

PRIMJENA HART PROTOKOLA ZA KOMUNIKACIJU SA PAMETNIM UREĐAJIMA U POLJU

Adnan M. Mulaosmanović
Global Ispat Koksna Industrija Lukavac, Bosna i Hercegovina
e-adresa: adnan.mulaosmanovic@gmail.com

DOI: 10.5937/vojtehg63-7279

OBLAST: telekomunikacije
VRSTA ČLANKA: stručni članak
JEZIK ČLANKA: srpski

Sažetak:

Pametni instrumentacijski protokoli su dizajnirani za aplikacije gdje se podaci prikupljaju sa instrumenata, senzora i aktuatora koristeći digitalne komunikacijske metode. HART protokol je tipični predstavnik pametnog instrumentacijskog Fieldbus-a. Više od 40 miliona HART uređaja je instalirano u cijelom svijetu, a HART tehnologija predstavlja nejrašireniji komunikacijski protokol za inteligentne procesne instrumente. Dva komunikacijska kanala podržana su od strane HART uređaja, a to su strujni krug 4-20 mA i HART digitalni komunikacijski kanal. Digitalni komunikacijski kanal simultano šalje informacije preko istih žica i bez ometanja analognog kanala. Ovaj dvosmjerni komunikacijski kanal osigurava real time pristup podacima dostupnim na HART pametnim uređajima. U ovom radu govorit će se o osobinama i primjeni HART protokola.

Ključne reči: HART protokol, signali, protokoli, digitalizacija.

Uvod

Jedan od najrasprostranjenijih standarda za komunikaciju na nivou mjerenja i procesne regulacije je HART protokol, razvijen od strane Rosemount Inc, a nakon ustupanja svih prava nezavisnoj Hart Communication Foundation (HCF) fondaciji. Ovo je otvoreni standard u vlasništvu više od 290 (podatak iz septembra 2013. godine) firmi članica okupljenih u HCF. HART (Highway Addressable Remote Transducer) protokol je najčešće korištena komunikaciona tehnologija za pristup inteligentnim uređajima. Uređaji koji koriste HART protokol koriste i analogni standardni strujni signal 4-20 mA i digitalni signal, koji obezbjeđuje veliku fleksibilnost koja se ne može naći ni kod jedne druge komunikacione tehnologije (HART Communication Foundation, 2014).

Drugim riječima, HART je hibridni komunikacioni standard sa jednim kanalom, putem kojeg se prenosi jedna informacija analognim signalom od 4 do 20 mA DC, i drugim kanalom za digitalni prenos različitih informacija putem strujnih impulsa koji predstavljaju digitalne vrijednosti 0 i 1. Digitalni strujni impulsi se superponiraju na analogni DC strujni signal, tako da se putem iste parice simultano prenose oba signala (analogni i digitalni)

HART je tipični request-response komunikacioni protokol (master - slave), što znači da u toku normalnog rada svaki uređaj u polju može da bude prozvan od strane glavnog komunikacionog uređaja (host). U toku normalnog rada vrijeme odziva iznosi približno 500 ms za svaki uređaj u polju, bez ometanja prenosa analognog signala. Obično postoji mogućnost spajanja dva hosta na svaki HART krug. Primarni host je obično

- DCS (Distributed Control System),
- PLC (Programmable Logic Controller),
- PC (Personal Computer).

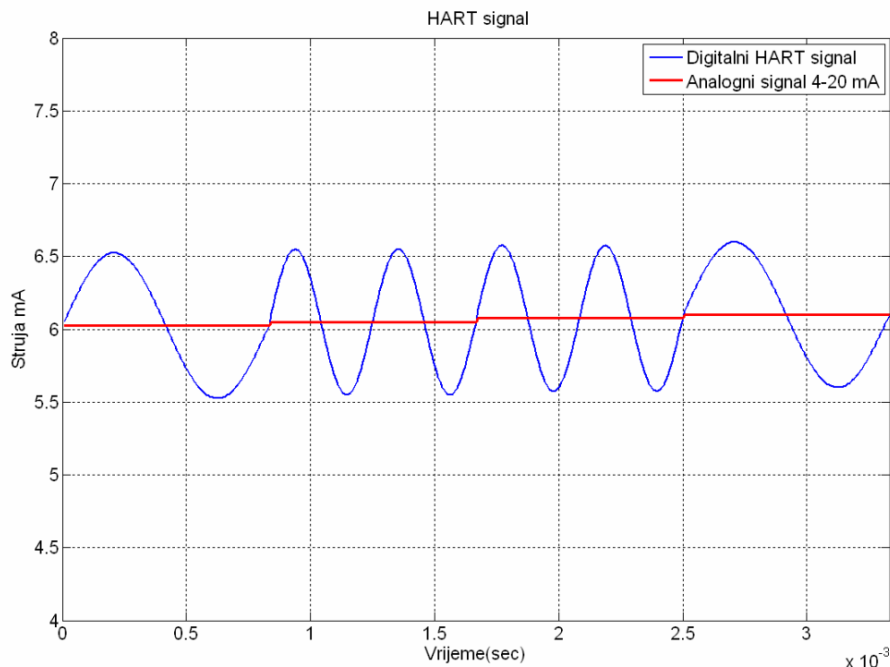
Sekundarni host je obično ručni terminal za parametrisiranje uređaja (mjerne opreme – transmitera, aktuatora ili kontrolera) ili drugi PC računar.

