courses/b0b37nsi> ↗

- Přednášející, cvičící a garant předmětu

- Stanislav Vítek, [viteks@fel.cvut.cz](mailto:viteks@fel.cvut.cz)

<http://mmtg.fel.cvut.cz/personal/vitek/> ↗

- Rozsah 2P + 2L + 2D

- Studijní výsledky

- Zápočet – průběžná práce v semestru, vlastní projekt + prezentace
- Zkouška – test v posledním týdnu semestru

- Konzultace

- osobně / MS Teams, individuálně / skupinově
- ideálně pátek 9:00-11:00

# Přehled přednášek

---

1. Úvod do IoT, pojmy, prvky (věci), motivace 14.2.
  2. Mikrokontroléry v IoT. Architektury, vnitřní periferie. Přerušování. 21.2.
  3. Vnější periferie mikrokontrolérů, senzory, aktuátory. 28.2.
  4. Přístrojové sběrnice. 7.3.
  5. Algoritmy zpracování dat v mikrokontrolerech. 14.3.
  6. Architektury IoT systémů 21.3.
  7. Přenosové protokoly a rozhraní pro komunikaci s IoT službami 28.3.
  8. Proudové zpracování dat 4.4.
  9. Služby pro IoT - vizualizace, datové struktury, podpůrné služby 11.4.
  10. Deployment a testování HW, CI/CD ve světě IoT 25.4.
  11. Bezpečnost v IoT a distribuovaných systémech 2.5.
  12. Case studies: smart home, smart city, industry 4.0 (vyzvaná přednáška) 9.5.
- 
13. Zkouškový test 16.5.

## Část II

### Internet věcí

## Příklad IoT zařízení – chytrá lednička

---



# Příklad IoT zařízení – chytrá lednička

---

**uživatel** odchází z domova – jaký je použit senzor?

- Rozpoznání člena domácnosti (rodič – dítě)
- Identifikace důvodu, proč uživatel odchází
- Identifikace kontextu (např. otevírací hodina obchodu)

**objekt** ví, že došlo mléko – jaký je použit senzor?

- Je mléko potřeba?
- Mléko zcela došlo nebo jen málo zbývá? (predikce)

**processing** pomáhá s rozhodováním – kde je procesor?

- Jaká jsou pravidla?
- Pravidla jsou statická nebo dynamická (učení)

**notifikace** upozorňuje uživatele – jak a kdy?

- Soukromí?
- Detailnost informace?
- Přemíra informací?

# Příklad IoT zařízení – chytrá lednička

---

**uživatel** odchází z domova – jaký je použit senzor?

- Rozpoznání člena domácnosti (rodič – dítě)
- Identifikace důvodu, proč uživatel odchází
- Identifikace kontextu (např. otevírací hodina obchodu)

**objekt** ví, že došlo mléko – jaký je použit senzor?

- Je mléko potřeba?
- Mléko zcela došlo nebo jen málo zbývá? (predikce)

**processing** pomáhá s rozhodováním – kde je procesor?

- Jaká jsou pravidla?
- Pravidla jsou statická nebo dynamická (učení)

**notifikace** upozorňuje uživatele – jak a kdy?

- Soukromí?
- Detailnost informace?
- Přemíra informací?



# Příklad IoT zařízení – chytrá lednička

---

**uživatel** odchází z domova – jaký je použit senzor?

- Rozpoznání člena domácnosti (rodič – dítě)
- Identifikace důvodu, proč uživatel odchází
- Identifikace kontextu (např. otevírací hodina obchodu)

**objekt** ví, že došlo mléko – jaký je použit senzor?

- Je mléko potřeba?
- Mléko zcela došlo nebo jen málo zbývá? (predikce)

**processing** pomáhá s rozhodováním – kde je procesor?

- Jaká jsou pravidla?
- Pravidla jsou statická nebo dynamická (učení)

**notifikace** upozorňuje uživatele – jak a kdy?

- Soukromí?
- Detailnost informace?
- Přemíra informací?

# Příklad IoT zařízení – chytrá lednička

---

**uživatel** odchází z domova – jaký je použit senzor?

- Rozpoznání člena domácnosti (rodič – dítě)
- Identifikace důvodu, proč uživatel odchází
- Identifikace kontextu (např. otevírací hodina obchodu)

**objekt** ví, že došlo mléko – jaký je použit senzor?

- Je mléko potřeba?
- Mléko zcela došlo nebo jen málo zbývá? (predikce)

**processing** pomáhá s rozhodováním – kde je procesor?

- Jaká jsou pravidla?
- Pravidla jsou statická nebo dynamická (učení)

**notifikace** upozorňuje uživatele – jak a kdy?

- Soukromí?
- Detailnost informace?
- Přemíra informací?

