

Standards a nestandards v chytrém bydlení a automatizaci budov

*Miloš Hernych
Ústav mechatroniky a technické informatiky
Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií
Technická univerzita v Liberci*

Motto:

Nejenom v armádě platí, že bez spojení není velení!



Foto: http://www.boston.va.gov/features/Social_Work_Matters_to_VA_BHS.asp

Pyramida řízení v automatizaci budov

Úroveň managementu – sledování trendů, statistika, mezní stavy, alarmy, propojení na účetní systémy apod.

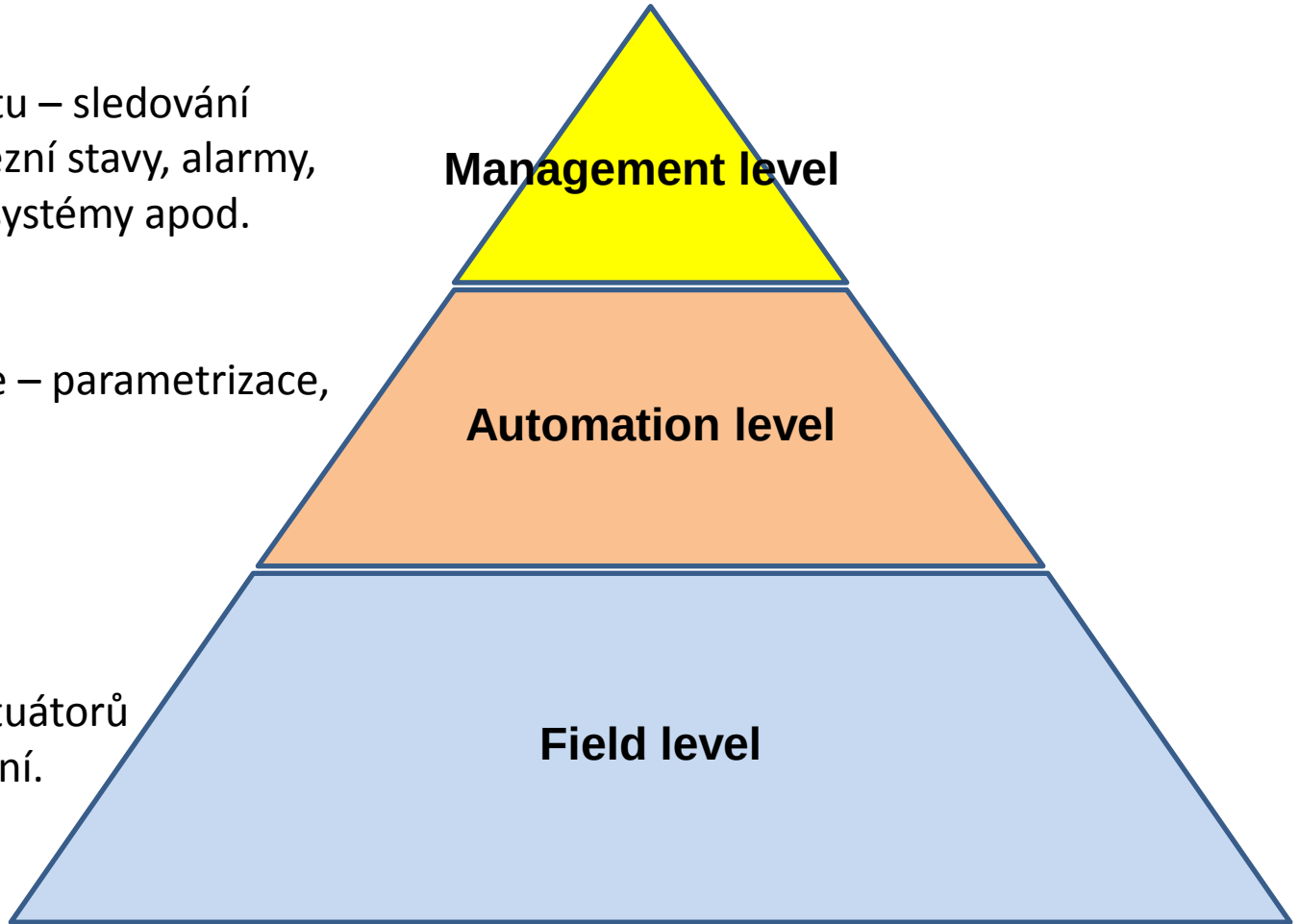
Management level

Úroveň automatizace – parametrizace, vizualizace, sběr dat.