Neki HART uređaji podržavaju opcioni “burst” režim komunikacije koji omogućava bržu komunikaciju, 3 – 4 osvježenja podataka po sekundi. U “burst” modu, host nalaže uređaju u polju da konstantno šalje standardniju reply poruku (na primjer, vrijednost procesne varijable). Host prima ove ubrzane poruke sve dok ne javi uređaju u polju da prestane sa ovakvim načinom rada (HART Communication Foundation, 2014).

Karakteristike HART protokola

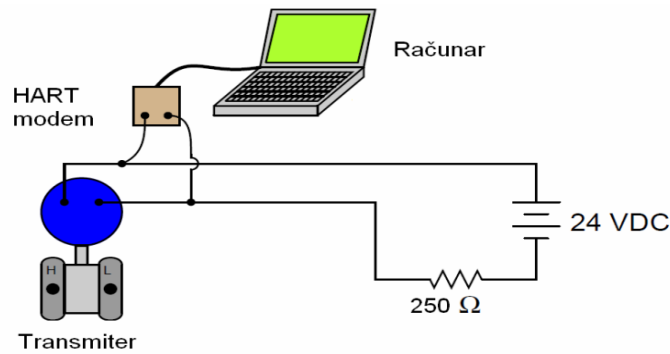
HART komunikacioni protokol baziran je na Bell 202 telefonskom komunikacionom standardu i radi primjenom FSK modulacije (frequency shift keying – frekventna modulacija). Na ovaj način omogućeno je superponiranje digitalnog signala na postojeći analogni signal. Digitalni signal se sastoji od dvije frekvencije 1200 Hz koja predstavlja digitalnu 1, i 2200 Hz koja predstavlja digitalnu 0. Pošto je srednja vrijednost FSK signala jednaka nuli, prenos podataka ne utiče na vrijednost analogne veličine (4-20 mA) koja se prenosi.

Kao druga brža opcija prenosa podataka na fizičkom nivou u verzijama HART 6 i HART 7 može se koristiti Phase Shift Keying (PSK). PSK podržava znatno bržu komunikaciju sa standardnim command/ response (zahtjev/odgovor) propusnom moći od 10 do 12 transakcija po sekundi simultano sa analognim signalom 4-20 mA. Ovo je standardom odobrena specifikacija, ali komercijalno još nisu dostupna elektronička kola koja bi omogućila implementaciju za dvožične uređaje (HART Communication Foundation, 2014).



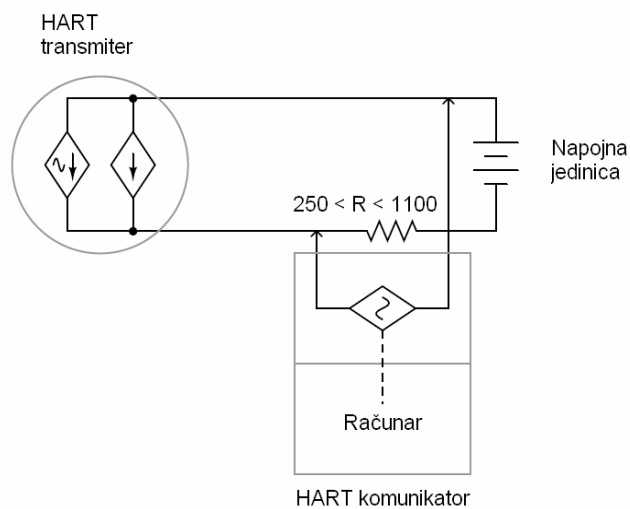
Slika 1 – HART digitalni signal
 Figure 1 – Digital HART signal
 Рис. 1 – цифровой HART-сигнал

Kada se pogleda standardni transmitterski HART strujni krug, pored transmitera i napojne jedinice u krugu se nalazi obično i otpornik od 250Ω (min 230Ω). Ovaj otpornik služi za stvaranje naponskog signala 1-5 V, kojeg mogu detektovati naponski osjetnici, bilo da se radi o indikatoru, kontroleru ili pisaču. Većina PLC kartica koje imaju mogućnost HART komunikacije imaju ugrađen dodatni otpornik. Međutim, ukoliko se koristi HART modem, neophodno je poznavanje dužine kabla i njegove otpornosti da bi se znalo da li je neophodno dodavati dodatni otpornik u komunikacioni krug. Za relativno kratke distance, npr. 100 m, može se sa sigurnošću uzeti dodatni otpor od 250Ω koji će se staviti u komunikacioni krug. Stoga je neophodno voditi računa da u HART strujnom krugu ukupni otpor kruga (precizni otpornik i otpor kablova) bude između 250Ω i 1100Ω . Vrlo često se dešava da prilikom provjere HART uređaja na ispitnom stolu tehničari zaborave postaviti u strujni krug odgovarajući otpornik, te samim tim nailaze na problem u ostvarivanju komunikacije sa samim uređajem. S druge strane, prevelik otpor kruga, čak i od 1100Ω , može dovesti do prevelikog pada napona, te samim time ugroziti rad transmitera koji neće imati dovoljno napona za normalan rad.