- Internet věcí (IoT) představuje propojení zařízení (věcí) / systémů s internetem
- Propojení zařízení by mělo být především bezdrátové a mělo by přinést nové možnosti vzájemné interakce nejen mezi jednotlivými systémy, ale také nové možnosti jejich kontroly, monitorování, zabezpečení a pokročilých služeb
- Termín vytvořil britský podnikatel Kevin Ashton (MIT Auto-ID Labs)
  - Označoval (a představoval) budoucí globální síť objektů propojených pomocí RFID
  - Úplná automatizace sběru dat
  - První článek o internetu věcí v roce 2004 z MIT nazvaný "Internet 0"

<https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/28866>

- Související oblasti
  - Vestavné (embedded) systémy: nejsou nezbytně připojeny k internetu
  - Senzorové sítě: soubor senzorových zařízení propojených bezdrátovými kanály
  - Kyberneticko-fyzikální systémy: interakce mezi fyzickými a kybernetickými systémy
  - Systémy reálného času: důraz na časová omezení
  - Pervasivní / všudypřítomná výpočetní technika

- Propojení zařízení, systémů a služeb za účelem poskytnutí **dat**, které mohou být převedeny na **informace** a tyto informace na **znalosti**, které je možné užitečným způsobem využít
- Zařízení mohou
  - vyměňovat data s jiným připojeným zařízením nebo aplikací (přímo nebo nepřímo), nebo
  - sbírat data z jiných zařízení a zpracovávat je lokálně, nebo
  - posílat data do centrálních server nebo cloudových aplikací, nebo
  - realizovat některé úlohy lokálně a některé v rámci IoT architektury v závislosti na aktuálních podmínkách.
- Zjednodušení každodenního života **CloT** Consumer IoT – spotřebitelský internet věcí
  - automatizace domácnosti, smart zařízení, nositelná elektronika (wearables)
- Zefektivnění využití zdrojů **IloT** Industrial IoT – průmyslový internet věcí
  - vychází z M2M (machine to machine) komunikace, kterou rozšiřuje o možnost zpracování dat
  - průmyslová automatizace, doprava, energetika, zdravotnictví
  - snížení provozních nákladů, zvýšení produktivity a bezpečnosti pracovníků, předcházení výpadků pomocí monitoringu a včasné údržby

# THE INTERNET OF THINGS

Connected devices (billions)

