

# Standard per PLC

# PLC standards

	Low data rate	Medium data rate	High data rate
Data rate	1-10kbps	10kbps-1Mbps	>1Mbps
modulazione	BPSK, FSK, SFSK, QAM	PSK+OFDM	PSK+OFDM
standards	IEC61334, ANSI/EIA709.1, UPB	PRIME, G3, P1901.2	G.hn, IEEE 1901, <b>HomePlug Av, HomePlug Green PHY, HomePlug 1.0</b>
Range di frequenze	Fino a 500kHz	Fino a 500kHz	MHz
Applicazioni	Controllo e comando	Controllo e comando + voce	Larga banda, home networking

# PLC standards

## HomePlug

- ❑ HomePlug Powerline Alliance è un'alleanza tra un gruppo di circa 50 aziende che hanno definito le specifiche per la comunicazione su rete powerline.
- ❑ Lo standard definisce il livello PHY e MAC.
- ❑ Poiché sono soggetti a interferenze alle alte frequenze, si consiglia di connettere gli homeplug adapter direttamente alla presa di corrente senza utilizzare prolunghe, adattatori o multiprese.



*D-LINK DHP-310AV- Adattatore PowerLine  
Homeplug AV  
Velocità di trasferimento: 200Mbps  
Interfaccia: HomePlug AV - Ethernet  
10/100Base-T  
Standard di conformità IEEE 802.3/u -  
HomePlug AV*

# PLC standards

## HomePlug

HomePlug Powerline Alliance ha definito i seguenti standards:

❑ Home Plug 1.0 – rilasciato a Giugno 2001-Specifiche per connettere dispositivi attraverso la rete elettrica domestica. Velocità massima 14Mbps

❑ HomePlug AV – rilasciato a Dic. 2005 . Progettato per trasmettere segnali HDTV o VoIP attraverso la rete domestica. Velocità massima teorica 200Mbps

❑ HomePlug Command&Control (HPCC) – rilasciato Ott. 2007- Specifiche per la trasmissione di dati attraverso la rete elettrica per dispositivi con bassissime richieste di banda, come il controllo delle luci, dell'antifurto, del condizionatore.

*Stà partecipando allo sviluppo dello standard IEEE 1901 insieme a Panasonic a UPA (si spera che si arriverà quindi presto ad un'accordo per un solo standard)*

**Stà lavorando allo standard HomePlug Green PHY che mira ad essere ottimizzato per applicazioni SMART GRID!**

# PLC standards

## Overview of HomePlug AV: PHY

Spettro	2MHz a 30MHz
Modulazione	OFDM
#sottoportanti	1155
Spaziatura tra le sottoportanti	24.414 kHz
Formati di modulazione supportati	BPSK,QPSK, 16QAM, 256QAM, 1024QAM
FEC	Rate ½ or rate 16/21 (puncturing)
Data rates supportate	<b>ROBO:</b> 4Mbps fino a 10Mbps  <b>Adaptive Bit Loading:</b> 20Mbps fino a 200Mbps

# PLC standards

## Overview of HomePlug AV: PHY

**Modalità ROBO (Robust OFDM):** si privilegia la robustezza alla velocità di trasmissione.

- ❑ La robustezza si ottiene con una codifica a ripetizione applicata prima della IFFT in trasmissione e quindi, si mandano gli stessi simboli su un certo numero di sottoportanti
- ❑ Questo permette di avere un guadagno di codifica e inoltre di diversità in frequenza e quindi, grande robustezza su canali con severa selettività in frequenza.
- ❑ La modulazione è sempre QPSK per tutti i modi ROBO e tutte le sottoportanti (non si usa una modulazione diversa per sottoportanti diverse come nel caso di bit loading)
- ❑ La FEC è un Turbo codice con rate  $\frac{1}{2}$
- ❑ La velocità è determinata dal grado della ripetizione