Automation level

Úroveň senzorů a aktuátorů
přímé řízení a ovládání.

Field level



Koncepty řízení a koordinace provozu budov

Centralizované

Sběrem dat a rozhodování o funkci jednotlivých prvků se zabývá jedna nebo několik málo řídicích jednotek či serverů, komunikace server-klient, master-slave.

Decentralizované

Každý prvek má svou „inteligenci“ a rozhoduje o své činnosti, senzory a aktory se „demokraticky“ dělí o sběrnici, komunikace peer-to-peer.

Hybridní

Kombinace předchozích v jednom systému.

Přenos informací na fyzické vrstvě I.

Silový vodič (Power Line)

Ke komunikaci je využíván přímo silový rozvod, signál je modulován na napájecí napětí.

Výhody- není potřeba speciálních datových rozvodů, možno použít „dodatečně“ bez nutnosti rekonstrukce elektroinstalace.

Nevýhody- problematický přenos a zabezpečení dat (chybovost, rychlost, přenos mezi fázemi a mimo instalaci), konstrukční ošetření elektrické bezpečnosti prvků.

Dedikovaný metalický rozvod

Prvky komunikují po speciálním nízkonapěťovém rozvodu, typicky dvoudrátovém nebo čtyřdrátovém.

Výhody - vysoká spolehlivost a dostatečná rychlost.

Nevýhody - nutnost budovat samostatné rozvody, nutnost zajistit elektrickou bezpečnost NN rozvodů.

Bezdrátový přenos

Elektromagnetické záření na různých frekvencích, v budovách se dobře šíří sub-GHz signál. Používají se zejména pásma

- bezlicenční frekvence ISM (*Industrial, Scientific and Medical*):
 - region 1 (Evropa, Afrika) 433 MHz
 - region 2 (Amerika) 902 – 928 MHz
 - celosvětově 2,45 GHz a 5,8 GHz,
- bezlicenční frekvence SRD (*Short Range Devices*)
 - Evropa – 863 - 870 MHz
- IrDA - infračervené záření kolem 850-900 nm/350 THz.

Výhody - není třeba budovat datové rozvody, elektrická bezpečnost.

Nevýhody - možnost rušení, nízká spolehlivost, malý dosah.

Přenos informací na fyzické vrstvě II.

Optické vlákno

K přenosu se používá vysokofrekvenčního EMG, především infračerveného světla, ve skleněných nebo plastových vláknech.

Typické vlnové délky („okna“ s malým útlumem u skleněných vláken):

- O (*Original*) 1260 - 1360 nm
- E (*Extended*) 1360 - 1460 nm
- S (*Short wavelength*) 1460 - 1530 nm
- C (*Conventional*) 1530 - 1565 nm
- L (*Long wavelength*) 1565 - 1625 nm
- U (*Ultra*) nad 1625 nm

Výhody - imunní vůči EMG rušení, rozdílu elektrických potenciálů, zásahům blesků apod., obrovská datová propustnost, malý útlum, přenos na velké vzdálenosti.

Nevýhody – nízká mechanická odolnost, vysoká cena komponent.

Ethernet

K přenosu se používá standardní strukturovaná kabeláž nebo bezdrátové WiFi prvky na frekvencích 2,4/5 GHz.

Výhody - nízká cena komponent, masová výroba prvků, snadná integrace do Internetu.

Nevýhody – problematická bezpečnost, odezva.

Komunikační sběrnice a protokoly v automatizaci budov

Podle účelu použití:

- **Univerzální**
 - Obecnější řešení, automatizace budov je jedna z mnoha aplikací.
- **Specializované**
 - Koncipované výhradně nebo zejména pro automatizaci budov.

Podle přístupu k jejich využívání:

- **Proprietární**
 - Neveřejné nebo „tajné“, využíváné jedním nebo více výrobci, často specializovaná na určitou oblast.
- **Standardizované exkluzivní**
 - Standardizované, spravované správcovskou organizací, využívání podmíněno členstvím, placením licenčních poplatků, certifikací ap.
- **Standardizované otevřené**
 - Standardizované veřejné, volně využitelné.

