



**Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica**

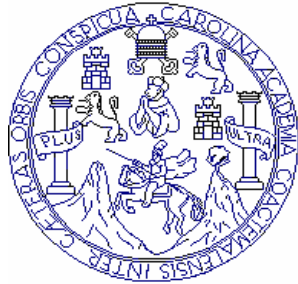
**Domótica utilizando estándar CEBus sobre la red eléctrica
residencial**

Eddy Esaú González Galindo

Asesorado por Ing. Mario Alberto Méndez

Guatemala, agosto de 2005

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DOMÓTICA UTILIZANDO ESTÁNDAR CEBUS SOBRE LA RED
ELÉCTRICA RESIDENCIAL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA POR

EDDY ESAÚ GONZÁLEZ GALINDO

ASESORADO POR ING. MARIO ALBERTO MÉNDEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRÓNICO

Guatemala, agosto de 2005

**UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA**



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing.	Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I		
VOCAL II	Lic.	Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing.	Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br.	Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br.	Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO	Inga.	Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRUBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing.	Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing.	José Luis Herrera Gálvez
EXAMINADOR	Ing.	Manuel Fernando Barrera Pérez
EXAMINADOR	Ing.	Jorge Fernando Álvarez
SECRETARIO	Ing.	Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DOMÓTICA UTILIZANDO ESTÁNDAR CEBUS SOBRE LA RED
ELÉCTRICA RESIDENCIAL**

Tema que fuera asignado por la dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica con fecha de 6 de febrero de 2004.

Eddy Esaú González Galindo

DEDICATORIA

- A DIOS** “He aquí que el temor del Señor es la sabiduría y apartarse del mal, la inteligencia” job 28:28.
- A MIS PADRES** Luis Fernando González Flores
Anabella Galindo Girón
- A MI ESPOSA** Magda Aidé Chacón Arroyo.
- A MI HIJA** Emily Andrea González Chacón.
- A MIS HERMANOS Y SOBRINOS** Luvi, Quimes, y Nancy, Eliza, Wanda, Fer y Ale.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de San Carlos de Guatemala por ser el medio que hizo posible mi visión.

Al claustro de catedráticos de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica por su dedicación en la enseñanza y apoyo hacia mi persona y formación profesional.

A todos mis amigos en especial a mis compañeros de batalla: Marlon, Moy, Rogelio, Ivan, Chipi, Nicho, Rualdo, Payo, Chiqui, Rómulo, Rabanales, David Héctor , Walter, y los demás que se escapan a esta lista, pero estuvieron allí.

A mi asesor Ing. Mario Méndez por su apoyo para la realización de este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VIII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS	XIV
INTRODUCCIÓN	XV
1. DOMÓTICA	1
1.1 Introducción a la domótica	1
1.2 Vivienda domótica y vivienda inteligente	2
1.3 Características de los sistemas domóticos	4
1.3.1 Sistema técnico	5
1.3.2 Usuarios de la vivienda o edificio	6
1.3.3 Diseño arquitectónico	6
1.4 Evolución de la domótica	8
1.5 Redes residenciales	9
1.5.1 Sistemas de control	9
1.5.2 Definición general de un sistema de control	10
1.5.3 Componentes de un sistema de control	11
1.5.3.1 Sensores	11
1.5.3.2 Generadores de consigna	12
1.5.3.3 Condicionadores de señal	12
1.5.3.4 Actuadores	13
1.6 Protocolos y estándares para redes de control	14
1.7.1 Estándar CEBus EIA-600	15

1.7.1	Atributos del estándar EIA-600	15
1.7.2	Partes del estándar	16
1.8	Comunicaciones por red eléctrica	18
2.	CEBUS	19
2.1	Modelo de un producto CEBus	20
2.1.1	Nodo	20
2.2	Modelo de comunicaciones de red	24
2.2.1	Modelo de control de red	25
2.2.2	Paquetes y mensajes	26
2.2.3	Códigos y símbolos	28
2.3	<i>Spread spectrum</i> (Espectro expandido)	31
2.4	CEBus sobre una red PL (<i>power line</i>)	36
2.5	Modelo del protocolo CEBus	39
2.5.1	Capa física	40
2.5.2	Capa de enlace de datos	41
2.5.3	Capa de red	41
2.5.4	Capa de transporte	41
2.5.5	Capa de sesión	42
2.5.6	Capa de presentación	42
2.5.7	Capa de aplicación	43
2.6	Formato de un paquete CEBus	43
2.6.1	Dirección de fuente y destino	47
2.6.2	Encabezado NPDU	48
2.6.3	Encabezado APDU	50
2.6.4	Modelo del lenguaje de aplicación común (CAL)	52
2.6.4.1	Contexto	53
2.6.4.2	Objetos	53