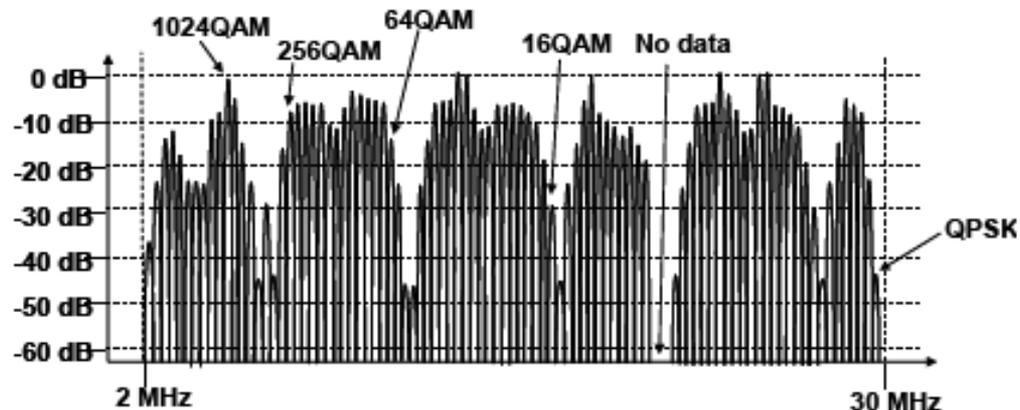
Mode	Phy Rate	#copie ripetute
Mini-ROBO	3.8Mbps	5
Standard ROBO	4.9Mbps	4
High Speed ROBO	9.8Mbps	2

# PLC standards

## Overview of HomePlug AV: PHY

**Adaptive Bit Loading** si privilegia la data rate rispetto alla robustezza.

- ❑ Ogni sottoportante può essere modulata diversamente al fine di massimizzare la data rate sulla base della qualità del segnale ricevuto.
- ❑ Una sottoportante caratterizzata da basso SNR potrebbe dover usare una BPSK mentre una sottoportante caratterizzata da alto SNR potrebbe usare una 1024QAM (10 bit per simbolo). Quindi, su ogni sottoportante, manda la massima informazione possibile in quelle determinate condizioni di canale.



# PLC standards

## Overview of HomePlug AV: PHY

### Adaptive Bit Loading

L'SNR in ricezione di ogni sottoportante deve essere noto al TRASMETTITORE prima che il simbolo OFDM venga mandato.

Per fare questo, i dispositivi HomePlug AV si scambiano periodicamente dei pacchetti per fare il "sounding" del canale nella forma di mappe di toni (Tone Maps).

I Tone Maps descrivono il livello di segnale al ricevitore per ogni sottoportante dentro un simbolo OFDM (ci sono 1155 sottoportanti e quindi 1155 valori da memorizzare per ogni collegamento tra due dispositivi) e per un dato collegamento tra due dispositivi.

Supponiamo di avere una rete di N dispositivi HomePlug AV, ogni stazione di questa rete deve memorizzare N-1 mappe di toni.

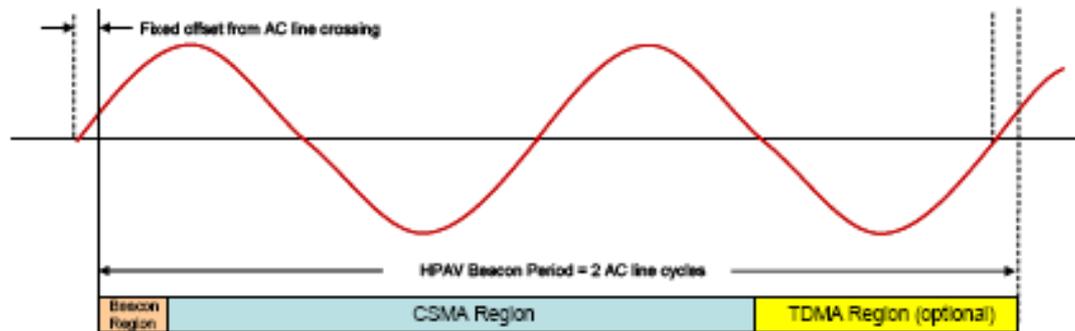


**Questo introduce un significativo grado di complessità, ma per applicazioni con altissime data rate e larghezze di banda a disposizione, non si può farne a meno**