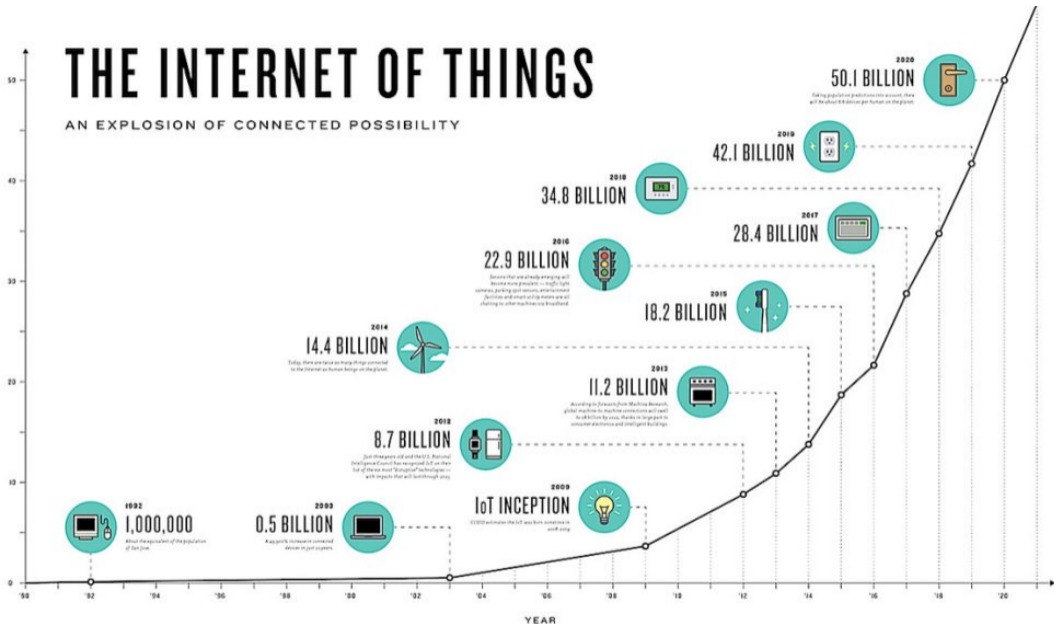


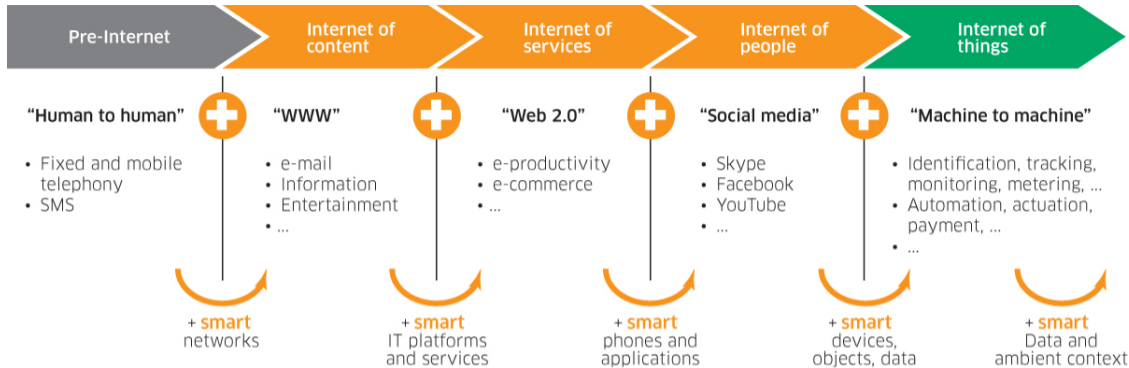
	15 billion	28 billion	CAGR 2015–2021
Cellular IoT	0.4	1.5	27%
Non-cellular IoT	4.2	14.2	22%
PC/laptop/tablet	1.7	1.8	1%
Mobile phones	7.1	8.6	3%
Fixed phones	1.3	1.4	0%