3	CONSIDERACIONES DE DISEÑO	55
3.1	Requerimientos de usuario	55
3.1.1	Gestión de la confortabilidad	56
3.1.2	Gestión la seguridad	59
3.1.3	Gestión de la energía	61
3.1.4	Gestión de las comunicaciones	62
3.2	Requerimientos técnicos	62
3.2.1	Red PL	63
3.2.2	Ancho de banda	65
3.2.3	Sensibilidad	65
3.2.4	Acceso remoto	66
3.2	Confiabilidad	67
3.4	Ahorro energético contra costos	68
4.	EJEMPLO DE DISEÑO	71
4.1	Interfase de línea de voltaje	73
4.2	Interfase de línea telefónica	76
4.3	Módulo controlador	80
4.3.1	Detector de timbre	80
4.3.2	Detector de tono	83
4.3.3	Módulo de voz	87
4.4	Análisis del diseño	94
5	USOS POTENCIALES	95
5.1	Aplicaciones domésticas	95
5.2	Telecomunicaciones	97
5.3	Control vía cableado telefónico	98
5.4	Internet y domótica	99

5.5	Implementación a gran escala	100
5.5.1	Conexión al mundo externo	100
5.5.2	Red PL para varias viviendas	101
CONCLUSIONES		109
RECOMENDACIONES		111
BIBLIOGRAFÍA		112

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Características de los sistemas domóticos	4
2	Proceso de actuación de un sistema de control domótico	13
3	Modelo de un producto CEBus simple	20
4	Modelo de un producto en términos de las capas de protocolo	22
5	Modelo de un producto mostrando la división de protocolo, CAL y aplicación	23
6	Modelo de comunicaciones CEBus	24
7	Analogía de un paquete CEBus y una carta	27
8	Codificación típica representando los cuatro símbolos y sus tiempos	29
9	Señal <i>spread spectrum</i> (espectro expandido) para un bit "1"	31
10	Representación de dos "1" consecutivos	34
11	Representación de bits para el preámbulo	34
12	Preámbulo y preámbulo EOF	35
13	Principio de datos usando $\phi 1$ y $\phi 2$ para los símbolos	35
14	Componentes de una capa física para una interfase PL típica	36
15	Diagrama de bloques de un IC transreceptor PL típico	37
16	Modelo de protocolo CEBus vs. modelo OSI de 7 capas tradicional	40
17	Paquete CEBus dividido en grupos lógicos	43
18	Campo de control del encabezado LPDU	44
19	Encabezado NPDU	49

20	Encabezado APDU	50
21	Símbolo del objeto interruptor binario que consiste en un grupo de variables de instancia	55
22	Representación física de una red PL para una vivienda	60
23	Diagrama de tiempo de envío de un paquete	66
24	Diagrama de bloques de una tarjeta CENode PL	74
25	Circuito de interfase de línea telefónica	77
26	Señal de timbrado en las entradas tip y ring	79
27	Señal de timbrado en la salida del DAA	79
28	Multivibrador usado en el circuito detector de timbre	80
29	Circuito contador usado en el detector de timbre	82
30	Relación de tiempos de la salida del multivibrador y la salida del DAA	82
31	Circuito detector de tonos	84
32	Símbolo lógico del V8600	88
33	Interfase con microprocesador y bandera de estado del V8600	89
34	Interfase del V8600 con el puerto paralelo	90
35	Interfase del V8600 con el puerto serial	91
36	Diagrama de bloques del controlador CEBus vía telefónica	94
37	Representación física de una típica red PL	103
38	Diagrama eléctrico de una red PL física vista desde el transformador de distribución	104

TABLAS

I.	Normalizaciones internacionales más importantes	7
II.	Códigos de los símbolos <i>spread spectrum</i> (espectro expandido)	33
III.	Funciones de CETHix en la tarjeta CENode	74

IV.	Comandos de CENode	75
V.	Líneas de entrada y salida en CENode	76
VI.	Tabla de verdad del Multivibrador	80
VII.	Representación de cada bit en el registro de estado	85
VIII.	Codificación y decodificación de tonos	86
IX.	Fonemas del sintetizador	92
X.	Atributos modificables en fonemas	93

LISTA DE SÍMBOLOS

B	Ancho de banda
Φ_1	Ángulo de fase
L	Bobina
C	Capacitor
I	Corriente
Ω	Ohm
R	Resistencia
PF	Picofaradios