Slika 2 – Povezivanje HART modema
 Figure 2 – HART modem connection
 Рис. 2 – подключение HART-модема

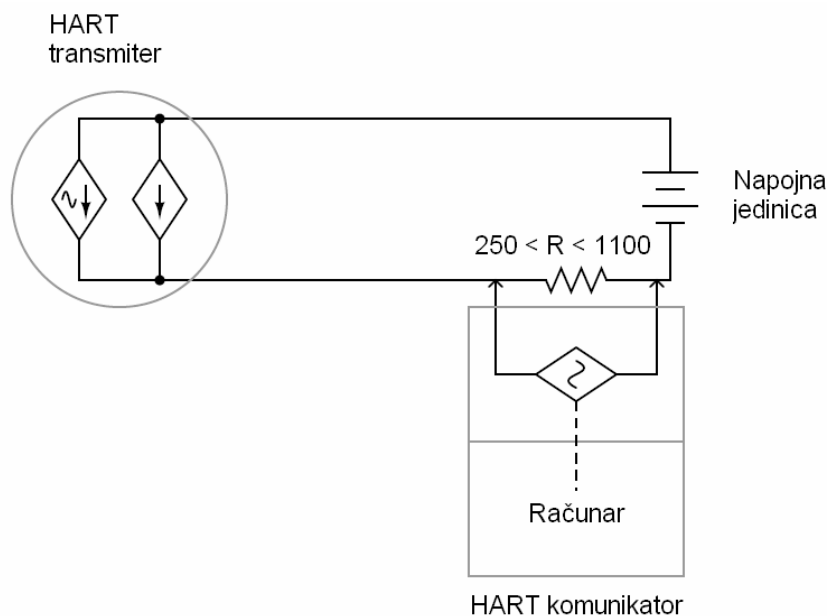
HART transmitter može se modelirati sa dva paralelna strujna izvora – jedan DC i jedan kao AC izvor. DC strujni izvor osigurava signal od 4 do 20 mA koji predstavlja procesnu veličinu i analogni strujni izlaz. AC strujni izvor se uključuje i isključuje po potrebi da kreira (ugradi) HART audio frekvencijski signal od 1 mA P-P (1 mA peak-to-peak), koji je neophodan za komunikaciju. Unutar transmitera se nalazi i HART modem za interpretaciju AC naponskih tonova kao HART paketa. Stoga se prenos podataka odvija putem AC strujnog izvora, a primanje podataka se odvija putem naponski osjetljivog modema, i to sve u sklopu transmitera i koristeći samo jednu paricu koja prenosi 4-20 mA DC signal (Kuphaldt, 2014).



Slika 3 – Model HART transmitera
 Figure 3 – HART transmitter model
 Рис. 3 – модель HART-трансммиттера

Radi jednostavnosti spajanja u polju, HART uređaji su dizajnirani tako da se mogu spajati paralelno jedan sa drugim. Na ovakav način otklanja se potreba za prekidom strujnog kruga (petlje) i prekidom DC strujnog signala svaki put kada se želi spojiti HART komunikator za komunikaciju sa transponderom. HART komunikator se može modelirati kao AC naponski izvor (jer HART standard definiše da master uređaj u HART mreži šalje AC naponski signal, dok slave uređaj šalje AC strujni signal), zajedno sa drugim HART naponski osjetljivim modermom za prijem HART podataka.

Generalno, uputstva proizvođača HART komunikatora preporučuju direktno paralelno spajanje sa HART instrumentima. Međutim, validno je i vrlo često i uobičajeno spajanje komunikatora paralelno sa otpornikom kao na narednoj slici, posebno zbog same fizičke izvedbe strujnog kruga i jednostavnijeg spajanja na izvode otpornika nego na redne stezaljke.



Slika 4 – Spajanje HART komunikatora
 Figure 4 – HARTcommunicator device connection
 Рис. 4 – подключение HART-коммуникатора

Struktura HART protokola

HART protokol bazira se na OSI (Open System Interconnection) referentnom modelu koji je razvijen od strane ISO (ISO – International Organization for Standardization) (DIN ISO 7498). OSI model obezbjeđuje strukturu i sve neophodne elemente komunikacionog sistema. Sam

HART protokol koristi reducirani OSI model, gdje su implementirana samo tri nivoa (sloja) od ukupno sedam, a to su nivoi: nivo 1 – fizički sloj (Layer 1), nivo 2 – sloj veze (Layer 2) i nivo 7 – aplikacijski sloj (Layer 7).

Prvi nivo (Layer 1) predstavlja fizički nivo komunikacije, koji radi na FSK principu kako je već prethodno navedeno.

Drugi nivo (Layer 2) predstavlja sloj veze i utvrđuje format HART poruka. Pošto je HART master-slave protokol, sve komunikacijske aktivnosti potiču od master-a. Struktura HART poruka bit će navedena u nastavku rada.

Sedmi nivo (Layer 7) predstavlja aplikacijski nivo, koji uvodi set instrukcija za komunikaciju. Master šalje poruke sa zahtjevima za određene varijable (vrijednosti) prema uređajima u polju. Ove varijable mogu biti različitog tipa. Uređaji u polju “tumače” ove zahtjeve kako je to definisano u HART-u i šalju ih prema master-u. Da bi komunikacija između uređaja bila što efikasnija, razvijene su klase usklađenosti za master uređaje, kao i klase komandi za opremu u polju. Postoji šest klasa usklađenosti za master uređaje, dok su komande za opremu u polju podijeljene na tri kategorije (Boyes, 2009). Klase usklađenosti su:

- čitanje mjerene varijable,
- čitanje univerzalnih informacija,
- pisanje uobičajenih (standardnih) parametara,
- čitanje specifičnih informacija,
- pisanje izabranih parametara,
- čitanje i pisanje cjelokupne baze podataka.