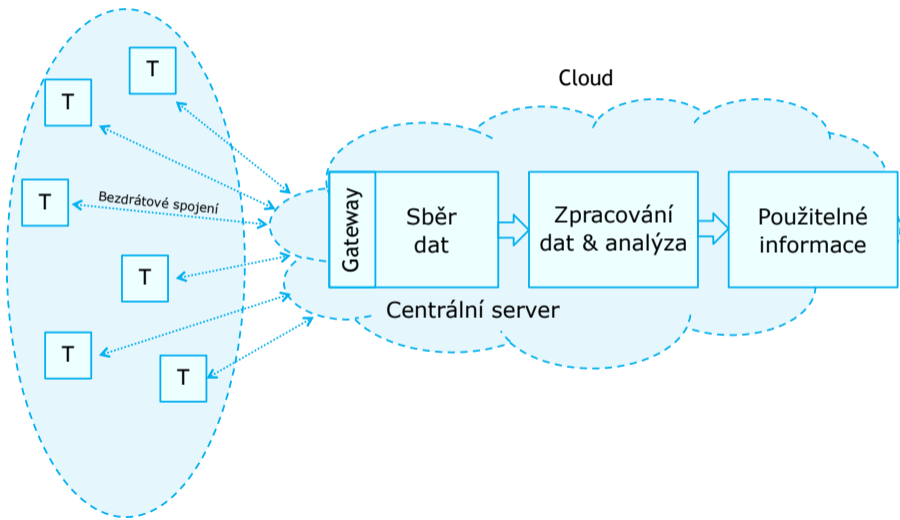
# THE INTERNET OF THINGS

AN EXPLOSION OF CONNECTED POSSIBILITY

BILLIONS OF DEVICES




























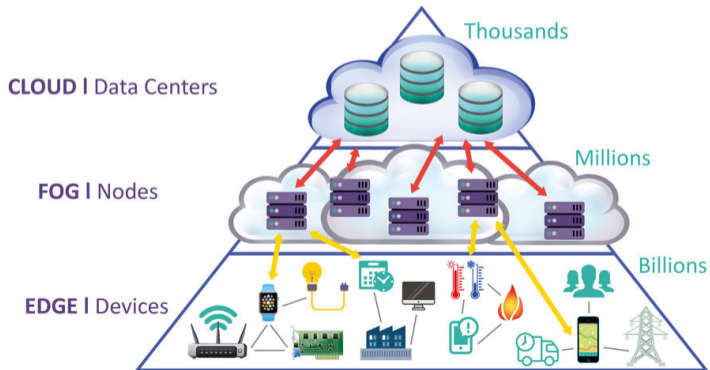
- Požadavky na architekturu
  - Sběr, uložení, analýza a sdílení dat / informací / znalostí
  - Zpracování velkého objemu dat – **big data**
  - Dynamika, adaptace, automatická konfigurace
  - Interoperabilní a efektivní přenos a sdílení dat – volba vhodného přenosového standardu
  - Integrovatelnost do informačních systémů
  - Bezpečnost
- Základní stavební bloky
  - **Hardware** – fyzická zařízení generující data, komunikační a výpočetní infrastruktura, datová úložiště
  - **Middleware** – programové vybavení překrývající heterogenitu aplikací, operačních systémů a hardware tím, že poskytuje jednotné rozhraní; umožňuje sběr, uložení a sdílení dat
  - **Software** – analýza a kombinace velkého množství heterogenních dat a vytváření informací a znalostí (datová fúze); výsledky fúze mohou vést k ovlivnění podmínek nebo k jako podpora rozhodovacích a organizačních procesů

# Microsoft Azure IoT services

Devices	Device Connectivity	Storage	Analytics	Presentation & Action
	 Event Hubs	 SQL Database	 Machine Learning	 App Service
	 Service Bus	 Table/Blob Storage	 Stream Analytics	 Power BI
	 External Data Sources	 DocumentDB	 HDInsight	 Notification Hubs
		 External Data Sources	 Data Factory	 Mobile Services
				 BizTalk Services

# Způsoby propojení v rámci IoT architektury

- Propojení mezi prvky IoT bude vždy závislé na určení systému
- Komunikace většinou probíhá
  - Mezi zařízeními
  - Mezi zařízeními a cloudem
  - Mezi cloudy



# Způsoby propojení mezi zařízeními

---

- Komunikaci mezi zařízeními (věcmi) bude použita v systémech, kde využití cloudu pro ukládání, vyhodnocování a sdílení dat není pro dané řešení vyhovující
  - Může to být například v případech, kdy není dostatečná kapacita linky pro zaslání veškerých dat, nebo by to bylo finančně náročné
  - Někdy je nutné, aby IoT systém fungoval i s omezeným nebo dokonce žádným připojením do cloudu
  - V RT systémech je doba nutná pro poslání dat do cloudu a zpět nepřijatelná
- Pro některé systémy je lepší využívat decentralizovaný **Fog computing**
  - Zpracování dat blíže zařízením (předzpracování)
  - Peer-to-peer komunikace
  - Lepší škálovatelnost, spolehlivost, rychlejší odezva, snížení nákladů
  - Obvyklé v Industrial IoT, kde je kladen důraz na spolehlivost
- Komunikace ze zařízení do cloudu je obvyklá v Consumer IoT
- Komunikace mezi cloudy se používá při sdílení dat mezi doménami, např. mezi privátním a veřejným cloudem