Univerzální sběrnice a protokoly

Sběrnice:

RS485

CAN

Ethernet

příp. I²C, 1Wire,...

RF systémy:

WiFi (IEEE 802.11)

ZigBee/MiWi (IEEE 802.15.4)

Bluetooth (IEEE 802.15.1)

iQRF

...

Protokoly:

TCP/IP, UDP/IP

Profibus

Modbus

Fieldbus

DeviceNet

...

Přehled ekosystémů pro automatizaci budov

„Velká trojka“:

KNX/EIB

LONWorks

BACnet

Ostatní univerzální:

X10

Insteon

ENOcean

Z-Wave

...

Ostatní specializované:

DALI

DMX512

OpenTherm

M-bus

MP-bus

Standard Motor Interface (SMI)

...

Firemní řešení:

Universal Powerline Bus (UPB) - PCS Powerline

Local Control Network (LCN) - ISSENDORFF KG, D

C-Bus - Clipsal/Schneider Electric

xComfort - Moeller/Eaton

Nikobus - Niko/Moeller/Eaton

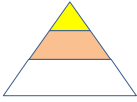
EGO-N - ABB

Poseidon/BOSys - ENIKA.CZ, s.r.o.

INELS - Elko EP, s.r.o.

CFOX/RFOX - Teco, a.s.

...



BACnet

(*Building Automation and Control Networks*)

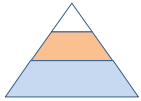


- objektově orientovaná „nadstavba“ nad běžnými komunikačními sběrnici, typicky sítěmi Ethernet nebo RS485,
- dovoluje připojovat systémy různých standardů, používaných v automatizaci budov, pomocí routerů jako bran mezi různými oddělenými sběrnici a sítěmi,
- poskytuje služby hlášení (*Alarms*), událostí (*Events*), přístupu k souborům (*File Access Services*), přístupu k objektům (*Object Access Services*), vzdálené správy zařízení (*Remote Device Management Services*) nebo virtuálního terminálu,
- snímače, akční členy a řídicí prvky nebo jejich skupiny jsou definovány jako objekty, které mají definované informační položky a jejich hodnoty,
- definováno celkem 54 standardizovaných typů objektů, například *Analog Input* (AI), *Binary Output* (BO), *Multistate Value* (MV), *Device* (DEV), *Program* (PG) nebo *Trendlog* (TL), které jsou prvkům dle jejich vlastností a funkčnosti přiřazovány. Zprávy jsou buď potvrzované (klient - server) nebo nepotvrzované (jednosměrná komunikace mezi zdrojem zprávy a jejím cílem bez potvrzování).
- každý prvek musí mít definovanou unikátní adresu Device ID,
- vznik protokolu USA v roce 1987, snahou bylo vytvořit nástroj pro výměnu dat mezi prvky HVAC (*Heating, Ventilation, Air-Condition*), osvětlovacími, požárními nebo přístupovými systémy,
- k 6. 11. 2015 858 *Vendor's ID*, z toho 9 z ČR.

Standardizováno normami ISO (mj.):

- ISO 16484-1:2010 Building automation and control systems (BACS) Part 1: Project specification and implementation
 - ISO 16484-2:2004 Building automation and control systems (BACS) Part 2: Hardware
 - ISO 16484-3:2005 Building automation and control systems (BACS) Part 3: Functions
 - ISO/NP 16484-4 Building automation and control systems Part 4: Control applications (v přípravě)
 - ISO 16484-5:2014 Building automation and control systems (BACS) Part 5: Data communication protocol
 - ISO 16484-6:2014 Building automation and control systems (BACS) Part 6: Data communication conformance testing
- Více: <http://automatizace.hw.cz/uvod-do-bacnetu-building-automation-and-controls-network>





LONWorks/LONTalk

(Local Operating Network)



LONMARK®
INTERNATIONAL

- vyvinut původně pro automobilový průmysl,
- firma Echelon, Toshiba a Motorola (1989-1992),
- z obecné definice sítě zvané *Local Operating Networks*,
- peer-to-peer architektura s prioritním systémem zasílání zpráv mezi 2-32000 prvky,
- základem sítě je tzv. *Node* - speciální mikrokontrolér (*Neuron chip*),
- na něm běží LonTalk protokol, komunikace je nezávislá na fyzickém přenosovém médiu a na topologii sítě,
- tranceiver zprostředkovává propojení s daným fyzickým médiem.