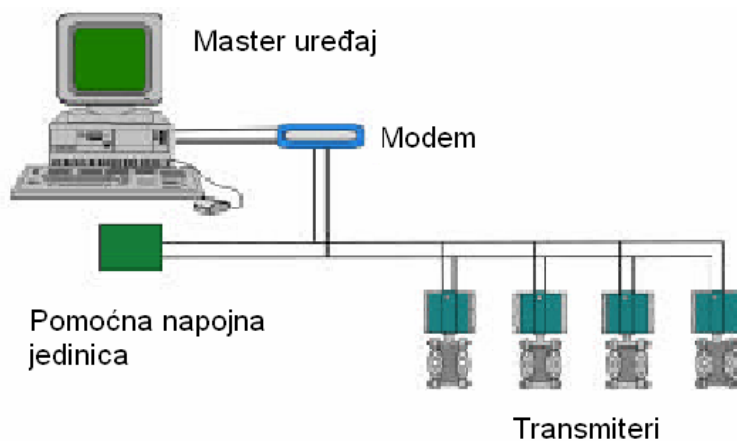
Klase HART komandi, kao što je već rečeno, podijeljene su u tri grupe: univerzalne (Universal), uobičajene (Common Practice) i specifične (Device-Specific).

Topologije HART-a

HART uređaji mogu da rade u dvije različite mrežne konfiguracije: Point-to-Point ili Multidrop. Point-to-point topologija je najčešće korišteni način spajanja HART uređaja na upravljački sistem. U Point-to-Point modu signal 4-20 mA se koristi za jednu procesnu varijablu, dok se dodatne procesne varjable, konfiguracijski parametri i ostali podaci koji se nalaze na uređaju prenose digitalno korištenjem HART protokola. Za vrijeme digitalne HART komunikacije analogni signal ostaje nepromjenjen i može biti korišten za procesno upravljanje. Digitalni HART signal daje pristup sekundarnim varijablama i drugim podacima koji se mogu koristiti u svrhu održavanja i dijagnostike.

Multidrop mod rada je i glavna funkcionalnost HART protokola koju su dizajneri protokola željeli, ali se ona relativno rijetko koristi u industriji. Više HART instrumenata može se spojiti međusobno paralelno na jednu paricu

radi razmjene informacija između tih instrumenata i hosta. Multidrop mod rada zahtjeva samo jednu paricu i dodatnu napojnu jedinicu koja napaja do 15 uređaja (HART 5) ili 62 uređaja (HART 7). Sve procesne vrijednosti se prenose digitalno. U ovom modu rada sve adrese uređaja koje su na mreži (u jednom krugu) moraju biti jedinstvene u opsegu od 1 do 15 (ili 1–63 u zavisnosti od revizije HART protokola), i struja kroz svaki od njih mora biti fiksna na minimalnoj vrijednosti (4 mA). Za komunikaciju sa uređajima u polju koriste se standardne HART komande za čitanje procesnih varijabli ili parametara uređaja. Glavni nedostatak ovakvog načina rada HART uređaja je relativno mala brzina prenosa od 1200 bps (bita po sekundi). Vremenski ciklus koji je neophodan da se iščita jedna informacija sa uređaja iznosi aproksimativno 500 ms. To znači da za mrežu od 15 uređaja vrijeme neophodno za skeniranje i čitanje primarne varijable (mjerne veličine) sa svih uređaja iznosi aproksimativno 7,5 sekundi. Multidrop način spajanja instrumenata obično se koristi u slučajevima kada se vrši mjerenje i kontrola na instalacijama koje su znatno razučene, kao što su cjevovodi, kao i za mjerenja čije su promjene relativno spore.



Slika 5 – HART uređaji spojeni u multidrop mrežu
 Figure 5 – HART field devices connected in a multidrop network
 Рис. 5 – HART-устройства соединенные в мультидропную сеть

Kod projektovanja multi-drop HART mreže mora se obratiti pažnja na sledeće:

- karakteristike kablova koji se koriste,
- startnu struju svih uređaja na mreži,
- struju ustaljenog stanja svih uređaja,
- minimalni startni napon svih uređaja,
- napojnu jedinicu koju koriste uređaji na mreži (aktivni izvor napajanja ili napajanje kroz krug).

Kablovi i napajanje

Teoretska gornja granica dužine kablova prilikom instalacije za HART iznosi 3000 m, što je zadovoljavajuće za većinu instalacija. Međutim, električne karakteristike kablova, većinom kapacitansa, ali i otpornost kablova, kao i broj uređaja koji su spojeni na njega, mogu znatno uticati na maksimalnu dozvoljenu dužinu. Sledeća formula može se koristiti za izračunavanje maksimalne dužine kablova (Park, et al, 2003):

$$L = \left[\frac{65 \cdot 10^6}{R \cdot C} \right] \cdot \left[\frac{C_f + 10000}{C} \right]$$

gdje su:

L – maksimalna dužina u metrima

R – ukupni otpor kruga (Ω)

C – kapacitansa kablova ($\frac{\mu F}{m}$)

C_f – maksimalni kapacitet uređaja (pF).

Ako se uzme da su dati sledeći podaci $R=250 \Omega$, $C=150 \frac{\mu F}{m}$ i $C_f=5000$ pF, tada se može izračunati da je maksimalna dozvoljena dužina kablova $L=1633$ m.