# Zlepšování života novými věcmi

- Smart City
- Smart Car
- Smart Home
- Smart Me

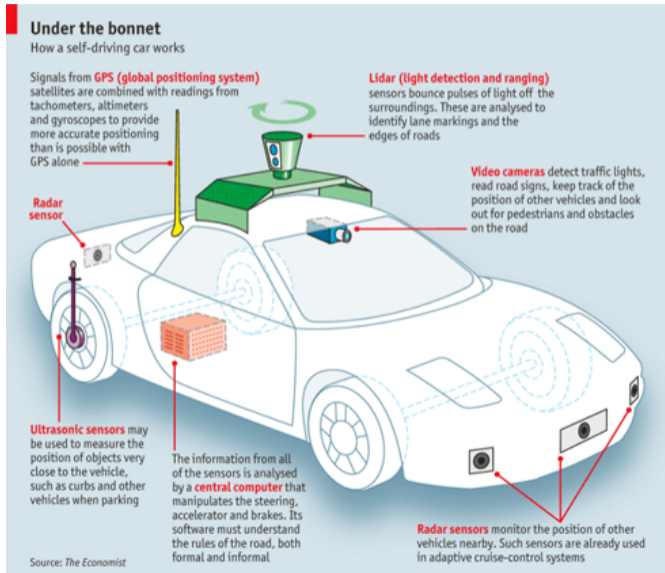


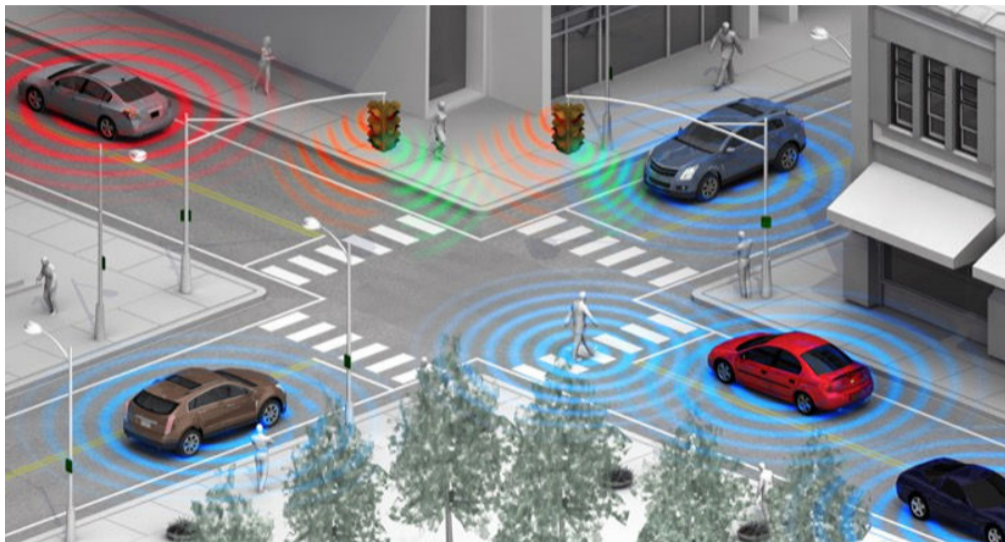
# Příklad: smart city

---

- Sledování počasí
  - Sběr dat z několika senzorů (teplota, vlhkost, tlak atd.)
  - Odesílání dat do cloudových aplikací a úložišť.
- Monitorování znečištění ovzduší
  - Monitorování emisí škodlivých plynů (CO<sub>2</sub>, CO, NO, NO<sub>2</sub> atd.)
  - Integrace s mikrokontrolérem, několika senzory znečištění ovzduší, komunikace a GPS
- Monitorování hlukového znečištění
  - Využití řady stanic pro monitorování hluku
  - Generování hlukových map ze shromážděných dat
- Detekce lesních požárů
  - Využití několika monitorovacích uzlů rozmístěných na různých místech v lesích.
  - Využívají teplotu, vlhkost, úroveň osvětlení atd.
  - Včasné varování před potenciálním lesním požárem, odhad rozsahu a intenzity
- Detekce říčních povodní
  - Monitorování vodní hladiny (pomocí ultrazvukových senzorů) a průtoku (pomocí senzorů rychlosti proudění).
  - Výstraha při zjištění rychlého nárůstu hladiny vody a rychlosti proudění

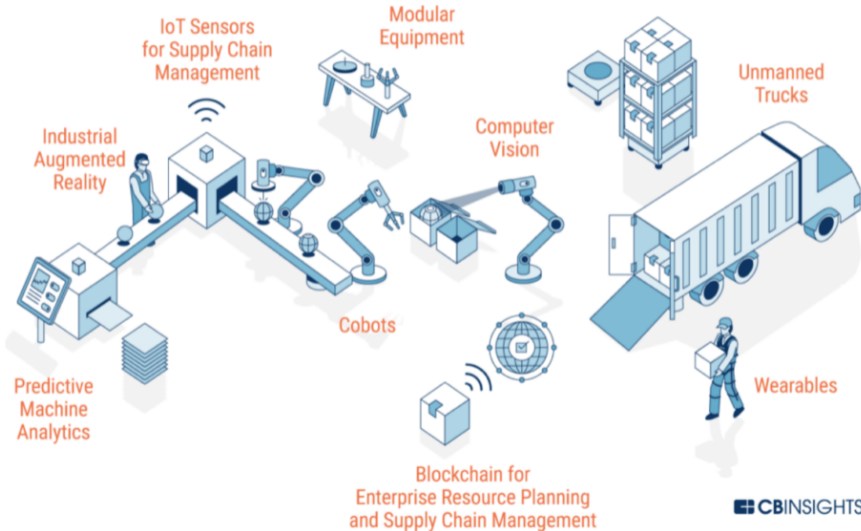
- Statistika USA (2012):
- 5,6 mil havárií
- 31.000 mrtvých
- 1,6 mil zraněných
- ekonomické ztráty
- zpoždění dopravy