Standardizováno normami ISO (mj.):

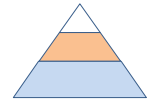
- ISO 14908-1:2012 Protocol stack
- ISO 14908-3:2012 Power line channel specification
- ISO 14908-2:2012 Twisted pair communication
- ISO 14908-4:2012 IP communication.

Komunikace je možná:

- kroucenou dvoulinkou (TP) – rychlosti 78 kbps (na sběrnici až 1400 m), 1,25 Mbps (do 130 m),
- po silovém vedení (PL) – rychlost 10 kbps (78 nebo 125 kHz),
- radiofrekvenčním přenosem – v pásmech 400-470 MHz a 868 MHz, příp. i 49 MHz, 1,2 GHz a 2,4 GHz,
- po optickém kabelu,
- pomocí IrDA,
- koaxiálním kabelem.



KNX/EIB

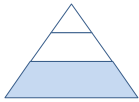


- standardizováno sdružením KONNEX (od roku 1999), vznik sloučením:
 - EIB - standardizován European Instalation Bus Association (Belgie) 1989 – TP1 (9,6kbit), PL110 (silový vodič 110kHz)
 - BATIBUS (Fr) – TP0 (4,8kbit)
 - EHSA (NL) – PL132
- síť peer-to-peer s prioritami, komunikace typu CSMA-CA se synchronizací,
- komunikace mezi BCU (*Bus Coupler Unit*) jednotkami, rozsáhlejší instalace přes spojky,
- hierarchie
 - Liniový segment – max. 64 BCU, max. 1200 m
 - Linie – max. 255 BCU, max. 4 liniové segmenty
 - Oblast – max. 15+1 linií
 - Páteřní linie – max. 15+1 oblastí
- ve sdružení kolem 400 výrobců, 14 certifikačních zkušebních míst, 100 školících pracovišť, cca certifikovaných 7000 produktů,
- konfigurace pomocí jednotného SW ETS, příp. v režimu *Easy mode* nebo A2000

Standardizováno normami EN 50090 a ISO/IEC 14543-3:

- Part 3-1: Communication layers – Application layer for network based control of HES Class 1
- Part 3-2: Communication layers – Transport, network and general parts of data link layer for network based control of HES Class 1
- Part 3-3: User process for network based control of HES Class 1
- Part 3-4: System management – Management procedures for network based control of HES Class 1
- Part 3-5: Media and media dependent layers – Powerline for network based control of HES Class 1
- Part 3-6: Media and media dependent layers – Twisted pair for network based control of HES Class 1
- Part 3-7: Media and media dependent layers – Radio frequency for network based control of HES Class 1





X10

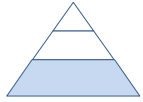


- vznik v r. 1975, firma Pico Electronics ve skotském městě Glenrothes,
- přenosu informací po napájecím vedení (PL),
- signál je modulován frekvencí 120 kHz,
- triviální protokol s úvodní sekvencí (Start code), adresou cíle (House code - max.16 adres) a příkazem (Key number – max.32 kódů),
- přenosová rychlost je velmi malá (každá půlvlna 1 bit),
- velmi oblíben a rozšířen,
- velké množství jeho derivátů vč. RF 310MHz (USA) a 433MHz (Evropa).

Další informace:

<http://www.smarthomeusa.com/how-x10-works/#theory>

http://kbase.x10.com/wiki/Main_Page



INSTEON

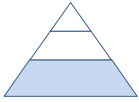


- Protokol rozvíjený od roku 2005 firmou Smartlabs, Inc. z Kalifornie,
- přenášen tzv. dual-mesh sítí s přeskoky a opakováním:
 - po napájecím vedení PL - 131.65 kHz, dvoustavová PSK, teoretická bitová rychlost 2880 bps, reálně se snižuje přeskoky a ACK, v příp.max. počtu přeskoků (3) s ACK reálně dosahovaná rychlost 180 bps
 - současně bezdrátově (RF - 902 to 924 MHz, FSK modulace, 38400 bps),
- peer-to-peer, může však mít koordinátora a propojení přes rozhraní k nadřazené správě,
- struktura zprávy:
 - 3 B zdrojové adresy (16 777 216 unikátních adres, přidělováno výrobcem)
 - 3 B cílové adresy
 - 1 B flagy (1 b broadcast/NAK, 1 b group, 1 b acknowledge, 1 b extended/standard msg , 2 b counted down hops, 2 b max.hops)
 - 2 B příkaz (65535 příkazů)
 - volitelně 14 B uživatelských dat
 - 1 B kontrolní byte CRC