Uzemljenje takođe može znatno uticati na interferenciju na HART petlji, te se stoga mora obratiti posebna pažnja i na uzemljenje. Signalna petlja treba biti spojena na uzemljenje samo na jednom mestu, odnosno u jednoj tački. Generalno, najbolja lokacija za spajanje uzemljenja je u razvodnom ormaru, u blizini napojne jedinice. U novije vrijeme često se primjenjuje i standard IEC 61000-5-2 (IEC 61000-5-2 Electromagnetic compatibility EMC-Part 5 Installation and mitigation guidelines) koji preporučuje uzemljenje kablova na svakom kraju point-to-point instalacije i na svakom kraju multidrop instalacije. Na ovakav način osigurava se najbolja zaštita od EMC, kao i sigurnost. Ovaj metod pretpostavlja da su sve tačke uzemljenja na istom potencijalu (ekvipotencijalna mreža).

Napojne jedinice takođe mogu da ometaju ispravan rad HART uređaja, te se stoga mora voditi računa o kvaliteti napojnih jedinica koje se koriste. Generalno se može reći da većina napojnih jedinica industrijskih proizvođača zadovoljava sve neophodne uslove HART specifikacije. Poznato je da neki tipovi solarnih napajanja stvaraju smetnje u HART komunikaciji. Upravljačke jedinice punjenja koje rade na principu pulsno-širinske modulacije mogu stvarati znatne smetnje u radu uređaja, te se stoga mora obratiti posebna pažnja na njihove karakteristike. Karakteristike koje je neophodno da ispunjavaju napojne jedinice koje se koriste za HART komunikaciju date su kao (<http://www.hartcomm.org>, nd):

- maksimalna valovitost (47 – 125 Hz) = 0,2 V p-p,
- maksimalni šum (500 Hz – 10 kHz) = 1,2 mV rms,
- maksimalna serijska impedansa (500 Hz – 10 kHz) = 10 Ω .

Tabela 1 – Dozvoljene dužine kablova
 Table 1 – Allowable cable lengths
 Таблица 1 – Допустимая длина кабелей

Broj uređaja na mreži	Kapacitansa kabla (pf/m)			
	Dužina kabla (m)			
	65 pf/m	95 pf/m	160 pf/m	225 pf/m
1	2768	2000	1292	985
5	2462	1815	1138	892
10	2154	1600	1015	769
15	1846	1415	892	708

Struktura HART poruke

Struktura HART poruka može se prikazati kao na sledećoj slici (SAMSON, 2012).

PREAMBLE	START	ADDR	COM	BCNT	[STATUS]	[DATA]	CHK
----------	-------	------	-----	------	----------	--------	-----

Slika 6 – Struktura HART okvira
 Figure 6 – HART data link frame format
 Рис. 6 – Структура HART окружения

PREAMBLE – preambula, predstavlja 5 do 20 bajta heksadekadne vrijednosti FF (sve digitalne 1), i pomaže prijemniku da sinhronizuje niz podataka.

START – Start Character (starni karakter) može imati više vrijednosti i ukazuje na tip poruke: master to slave, slave to master, ili burst poruka od uređaja, a takođe i adresni format tj. da li se radi o kratkom okviru ili dugom okviru.

ADDR – Address (adresa) uključuje i adresu izvora (mastera) i adresu uređaja (slave). U formatu dugog okvira ima 38 bita i sadrži jedinstveni identifikator odgovarajućeg uređaja.

COM – Command, komandni bajt sadrži jednu od HART komandi. Univerzalne komande su u opsegu od 0 do 30; uobičajene komande su u opsegu od 32 do 126, dok su specifične komande u opsegu od 128 do 253.

BCNT (byte count) – broj bajta sadrži broj bajtova koji slijede u statusnom i podatkovnom dijelu. Prijemnik ovu informaciju koristi da sazna kada će poruka biti kompletna.

STATUS – statusno polje ima dva bajta i javlja se samo u porukama odgovora sa slejva (sa uređaja). Ovo polje sadrži informaciju o greškama komunikacije u odlazećoj poruci, statusu primljene komande i o statusu samog uređaja.

DATA – polje podataka može i ne mora biti popunjeno (ne mora postojati), u zavisnosti od konkretne komande. Univerzalne i uobičajene poruke koriste do 32 bajta (HART 6 uključuje univerzalne komande 20, 21, i 22 koje koriste nove 32-bitne Long Tag karaktere), dok za verziju HARTA 5 ovo polje iznosi 25 bajta. Takođe, u budućnosti se može očekivati da će se ovo polje proširiti u narednim HART revizijama.

CHK – checksum – ovaj bajt se kreira na osnovu provjere ekskluzivnog ILI (EXOR) ili provjere uzdužnog pariteta za sve prethodne bajte (počevši od startnog karaktera). Zajedno sa paritetnim bitom pripojenim na svaki bajt na ovaj način se otkrivaju greške u komunikaciji.