- Generování a plánování tras
  - Generování tras od konce ke konci pomocí kombinace vzorů tras
  - Poskytování dotazů na generování tras
  - Může být škálován pro obsluhu rozsáhlé dopravní sítě
- Sledování vozového parku
  - Sledování polohy vozidel v reálném čase
  - Upozornění na odchylky v plánovaných trasách
- Sledování zásilek
  - Monitorování podmínek uvnitř kontejnerů
  - Využití čidel (teplota, tlak, vlhkost)
  - Detekce kažení potravin
- Dálková diagnostika vozidel
  - Detekce závad na vozidle
  - Upozornění na hrozící závady
  - IoT shromažďuje údaje o vozidle (rychlost, otáčky motoru, teplota chladicí kapaliny).
  - Výstrahy a návrh nápravných opatření



- Diagnostika strojů
  - Sensory ve stroji monitorují provozní podmínky
  - Například: teplota a úroveň vibrací
  - Sběr a analýza dat ze senzorů strojů v obrovském měřítku
  - Analýza spolehlivosti a predikce poruch ve strojích
- Monitorování kvality vzduchu ve vnitřních prostorech
  - Použití různých senzorů plynů
  - Monitorování škodlivých a toxických plynů (CO, NO, NO<sub>2</sub> atd.)
  - Měření parametrů prostředí k určení kvality vzduchu v interiéru.
  - Teplota, vlhkost, plynné znečišťující látky, aerosol

# Příklad: chytrá a propojené budovy

- Energetický management
- Osvětlení
- Bezpečnost
- Vytápění, větrání
- Automatizace



## The connected cow

### Necklace

Connecterra, a Dutch company, makes Fitbit-style necklaces that monitor a cow's movement and feeding habits. The sensor can be used to detect health problems and to tell when the cow is in heat, so that insemination can happen at an optimum time.

### Acid monitor

Well Cow, a British company, has developed a bolus that is inserted into the cow's rumen to monitor acidity levels. This helps detect digestive problems.

### Tail movements

MooCall, an Irish company, makes a birthing sensor that attaches to the tail. It measures tail movements triggered by labour contractions, and sends a farmer an SMS alert approximately one hour before a cow is due to calve.

### Pedometer

Afimilk, based in Israel, makes a pedometer for cows. Cows typically increase their walking as they come into oestrus, so the pedometer alerts farmers to the best time for insemination.

### Udder sensors

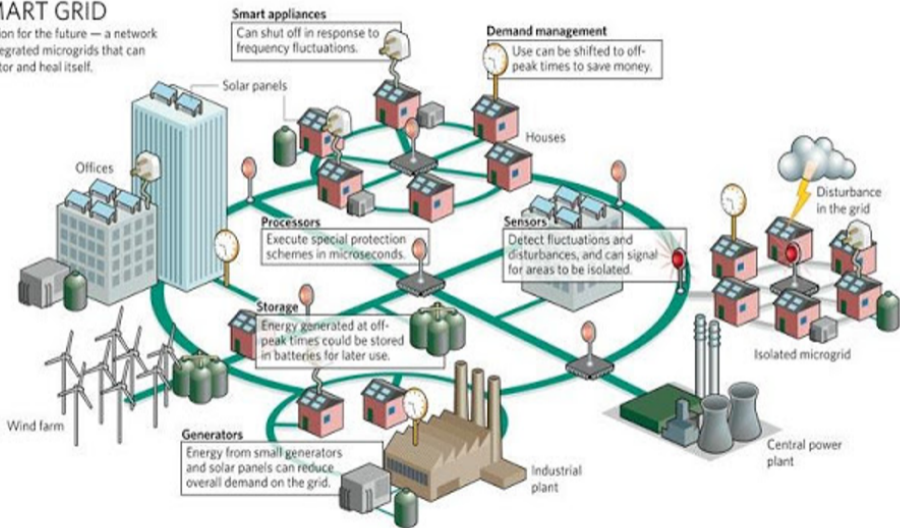
Automatic milking systems, such as US-based Lely's Astronaut, can be equipped with sensors to monitor the quality of the milk and check for signs of mastitis.