# PLC standards

## Overview of HomePlug AV: MAC

- ❑ L'HomePlug AV MAC utilizza il Carrier Sense Multiple Access (CSMA) come schema di accesso base e il TDMA come schema opzionale.
- ❑ Ogni AV Logical Network (AVLN) è controllato da un dispositivo che fa da Coordinatore Centrale (CCo). Il CCo trasmette periodicamente dei beacon (segnali non modulati) per sincronizzare la rete al ciclo della linea AC e disseminare messaggi per coordinare le comunicazioni tra gli altri dispositivi.
- ❑ Ogni HomePlug AV client può fare da CCo. Se un CCo viene rimosso dalla rete, un qualsiasi altro client può prendere il ruolo di CCo (la scelta si fa sulla base di un pre-definito criterio di selezione).



# PLC standards

## Overview of HomePlug AV: MAC

- ❑ L'intervallo di beacon dura un tempo pari a due cicli della corrente alternata (es. a 50Hz dura 40ms).
- ❑ Appena l'onda della corrente alternata attraversa un zero, inizia il periodo di beacon, ossia il periodo in cui il CCo broadcast il beacon (si noti che la beacon region puo' contenere piu' beacon perche' potrei vare più AVLNs che si "sentono"l'una con l'altra e quindi si devono coordinare tra loro e in quella regione, ognuno manda il suo beacon, senza collisione con gli altri beacon delle altre AVLNs).

# PLC standards

## Overview of HomePlug AV: MAC

### CSMA e Channel Access Priority

HomePlug AV supporta 4 classi di priorità:

CAP3 (più alta priorità)  CAP0 (più bassa priorità)

- Che permettono di soddisfare i requisiti di QoS di applicazioni sensibili alla latenza come la distribuzione del video.
- CSMA è anche detto “listen-before-talk”. Prima di trasmettere un pacchetto ogni dispositivo controlla la rete. Se un altro dispositivo sta trasmettendo, gli altri non possono trasmettere finché non diventa idle.
- Quando il mezzo è in idle, le stazioni della rete devono prima mandare il traffico con più alta priorità.
- Questo viene fatto durante il Priority Resolution Period, che consiste di due PR slots (PRS0 e PRS1)
- Durante questo periodo, le stazioni mandano i Priority Resolution Symbols che servono a capire qual è il traffico che in quel momento ha la più alta priorità.

# PLC standards

## Overview of HomePlug AV: MAC

### CSMA e Channel Access Priority

- ❑ Per esempio, se una stazione si contende l'accesso con priorità CAP3 o CAP2, trasmette nel PRS0.
- ❑ Quindi, se le stazioni con traffico CAP1 o CAP0 vedono che qualcuno ha trasmesso su PRS0, allora decidono che nel prossimo canale di idle non possono trasmettere.
- ❑ Una stazione che ha traffico CAP3, trasmette anche nel PRS1, e quindi, tutte le stazioni che avevano CAP2, e che quindi non erano state scoraggiate dal fatto che qualcuno aveva trasmesso su PRS0, capiscono che non possono trasmettere nel prossimo idle del canale.
- ❑ Tuttavia, se invece non c'è traffico CAP3, e quindi PRS1 è libero, i CAP2 possono trasmettere. Una volta che il processo è completato, tutte le stazioni sono al corrente di qual è il traffico a più alta priorità che attende di essere trasmesso.

# PLC standards

## Overview of HomePlug Green PHY

### Requisiti per lo standard HAN per applicazioni Smart Grid

#### Compatibilità con altri dispositivi della rete domestica

Le comunicazioni mirate ad applicazioni legate alle SMART GRID devono coesistere con altre comunicazioni che usano la rete domestica come quelle per fare giochi interattivi, IPTV ect. Senza causare interferenze o degradazione delle prestazioni.