HART komande

HART komande su podijeljene u tri grupe: univerzalne (Universal), uobičajene (Common Practice) i specifične (Device Specific) (HART Communication Foundation, 2014). Svi uređaji koji koriste HART protokol moraju da podržavaju univerzalne komande. One obezbjeđuju pristup informacijama (podacima) koje se koriste u normalnom radu, kao što je čitanje primarne varijable i njene mjerne jedinice. Uobičajene komande obezbjeđuju funkcionalnosti koje koriste mnogi, ali ne i svi HART uređaji. Ukoliko su te komande implementirane, treba ih koristiti za realizaciju njihovih funkcija. Specifične komande predstavljaju funkcije koje su jedinstvene za svaki posebni uređaj. Ove komande pristupaju postavkama i kalibracionim informacijama, kao i informacijama koje su vezane za samu konstrukciju uređaja. Informacije o ovim komandama obezbjeđuje sam proizvođač opreme. Univerzalne komande koje koristi HART su:

- čitanje informacija o proizvođaču i tipu uređaja,
- čitanje primarne varijable (PV) i mjerne jedinice,
- čitanje strujnog izlaza i procentualne vrijednosti opsega mjerene veličine,
- čitanje do 4 predefinisane dinamičke varijable,
- čitanje i pisanje korisničkih tekstualnih poruka,
- čitanje informacija o senzoru (opseg uređaja, mjerne jedinice),
- čitanje i pisanje broja za asembliranje,
- pisanje pool adrese.

Uobičajene komande su:

- čitanje do 4 dinamičke varijable,
- postavljanje operativnih parametara,
- kalibracija,
- postavljanje fiksnog strujnog izlaza,
- izvođenje samotesta i glavnog reseta,
- postavljanje PV jedinica,

- skraćenje PV nula,
- skraćenje DAC nula i pojačanja,
- postavljanje prenosne funkcije (funkcija kvadratnog korjena ili linearna funkcija),
- postavljanje serijskog broja senzora,
- čitanje ili postavljanje (dodjeljivanje) dinamičkih varijabli.

Wireless HART

HART 7 uključuje, pored žičane komunikacije, i bežičnu komunikaciju prema opremi u polju. WirelssHART je prvi standard koji definiše bežični prenos podataka za aplikacije u procesnoj industriji. Objavljen je 2007. godine od strane HART Communication Foundation, a odobren u aprilu 2010. godine od strane IEC kao međunarodni standard IEC 26591. Uloga WirelessHART-a je da se sačuva postojeća oprema i sva stečena znanja kod instalacije i održavanja, ali i da se korištenjem bežične tehnologije smanji cijena instalacije novih mjernih mjesta, pojednostavi pristup naprednim dijagnostičkim informacijama, kao i da se osigura bolji nadzor nad opremom. WirelessHART standard oslanja se na postojeći HART standard, IEEE-802.15.4 standard, AES-128 (Advanced Encryption Standard) enkripciju i na DDL/EDDL (Device Description Language/ Electronic Device Description Language) tehnologiju.

WirelessHART protokol radi na frekvenciji od 2,4 GHz ISM (Industry, Scientific, Medical frequency bands) opsegu fizičkog sloja, a koristeći IEEE 802.15.4 standard TDMA (Time Division Multiple Access) za pristup komunikacionim mediju. Kompletno vrijeme komunikacije se izvršava unutar unaprijed definisanog vremenskog okvira koje iznosi 10 ms (Kostadinović, et al., 2010). U svakom trenutku samo jedan par instrumenata komunicira na jednom frekvencijskom kanalu, ali je moguće da više instrumenata može da komunicira u isto vrijeme na različitim kanalima.

Po standardu IEEE802.15.4 radio-signalni imaju relativno male snage, te stoga se koristi pojačanje do 10 dB da bi komunikacija na udaljenostima do 200 m bila moguća. U slučajevima gdje je potrebna udaljenost manja, može se smanjiti pojačanje, da bi se smanjila vjerovatnoća interferencije sa ostalim mrežama koje koriste ISM frekvencijski opseg.

WirelssHART koristi IEEE 802.15.4 kompaktilni DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) radio-signal sa tehnikom skakanja između komunikacionih kanala da bi se obezbjedila sigurnost i pouzdanost. Ovaj nivo definiše karakteristike radio-signala kao što su metod signaliziranja, jačina signala i osjetljivost uređaja. Kao što je već rečeno, WirelessHART radi na 2400-2483,5 MHz besplatnom ISM opsegu frekvencija sa brzom prenosom do 250 kbit/s. Njegovi kanali su numerisani od 11 do 26 sa

5MHz razmakom između susjednih kanala. Sam kanal 26 u mnogim slučajevima nije zakonski dozvoljen, tako da nije ni podržan. DSSS tehnologija obezbjeđuje 8 dB dodatnog pojačanja koji obezbjeđuje jedinstvene algoritme kodiranja.

Velika prednost uređaja koji koriste WirelessHART jeste da svaki uređaj u mreži može da se koristi kao ruter za poruke od drugog uređaja. Drugim riječima, uređaj ne mora da direktno komunicira sa krajnjim prijemnikom, nego samo prosljeđuje poruku do sledećeg najbližeg uređaja. Na ovaj način proširuje se opseg mreže i osiguravaju redundantni komunikacioni putevi (rute) radi povećanja pouzdanosti. Da bi se osigurala dostupnost redundantnih ruta, poruke se konstantno šalju putem različitih ruta. Ukoliko poruka ne može stići na željenu destinaciju jednim putem, ona se automatski prosljeđuje na pouzdanu rutu, redundantnu rutu bez gubitka podataka.

Jedna od karakteristika WirelessHART protokola je i vremensko sinhroniziranje podatkovnog nivoa (data link layer). On definiše striktni vremenski okvir od 10 ms, koristeći TDMA tehnologiju da obezbjedi komunikaciju bez kolizije i determinističnu komunikaciju. Niz vremenskih slotova formira poseban periodičan frejm koji se naziva superfrejm za prenos podataka. Svi superfrejmovi počinju od ASN (Absolution Slot Number) 0, trenutka kada je mreža prvi put kreirana. Da bi se poboljšala kvaliteta prenosa, WirelessHART ima mogućnost kreiranja "crnih listi" kanala, a svaki kanal na kojem se javljaju znatne smetnje može se staviti na ovu listu. Na ovaj način mrežni administrator može potpuno isključiti neke od kanala koji su na "crnoj listi".