'One of the most important issues is to control and increase the quality of milk through IoT'

- Chytré zavlažování
  - Pomocí senzorů určete množství vlhkosti v půdě.
  - uvolnění průtoku vody
  - používání předem definovaných úrovní vlhkosti
  - Plánování zavlažování
- Řízení skleníků
  - Automatické řízení klimatických podmínek uvnitř skleníku
  - Využití několika senzorů ke sledování
  - Využití ovládacích zařízení k řízení
  - ventily pro vypouštění vody a spínače pro ovládání ventilátorů
  - Údržba zemědělské produkce

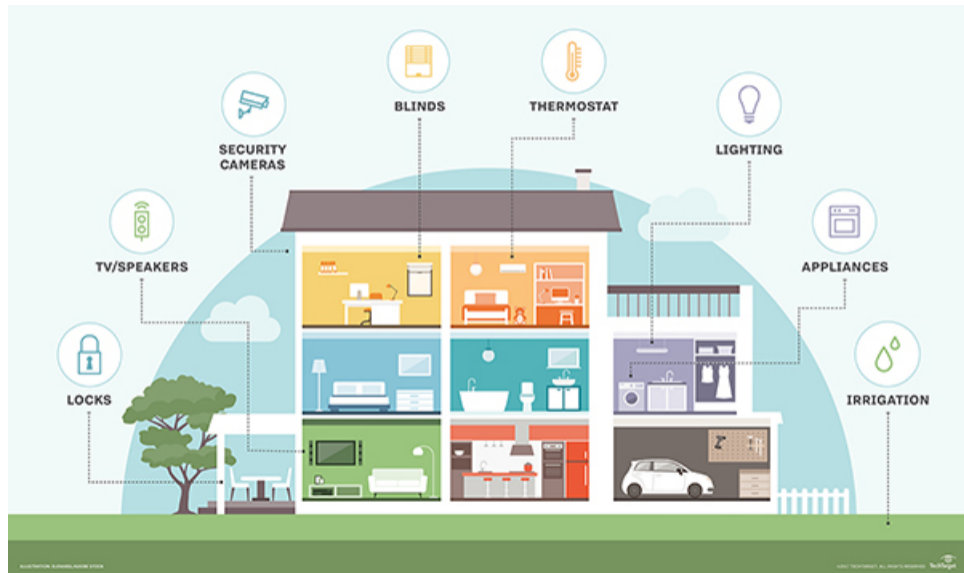
## SMART GRID

A vision for the future — a network of integrated microgrids that can monitor and heal itself.



- Chytré sítě
  - Sběr dat o výrobě, spotřebě, skladování (přeměna energie na jiné formy), distribuci, údaje o stavu zařízení.
  - Řízení spotřeby elektřiny
  - Dálkové vypínání dodávek
- Systémy obnovitelné energie
  - Měření elektrických veličin
  - Měření množství energie dodávané do sítě
- Prognostika
  - Předpověď výkonu strojů nebo energetických systémů
  - Sběr a analýza dat ze snímačů





- Chytré osvětlení
  - Ovládání osvětlení na dálku (mobilní nebo webové aplikace)
  - Philips Hue ↗ Nanoleaf Elements ↗
- Chytré spotřebiče
  - Poskytování informací o stavu uživatelům na dálku
- Detekce narušení
  - Využití bezpečnostních kamer a senzorů (PIR senzory a dveřní senzory)
  - Detekce narušení a vyvolání výstrahy
  - Forma výstrah: IM, SMS nebo e-mail zaslaný uživateli
- Detektory kouře/plynu
  - Používají optickou detekci, ionizaci nebo techniky odběru vzorků vzduchu k detekci kouře.
  - Detektory plynů mohou detekovat škodlivé plyny: CO, LPG
  - Vyvolávají výstrahy pro uživatele nebo místní oddělení požární ochrany

## Další věci: chytrá zátka

- Datum lahvování
- Druh hroznů
- Cukernatost
- Procento alkoholu
- Viniční trať