#### Basso costo e bassa potenza

Devo poter dare ad ogni dispositivo elettrico, la capacità di comunicare, andandogli ad aggiungere un elemento che non costi troppo, non sia troppo grande e non consumi molta potenza, altrimenti si perderebbe il vantaggio di utilizzare la rete di elettrodomestici per ridurre i consumi...avrei un aumento dei consumi.....

Interoperabilità con tecnologie radio che possono essere usate per lo stesso scopo (es. ZigBee).

Probabilmente, la soluzione migliore sarà un ibrido tra PLC e ZigBee. Le organizzazioni responsabili per questi due standards hanno già interagito e definito un comune “application layer” che permetta l’interoperabilità tra questi due standards che utilizzano PHY e MAC diversi.

# PLC standards

## Overview of HomePlug Green PHY: PHY

Parameter	HomePlug AV	Home Plug GP
Spettro	2MHz fino a 30MHz	2MHz fino a 30MHz
Modulazione	OFDM	OFDM
#sottoportanti	1155	1155
Spaziatura sottoportanti	24.414kHz	24.414kHz
Formati di modulazione supportati	BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM, 1024QAM	Solo QPSK
FEC	Turbo codice con Rate $\frac{1}{2}$ o 16/21	Turbo codice con Rate $\frac{1}{2}$
Data rate supportate	ROBO: 4Mbps fino a 10Mbps  Adaptive Bit Loading: 20Mbps fino a 200Mbps	ROBO: 4Mbps fino a 10Mbps

# PLC standards

## Overview of HomePlug Green PHY: PHY

La più grande differenza è che per le applicazioni SMART GRID di rete domestica, non servono 200Mbps....sono più che sufficienti 10Mbps (che sono comunque 1000X più veloci degli altri standard PLC a banda stretta come PRIME o G3).



1. Uso solo la QPSK
2. Non realizzo l'adaptive bit loading

Si tenga presente che modulazioni di ordine molto elevato richiedono anche una maggiore stabilità dei dispositivi HW per fare per esempio il recupero della portante o sono più sensibili alle non linearità dell'amplificatore



Non dover realizzare questo tipo di modulazioni porta anche a poter utilizzare HW meno costoso e anche meno ingombrante (migliore integrazione)

Non fare adaptive loading  non dover memorizzare i tone maps con grossi risparmi in termini di riduzione della memoria e anche complessità del sistema di trasmissione.

# PLC standards

## Overview of HomePlug Green PHY: MAC

HomePlug GP MAC utilizza il CSMA e il meccanismo del Priority Resolution ma NON utilizza l'opzione TDMA

Inoltre, prevede:

1. un meccanismo di controllo della banda distribuito che serve a garantire la sua coesistenza con dispositivi HomePlug AV
2. Un meccanismo di power saving

# PLC standards

## Overview of HomePlug Green PHY: MAC

### Meccanismo di controllo distribuito della banda

Si tenga presente che un throughput a livello MAC per applicazioni Smart Grid <250kbps è piu' che sufficiente.

Per applicazioni come video distribution 10Mbps sono insufficienti.

E' facile quindi prevedere la presenza contemporanea di dispositivi HomePlug AV e HomePlug GP che devono essere coordinati. Se il traffico del GP potesse accedere al mezzo con gli stessi "diritti" di quello dell'HomePlug AV, potrebbe deteriorare molto le prestazioni dell'applicazione con stringenti requisiti di ritardo.

Quindi, si è previsto un meccanismo di Distributed Bandwidth Control (DBC):

□ Quando c'è traffico CAP3, CAP2 o CAP1, il DBC limiterà l'accesso al canale aggregato di HomePlug GP (o anche Time-on-Wire, ToW) a circa il 7%. Quindi, la velocità effettiva sperimentata a livello fisico può essere di 700kbps invece di 10Mbps, e a livello MAC, un throughput di 400-500kbps, che però è piu' che sufficiente per applicazioni Smart Grid.