Za razliku od ožičenog HART protokola, WirelessHART koristi pet nivoa OSI modela. WirelessHART koristi nivo mreže i transportni nivo. Ova dva nivoa imaju zadatak da obezbjede sigurnu i pouzdanu komunikaciju krajnjih uređaja. Nivo veze i mrežni nivo osiguravaju sigurnosne servise. Na nivou (sloju) veze MAC (Media Access Control) sloj i mrežni nivo osiguravaju integritet podataka. MAC sloj koristi kombinaciju CRC (Cyclic Redundancy Check) i MIC (Message Integrity Code), iako CRC ima ograničenu vrijednost i dalje se koristi. Mrežni sloj koristi različite ključeve da osigura povjerljivost i integritet podataka za krajnje korisnike (Chen, et al, 2010).

Svaka WirelessHART mreža uključuje tri glavna elementa: gateway, opremu u polju (Wireless field device), i mrežog upravitelja (Network manager), koji može biti integrisan u gateway, host aplikaciju ili kontroler automatskog upravljanja. Primarni fokus mrežnog upravitelja stavljen je na najbolju iskorištenost mrežnih resursa radi postizanja optimalnih performansi brzine i količine prenesenih podataka, uz maksimalnu uštedu energije, kao i na sigurnost mreže. Gateway osigurava povezivanje između WirelessHART uređaja i upravljačkog sistema ili host aplikacija koje

su spojene na brzu komunikacionu mrežu (kao što su PROFIBUS, ETHERNET i sl.). Najčešće u sklopu gateway uređaja nalazi se integrisani mrežni upravitelj. Kao elementi mreže takođe se mogu pojaviti i pojačavači signala (Repeater), čiji je glavni cilj pojačavanje signala radi povećanja dometa WirelessHART mreže, i WirelessHART adapteri koji omogućuju povezivanje konvencionalnih HART uređaja na WirelessHART interfejs. Adapteri se mogu nalaziti bilo gdje u 4-20 mA strujnom krugu i mogu biti baterijski napajani ili se mogu napajati direktno iz 4-20 mA kruga.

Zaključak

Može se reći da je HART protokol jedna od najpopularnijih načina komunikacije sa mjernom opremom u industriji. Moderniji digitalni standardi u komunikaciji sa opremom u polju, kao što su PROFIBUS i FOUNDATION Fieldbus, koji pružaju slične ili bolje karakteristike kao i HART protokol, postaju sve popularniji u industrijskom okruženju. Međutim, čini se da će se HART protokol zadržati još mnogo godina u širokoj industrijskoj primjeni. Tome ide u prilog i činjenica da se i sam HART protokol kontinualno razvija, a kao dokaz tome je uvođenje revizije HART 7, koja definiše bežični prenos podataka. Na ovakav način stavlja se u prvi plan digitalna razmjena podataka između uređaja, a ne tradicionalna analogna sa signalom od 4 do 20 mA. Komunikacija putem radio-signala eliminira teoretsku brzinsku barijeru od 1200 bita po sekundi, koja postoji kod ožičenog HART protokola, a pri tome i dalje dozvoljava primjenu standardnih programskih paketa za komunikaciju između računara i uređaja, kao i upotrebu HART komunikatora za podešavanje i parametriranje uređaja.

Literatura

- Boyes, W. 2009. *Instrumentation Reference Book 4th Edition*. USA: Butterworth-Heinemann.
- Chen, D., Nixon, M., & Mok, A. 2010. *WirelessHART: Real Time Mesh Network for Industrial Automation*. USA: Springer.
- HART Communication Foundation. 2014. *HART Communication Application Guide*. Austin USA: HART Communication Foundation.
- Kostadinović, M., Popović, B., & Popović, N. 2010. Dizajn i implementacija mrežnih uređaja koji koriste WirelessHART protokol. *Zbornik radova Infoteh-Jahorina Vol.9*. U: , 2010, Jahorina. , str. 123-127
- Kuphaldt, T. 2014. *Lessons in Industrial Instrumentation*. [e-book]. Preuzeto sa http://www.ibiblio.org/kuphaldt/socratic/sinst/book/liii_2v06.pdf 2014 Nov 1.
- Park, J., Mackay, S., & Wright, E. 2003. *Practical Data Communication for Instrumentation and Control*. Velika Britanija: Newnes.
- SAMSON. 2012. *HART Communications*. Frankfurt: Samson AG. Preuzeto sa <http://www.hartcomm.org/>

ПРИКЛАДНЫЕ HART ПРОТОКОЛЫ - ДЛЯ СВЯЗИ С ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМИ ПОЛЕВЫМИ УСТРОЙСТВАМИ

ОБЛАСТЬ: телекоммуникации
ТИП СТАТЬИ: профессиональная статья
ЯЗЫК СТАТЬИ: сербский

Резюме:

Умные протоколы инструментов предназначены для приложений, где обрабатываются данные, собранные с помощью приборов, датчиков и сенсоров, использующих методы цифровой связи.