Krátká zpráva trvá v sítích PL 60 Hz 50 ms, dlouhá 108 ms, RF cca 5 a 8 ms.
- Zpětně kompatibilní s X10.
- Výrobcem prvků je firma dceřiná firma Insteon, v současnosti nabízí kolem 200 různých prvků (LED světla, vypínače, klávesnice, web kamery, termostaty, snímače apod.)

Detaily: http://cache.insteon.com/documentation/insteon_details.pdf





EnOcean



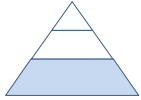
- RF systém na frekvencích 315 MHz (Asie), 868 MHz (Evropa, Čína), 902 MHz (USA, Kanada) a 928 MHz (Japonsko),
- základní myšlenka - provozovat senzory bez nutnosti vnějšího napájení – energii pro svůj provoz si „vyrábí“ samy z mechanického pohybu (tlačítka, koncové spínače), solární energií nebo využitím termoelektrického jevu,
- Sídlo EnOcean Alliance je v Kalifornii, původ je ve spin-off firmě, kterou založil Siemens v roce 2001 v Mnichově, a také velká část firem v alianci je německých,
- v současné nabídce kolem 1300 výrobků, vč. bridge do LON/KNX/BAC.

Standardizováno normou:

ISO/IEC 14543-3-10 Information technology - Home Electronic Systems (HES) - Part 3-10: Wireless Short-Packet (WSP) protocol optimized for energy harvesting - Architecture and lower layer protocols

Další informace:

<https://www.enocean.com/en/home/>



Z-Wave

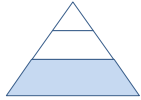


- RF systém na frekvencích kolem 900 MHz, Evropa - 868.42 MHz, USA - 908.42 MHz, topologie sítě MESH, rychlosti 9,6 kbit – 100 kbit,
- koncipováno pro provoz na baterie, maximálně 232 nodů s jedinečným 8bit ID, nutný hlavní koordinátor, volitelně je možné definovat sekundární koordinátory, každý prvek má přidělen ještě 32bit síťový ID, mezi sebou komunikují pouze prvky se stejným síť. ID.
- Původně dánský start-up (2008), dnes v Z-Wave Alianci přes 300 výrobců a 1300 výrobků.

Rozhraní popsáno doporučením ITU-T G.9959.

Další informace:

<http://z-wavealliance.org/>

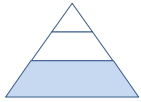


DALI

(Digital Addressable Lighting Interface)

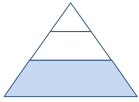
- řízení osvětlení s elektronickými předřadníky a stmívači, ovládanými napětím 0-10 V,
- udržován sdružením AG DALI – členové sdružení mají právo užívat obchodní značku, nečlenové musí za využití platit poplatek,
- prvky komunikují obousměrným asynchronním protokolem po dvoulince, log.0 je prezentovaná napětím 0 ± 4.5 V, log.1 16 ± 6.5 V, rychlost 1200 bps, topologie linie nebo hvězda, často použit spec.vodič s 3 žilami napájení a 2 datovými žilami -> není SELV,
- každý prvek má v síti unikátní adresu 0-63, přes gateway možno rozšířit o dalších 64 adres.

Standard popsán normami IEC 60929 a IEC 62386.



DMX512

- vyvinut na *United States Institute for Theatre Technology* v r. 1986
- určen pro světelnou jevištní techniku, pyrotechniku apod.,
- fyzická vrstva RS485 s max. 32 až 256 přijímači v jednom segmentu, impedanční přizpůsobení linky terminátorem 120 Ohmů, max. délka 1200 m,
- přenosová rychlost 250 kBit/s, paket max. 512 B bez adresy,
- Paket: byte START – 8 bit DATA bez parity – 2 STOP bity, max. klid na lince 1 s,
- rychlost opakování až 44 Hz



OpenTherm



- otevřený protokol pro komunikaci (například) mezi termostaty a kotli, obecně HVAC,
- definován firmou Honeywell v r. 1996, zastřešen sdružením,
- nepovinná certifikace -> funkčnost není 100% zajištěna,
- komunikace po 2 vodičích bez definice polarity, master (termostat) – slave (kotel), master nastavuje a kontroluje teplotu v kotli.