# PLC standards

## Overview of HomePlug Green PHY: MAC

### Modalità power save (Power Save Mode)

*Awake Window* è una finestra temporale nella quale il dispositivo è in grado di ricevere e spedire dati. Ha una durata che va da 1.5ms fino a 2,1s

*Sleep Window* è una finestra temporale nella quale il dispositivo non è il grado di ricevere né di trasmettere dati

*Power Save Period (PSP)* è la somma delle finestre temporali *Awake Window* e *Sleep Window*.

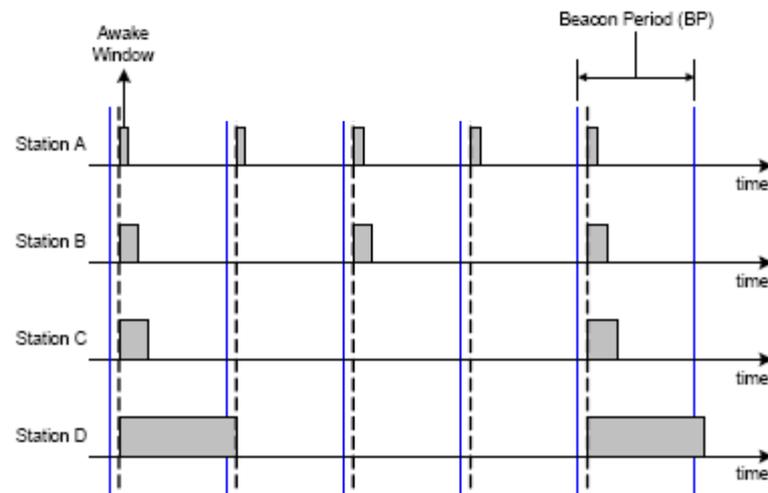
*Power Save Schedule (PSS)* porta l'indicazione del PSP e della durata della *Awake Window*. Uno stato di *Awake* avviene sempre all'inizio del PSP.

# PLC standards

## Overview of HomePlug Green PHY: MAC

E' essenziale che tutti i dispositivi che operano nella modalità operativa entrino ed escano dallo state di awake in modo coordinato.

PSP è diverso per ogni dispositivo ma può assumere valori solo pari a  $2^n$  periodi di beacon, fino ad un massimo di  $2^{10}$ . Inoltre, lo stato awake avviene sempre all'inizio del PSP. Questo garantisce la massima sovrapposizione degli stati di awake in modo che i dispositivi in modalità power save mode possano comunicare tra loro (se uno è in sleep e l'altro awake non potranno mai comunicare)



# PLC standards

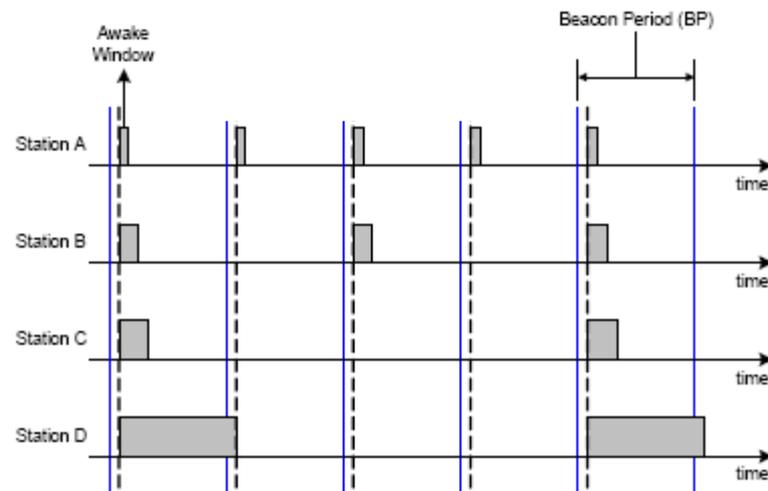
## Overview of HomePlug Green PHY: MAC

Le stazioni trasmettono un messaggio al CCo per richiedere il permesso di entrare in PSM. La richiesta include inoltre anche il PSS.

Il CCo conferma la richiesta e specifica il beacon in cui il PSP inizia.

Il PSP può durare un periodo di beacon (40ms a 50Hz) fino a 1024 beacon (41s a 50Hz).