GLOSARIO

ASK	Una forma de modulación en la cual la amplitud de una portadora conmuta entre dos valores.
ADSL	Tecnología que permite el envío mayor de datos a través de las líneas telefónicas de cobre actuales.
Ancho de banda	Rango de frecuencias ocupado; se obtiene al restar la frecuencia inferior de la superior que se utiliza.
Bit	Unidad binaria de información, representada por un dígito binario o por uno de dos estados eléctricos.
Brouter	Es una abreviatura de <i>Bridging router</i> . Es igual que un router, excepto que el brouter le da una ruta a los paquetes entre un medio alambrado y uno no alambrado.
Byte	Arreglo de 8 bits.
CAL	Lenguaje de aplicación común, utilizado en CEBus como lenguaje de comunicación entre dispositivos.
Codificación	Programa o circuito que modifica una señal de acuerdo a normas, con el objeto de reducir los errores en la recuperación de la misma.

CSMA/CD

Carrier sense multiple access collision detect.

Mecanismo de acceso al medio en donde los dispositivos listos para transmitir datos, primero revisan el canal por un *carrier*. Si ningún *carrier* es visto por un período específico de tiempo, un dispositivo puede transmitir.

Demodulación

Recuperar una señal que fue previamente combinada con otra de mayor frecuencia, para facilitar su transmisión a través del espacio.

Diodo zener

Dispositivo electrónico de dos terminales, empleado para trabajar en una zona igual al voltaje de umbral.

DLL

Abreviatura para describir la capa de enlace de datos (*data link layer*).

DTMF

Decodificador de tonos.

FCC

Comisión Federal de Comunicaciones de Norte América; regulador de radiodifusión comercial.

Full duplex

Capacidad de transmisión simultanea entre un emisor y un receptor.

ISDN	<i>Integrated services digital network.</i> Tecnología de baja a media velocidad para telefonía digital.
IVs	<i>Instance variables.</i> Son variables que se usan en el lenguaje CAL y que tienen tamaño y tipo de dato.
Sensibilidad	Nivel mínimo de recepción de la señal que el terminal receptor admite para asegurar el funcionamiento del circuito.
OSI	<i>Open system interaction.</i> Modelo que provee una descripción de cómo el <i>software</i> y el <i>hardware</i> trabajan en red en un sistema de niveles para hacer posibles las comunicaciones.
PLC	<i>Power line carrier.</i> Transmisión por onda portadora.
Portadora	Una señal específica de frecuencia que transmite información.
PCM	Modulación por codificación de pulsos.
Preámbulo	Secuencia de bits codificados, que se transmite antes de cada trama para lograr la sincronización de los relojes y otros circuitos en otros puntos del canal.

Protocolo	Conjunto formal de convenciones que rigen el formato y control de las entradas y salidas entre dos dispositivos de comunicación.
Puerto	Uno de los puntos de conexión de circuito en un procesador de comunicación de entrada o controlador inteligente de terminal local.
Red de área local (LAN)	Red que se localiza en una pequeña área geográfica, por ejemplo: una oficina, un edificio, un complejo de edificios o un campus, y cuya tecnología de comunicación proporciona un medio con gran ancho de banda y bajo costo al cual se pueden conectar muchos nodos.
Tiempo real	Ingreso de información a una red desde una terminal y procesamiento inmediato de la tarea.

RESUMEN

El concepto de automatización de viviendas no es novedoso; ha recorrido ya un largo camino desde casi fines de los años '70 cuando nació el protocolo X-10, casi como un producto orientado a fines didácticos. La idea era, interconectar los distintos dispositivos de la casa y lograr su control en forma remota desde diferentes puestos asignados previamente o a través de un enlace telefónico.

La realidad es que no existían en ese momento tantos y tan variados dispositivos y equipamientos como los que hoy pueden convivir en el hogar. El tema referente al medio físico de comunicación no era tampoco y no lo es hoy, un asunto trivial. Esto motivó que nacieran nuevos protocolos y estándares orientados a transmisión por onda portadora; es decir, a través de los hilos de alimentación de voltaje de corriente alterna, que es una de muchas maneras de interconectar los dispositivos en una vivienda.

Este trabajo muestra cuales son los requerimientos mínimos para llevar a cabo una red de tipo domótico la cual incluye el estándar CEBus como norma de comunicaciones entre dispositivos, indica también cuáles son las ventajas y desventajas que se pueden encontrar en una red de este tipo, donde lo más importante es que la red domótica se encargue de gestionar los cuatro aspectos más importantes en la vivienda que son: el ahorro energético, la comodidad, las comunicaciones y la seguridad.