OpenTherm/Plus (OT/+)

Vodiče slouží ke komunikaci i napájení (ze slave), master mění napětí, slave mění proud
Definováno 256 komunikačních paketů, z toho 128 pro volné použití, 90 předdefinovaných.

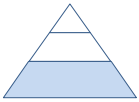
OpenTherm/Lite (OT/-)

Master generuje napěťový signál PWM, slave proudový signál OK/ERROR

OpenTherm Smart Power

Umožňuje přidávat další funkcionality, možnost komunikace multipoint-to-point přes gateway.

<http://www.domoticaforum.eu/uploaded/Ard%20M/Opentherm%20Protocol%20v2-2.pdf>



M-Bus



(Meter Bus)

- komunikační protokol určený zejména pro dálkový odečet,
- Autorem prof. Horst Ziegler (University of Paderborn) s Texas Instruments,
- verze „drátová“:
 - Master-Slave, na jedné sběrnici max 250 stanic,
 - rychlost 300 bps (1000 m), 9600 bps (350 m),
 - dvoudrátový vodič – master log.1 - 36 V, log.0 24 V, stanice odebírá 1,5 mA (log.1) nebo cca 15 mA (log.0),
 - komunikace asynchronní 8 bitů v rámci, adresy zařízení 0-250.
- Verze bezdrátová:
 - Frekvence 868 MHz, max. rychlost 100 kbit/s.

Definováno:

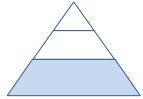
EN 13757-2 (fyzická a linková vrstva)

EN 13757-3 (aplikační vrstva)

EN 13757-4 (Wireless M-Bus)

Další info: <http://www.m-bus.com/>



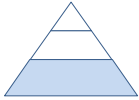


UPB (Universal Powerline Bus)



- protokol firmy PCS Powerline Systems z Kalifornie z roku 1999,
- přenášen po PL, modulace PPM (*Pulse-Position Modulation*) – krátké pulzy až 40 V v přesně daných okamžicích,
- v každé půlvině jeden dibit (4 pulzy), v 60Hz síti 240 bitů/s,
- peer-to-peer, může být definováno až 250 sítí, každá s 250 prvky.

Detaily: <http://www.simply-automated.com/documents/UpbDescriptionV1.2a.pdf>

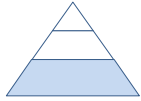


LCN (Local Control Network)



- řešení německé firmy ISSENDORFF KG - LCN Building Automation, vyvíjené od roku 1992,
- data jsou přenášena po 1 dedikovaném vodiči, instalovaném spolu s L-N-PE, druhým vodičem je N,
- datagramy trvají 8,3 ms, max. 100 datagramů/s, obsahují ID odesílatele, CHK, cílový segment, cílový ID a 24 bitů dat, impulzy ± 30 V,
- peer-to-peer, může být definováno až 120 liniových segmentů (max. 1000 m dlouhých), každý s max. 250 prvky, propojeny přes LCS IS (izolátory-zesilovače), vzdálené max. 20 m od sebe, příp. přes optické vlákno (max. 2 km),
- je možné definovat až 250 skupin prvků, každý prvek může být součástí až 12 skupin.

Detaily: http://www.lcn.eu/images/NewsDownloads/en/LCN-Katalog_2010_EN.pdf



C-Bus



- řešení australské Clipsal Integrated Systems (v roce 2004 převzata Schneider Electric),
- data jsou přenášena po dedikovaném vodiči - 2 lince nebo UTP Cat.5, délka segmentu max. 100 m, max. 100 prvků, další přes bridge, max. 255 segmentů,
- Komunikační rychlost 9600 bitů/s.

Detaily: <http://training.clipsal.com/downloads/OpenCBus/Serial%20Interface%20User%20Guide.pdf>



xComfort



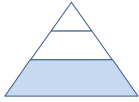
- řešení firmy Eaton,
- bezdrátový systém na frekvenci 868,3 MHz, napájení buď z baterií (zpravidla senzory) nebo ze sítě (zpravidla aktory),
- mezi prvky je možné routování, připojení na nadřazené systémy pomocí Smart Manageru (max. 99 prvků).