HART-протокол – цифровой промышленный протокол передачи данных, попытка внедрить информационные технологии на уровень полевых устройств. На сегодняшний день в мире данная технология используется в более чем 40 млн. устройств. Модулированный цифровой сигнал, позволяющий получить информацию о состоянии датчика или осуществить его настройку, накладывается на токовую несущую аналоговой токовой петли уровня 4–20 мА. Таким образом, питание датчика, снятие его первичных показаний и вторичной информации осуществляется по двум проводам. HART-протокол – это практически стандарт для современных промышленных датчиков. Приём сигнала о параметре и настройка датчика осуществляется с помощью HART-модема или HART-коммуникатора. К одной паре проводов может быть подключено несколько датчиков. По этим же проводам может передаваться сигнал 4–20 мА. В данной статье описываются характеристики и применение HART-протокола.

Ключевые слова: HART-протокол, сигнал, протокол, оцифровка.

APPLICATION OF THE HART PROTOCOL FOR COMMUNICATION WITH SMART FIELD DEVICES

FIELD: Telecommunications
ARTICLE TYPE: Professional Paper
ARTICLE LANGUAGE: Serbian

Summary:

Smart instrumentation protocols are designed for applications where data is collected from instruments, sensors and actuators by digital communication technology. The HART protocol is a typical smart instrumentation Fieldbus. More than 40 million HART devices are installed worldwide, and the HART technology is the most widely used field communication protocol for intelligent process instrumentation. Two communication channels supported by HART devices are the current loop

4-20 mA, and the HART digital channel. A digital communication channel simultaneously transmits information along the same wire and without disruption to the analog channel. This bi-directional communication channel provides a real time access to available data on HART smart devices. This paper deals with the properties and the application of the HART protocol.

Introduction

The HART protocol is a typical smart instrumentation Fieldbus that can operate in a hybrid 4–20 mA digital fashion. The HART communication protocol is an open standard owned by the HCF member companies. Products that use the HART protocol to provide both analog 4-20 mA and digital signals provide flexibility which is not available by any other communication technology.

HART protocol properties (Basic Concept of HART)

The HART communication protocol is based on the Bell 202 telephone communication standard and operates using the frequency shift keying (FSK) principle. This allows the superposition of the digital signal to an analog current signal. A digital signal is composed of two frequencies, 1200Hz which represents the digital 1, and 2200Hz which represents the digital 0. Because the average value of the FSK signal is always zero, the 4–20 mA analog signal is not affected.

HART protocol structure

The HART protocol is implemented with the OSI model which is developed by the ISO (DIN ISO 7498). The OSI model provides the structure and all the necessary elements of the communication system. The HART protocol uses a reduced OSI model, where there are implemented only three layers out of seven: a physical layer, a data link layer, and an application layer. To make the interaction between HART devices as efficient as possible, classes of conformity have been established for masters as well as classes of commands for slaves.

HART topologies

HART devices can operate in one of two network configurations: either the point-to-point one or the multidrop one. The point-to-point topology is the most common way of connecting a HART device to the control system. In the point-to-point mode, the traditional 4–20 mA signal is used to communicate one process variable, while additional process variables, configuration parameters, and other device data are transferred digitally using the HART protocol.

The multidrop mode is the main functionality of the HART protocol wanted by protocol designers. However, due to its slow speed, it is rarely used in industry. More HART instruments can be connected to each other in parallel to a single pair of wires to exchange information between these instruments and the host. The multidrop mode requires only a single pair of wires and an auxiliary power supply unit which supplies up to 15 devices

(HART 5) or 62 devices (HART 7). In this mode, all field device polling addresses must be unique in a range of 1-15 (or 1-63), and the current through each device is fixed to a minimum value.

Cables and power supply

A theoretical limit for the cable length in the HART communication is 3000 meters. However, the electrical characteristics of the cable, mostly capacitance, as well as the combination of connected devices, can affect the maximum allowable cable length of the HART network.

HART commands

The HART commands are divided into three classes: Universal, Common Practice and Device Specific. All devices using the HART protocol must recognize and support the universal commands. The Common Practice commands provide functions that can be carried out by many but not all field devices. The Device Specific commands provide functions that are unique and restricted to an individual device.

Wireless HART

In addition to wired communication, the HART 7 includes wireless communication. The role of Wireless HART is to preserve the existing equipment and all the acquired knowledge in installation and maintenance, and also, by the use of wireless technologies, to reduce the price of installation of new measurement points, simplify access to advanced diagnostic information, and ensure better control over the equipment. The WirelessHART standard relies on the existing HART standard, the IEEE-802.15.4 standard, the AES-128 encryption and the DDL / EDDL technology.

Conclusion

It can be said that the HART protocol is one of the most popular ways to communicate with measuring equipment in industry. More modern digital standards in communication with field equipment, such as PROFIBUS and FOUNDATION Fieldbus providing similar or better performances as well as the HART protocol, are becoming increasingly popular in the industrial environment. However, it seems that the HART protocol will remain widely applied for many years. This is supported by the fact that the HART protocol continually evolves, and, as proof of this, there is the introduction of revision 7 which defines wireless data transmission.

Key words: HART protocol, signals, protocols, digitization.

Datum prijema članka / Paper received on / Дата получения работы: 07. 12. 2014.
Datum dostavljanja ispravki rukopisa / Manuscript corrections submitted on / Дата получения исправленной версии работы: 02. 01. 2015.
Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje / Paper accepted for publishing on / Дата окончательного согласования работы: 04. 01. 2015.