Se si può accettare una latenza di 30-40s, un risparmio di potenza fino al 97% è possibile rispetto a dispositivi sempre in modalità awake. Se solo latenze minori sono tollerabili (tipo 160ms, pari a 4 periodi di beacon a 50Hz), si potrebbe avere un risparmio dell'85%.



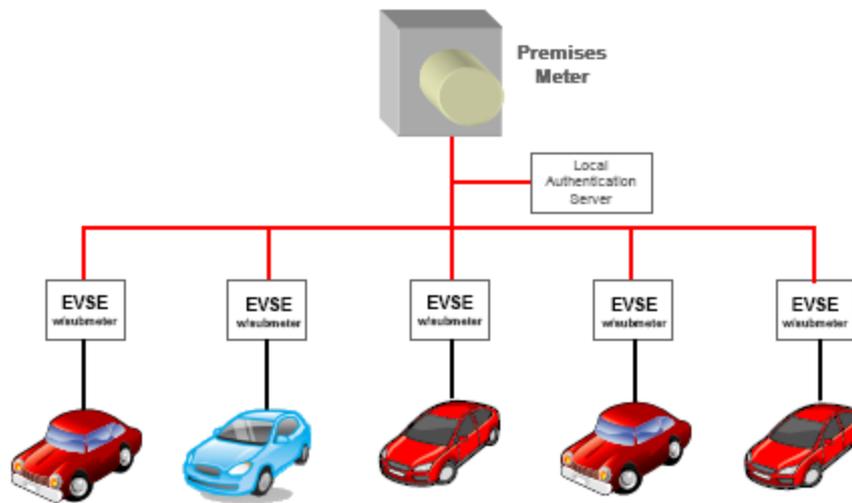
# PLC standards

## Associazione con Veicoli Plug In (PEV)

Problema di sicurezza: la ricarica comporta un pagamento e potrebbero facilmente verificarsi o condizioni di interferenza o tentativi di truffa.

Con molta probabilità ci si troverà in una situazione in cui diversi PEV e EVSE (Electric Vehicle Supply Equipment) opereranno molto vicini fisicamente.

Un segnale da un EV potrebbe quindi essere facilmente “ascoltato” da diverse EVSE (creando interferenze che danneggiano o avvantaggiano un automobilista o l’altro).



# PLC standards

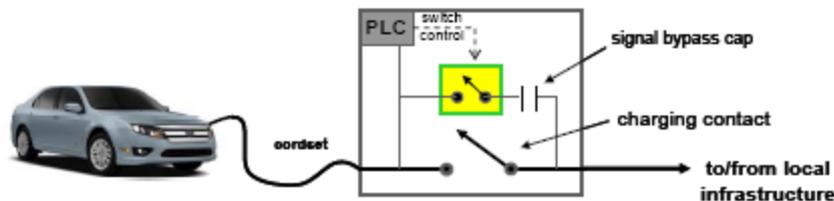
## Associazione con Veicoli Plug In (PEV)

Per risolvere questo problema è avere un sistema di tariffazione esente da errori, si deve realizzare un'associazione univoca tra PEV e EVSE.

Quest'associazione viene fatta con il cosiddetto Signal Level Attenuation Characterization (SLAC) che è parte dello standard HomePlug GP.

Questa è l'idea: quando il meccanismo SLAC è invocato, manda in broadcast dei pacchetti. Tutte le stazioni che sono in grado di ricevere i pacchetti calcolano la potenza media con cui li hanno ricevuti e mandano indietro questa informazione. Il server di autenticazione associa alla macchina che ha invocato lo SLAC, l'EVSE che ha ricevuto il segnale con ampiezza maggiore.

Come si fa ad essere sicuri che solo l'EVSE fisicamente connesso alla macchina sia quello che riceve i segnali di sounding con potenza maggiore?



Appena la PEV si connette all'EVSE, entrambi gli switch si aprono e i pacchetti dalla PEV possono pure arrivare ad altre EVSE per via di accoppiamenti o perdite, ma MOLTO più attenuati.