NIKOBUS



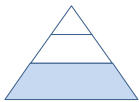
- Původní návrh sběrnicevého systému nizozemské firmy Niko z 90let, převzato firmou Moeller, následně Eaton, konec prodeje 12/2015.
- Dedikovaný vodič typu TP, na sběrnici max. 1000 m max. 25 řídicích jednotek, k řídicí jednotce možné připojit max. 256 snímačů (max. 350 m).



EGO-n



- řešení firmy ABB, uvedeno na trh v roce 2007,
- sběrníkový systém, lineární topologie, 4vodičový kabel, na primární sběrnici o max. délce 700 m může být připojeno max. 64 prvků, přes sekundární sběrnici je možné připojit až 8 primárních sběrnic.



BOSys/Poseidon

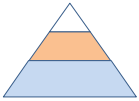


- Bezdrátové systémy firmy ENIKA.CZ, Nová Paka,
- BOSys funguje na frekvenci 433 MHz,
- Poseidon funguje na frekvenci 868 MHz.

INELS



- dodáváno firmou ELKO EP, uvedeno na trh v roce 2005,
- sběrníkový systém - liniová topologie na sběrnici CIB (CAN bus), master-slave, max. 2x 32 jednotek k masteru, dalších 128/256 jednotek přes pomocné externí moduly, každá sběrnice max. 550 m.
- RF systém - 868 MHz / 915 MHz / 916 MHz.



Foxtrot



- vyráběno firmou Teco, a.s., Kolín, uvedeno na trh v roce 2005,
- Systém s centrální jednotkou PLC řady Foxtrot,
- CFox - sběrniceový systém - liniová topologie na sběrnici CIB, komunikace master-slave, max. 2x 32 jednotek k PLC, dalších 256 přes pomocné externí moduly, každá sběrnice max. 550 m,
- RF systém – 868,35 MHz, FSK modulace, obousměrná komunikace s potvrzováním, rychlost 19200 bitů/s, k masteru možné připojit max. 64 modulů, k PLC Foxtrot max. 4 mastery.

Další informace: www.tecomat.com

Otevřené protokoly pro automatizaci budov

xAP

- otevřený protokol používá pro domácí automatizaci,
- může využívat RS232, RS485, Ethernet a bezdrátové připojení
- Mezi sběrnici komunikuje přes bridge,
- Architektura peer-to-peer

xPL

- otevřený protokol, pracuje v sítích LAN na UDP portu 3865.

VSCP (Very Simple Control Protocol)

- Otevřený protokol pro domácí automatizaci,
- každý uzel může pracovat autonomně nebo v distribuované síti,
- realizace na sběrnici CAN, Ethernet, RS-485, RS-232, MiWi)
- level I. pro pomalé sběrnice a procesory, Level II. pro protokoly Ethernet UDP/TCP, RAW Ethernet (blízký UDP) a bezdrát.

AllJoyn

- Otevřený protokol na sítích WiFi,
- Master – slave komunikace (master = žárovka, slave = vypínač),
- každé zařízení poskytuje XML soubor s vlastnostmi.

oBIX (Open Building Information Exchange)

- Rozhraní pro webové orientované služby s využitím XML a URI (Uniform Resource Identifier – řetězcová identifikace zdroje)

Zamyšlení nad stavem IB v ČR:

v roce 2011 stálo v ČR 2 158 119 domů k bydlení, z toho

- 1 252 237 s 1 bytem,
- 348 744 se 2-3 byty,
- 121 755 se 4-11 byty,
- 75 582 s 12 a více byty¹

ročně se postaví nebo opraví cca 30 000 bytových a 20 000 dalších budov²

Kolik z nich je „chytrých“?

- 1) <http://www.mmr.cz/getmedia/0f40fca0-0fb5-4fb3-b7ec-9fe33f7bc67f/Vybrane-udaje-bydleni-2013.pdf>
- 2) <https://www.czso.cz/csu/czso/stavebnictvi>

„Jak to chodí?“

„Chodí to výborně, ale neseje to!“

Zdroj: O. Lipský, L. Smoljak, Z. Svěrák: Marečku, podejte mi pero!

Děkuji za pozornost!