OBJETIVOS

GENERAL

Evaluar todos los problemas y consideraciones que se deben tomar en cuenta al llevar a cabo una red de tipo domótico, por ejemplo, también las ventajas por utilizar la red eléctrica; es posible usar el cableado que ya existe en cualquier hogar, con la ayuda de el protocolo elegido (CEBus) que es el que servirá para comunicar, direccionar, y controlar todos los dispositivos, que van desde un simple electrodoméstico hasta un complejo sistema de seguridad, o bien puede ser un sistema de control de temperatura ambiental.

ESPECIFICOS

1. Dar a conocer una opción para un sistema domótico que elimine la necesidad del recableado de la casa utilizando el existente.
2. Proporcionar un método adecuado para la implementación del estándar y protocolo CEBus.
3. Proporcionar un sistema donde todos los dispositivos que van a ser autocontrolados brinden para el usuario un ahorro considerable de energía.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día la industria de las redes (*networking*) y de la electrónica de consumo hacen posible que las redes entren en los hogares, permitiendo, por un lado, a las computadoras domésticas comunicarse entre sí y con el exterior, y por otro, controlar los aparatos electrodomésticos desde dentro o fuera de casa.

Todavía en proceso de definición, el objetivo de esta nueva rama de la informática, las comunicaciones y la electrónica, englobada bajo la aún ambigua denominación de *home networking* o redes domésticas, no es otro en último término que llevar a los hogares y, en algunos casos, a las pequeñas oficinas, las disponibilidades de comunicación de las que vienen disfrutando ya, algunas empresas desde hace años atrás.

En Guatemala, estas incipientes tecnologías pueden ser consideradas, con una cierta superficialidad, como una curiosa moda impuesta por los amantes de la ciencia-ficción. Pero lo cierto es que los grandes de la industria de las redes y la electrónica de consumo se han lanzado en picada hacia este mercado, en la idea que, a mediano o largo plazo, conformará una tecnología que estará al alcance de muchos hogares a nivel mundial.

En la actualidad, se contemplan diversos protocolos y estándares para que los electrodomésticos y equipos eléctricos puedan comunicarse usando ondas portadoras por las líneas de baja tensión, par trenzado con telealimentación, cable coaxial, infrarrojo, radiofrecuencia y fibra óptica; en el siguiente trabajo se usará el estándar CEBus ya que es uno de los más recientes y ha demostrado que su eficiencia es mayor comparado con otros estándares y protocolos que se dedican al ramo de domótica.

1. DOMÓTICA

1.1 Introducción a la domótica

Una definición de domótica puede ser la siguiente: “es un concepto de vivienda, la cual nos permite una mejor calidad de vida a través de la tecnología, ofreciéndonos la reducción de tareas domésticas, un aumento de bienestar en cuanto a confort y seguridad de sus habitantes, y una racionalización automatizada de los diferentes consumos, proporcionando así un ahorro considerable de energía”.

Si se analiza la definición, cuando se dice que esta tecnología mejora nuestra calidad de vida, es porque gracias a ella se podrán suavizar las tareas obligatorias que a diario se realizan en toda vivienda; con esto se aumentará el bienestar (por bienestar se entiende comodidad) de sus habitantes.

Si a esto le añade el factor seguridad y el ahorro energético que puede proporcionarnos el sistema, se puede pensar en esta tecnología, como un sistema altamente rentable donde se optimizaran todos los recursos disponibles.

Desde el punto de vista tecnológico, la domótica describe una vivienda en la cual existen agrupaciones de equipos automatizados que normalmente están asociados por funciones, que disponen de la capacidad de comunicarse interactivamente entre ellos, utilizando alguna técnica electrónica de comunicación.

Además de comunicarse entre sí, estos equipos o dispositivos, deben ser capaces de comunicarse con las personas a quien sirven, deben presentarse al usuario de una forma tal, que el usuario no se esfuerce en aprender a controlarlos.

1.2 Vivienda domótica y vivienda inteligente

El término **inteligente** se ha aplicado profusamente en los últimos tiempos sin que, en muchas ocasiones su utilización haya estado justificada o correctamente comprendida. La incorporación de microprocesadores a diferentes equipos de la vivienda ha hecho que se extienda la utilización de las palabras *Smart house* (traducidas al español como casa inteligente).

La domótica es una rama de la tecnología que se ocupa de proveer elementos que acerquen una vivienda a adquirir el calificativo de inteligente. Una vivienda domótica es aquella que incorpora algún dispositivo domótico. Con estas descripciones, se puede ver una primera diferenciación entre la domótica y la vivienda inteligente, porque se puede deducir que una casa domótica no tiene porque ser inteligente.

Los aparatos domóticos no tienen por que estar integrados o controlados por un sistema central; pueden actuar por sí solos, pero entonces no se habla de viviendas inteligentes sino que de viviendas domóticas. Para aclarar esta diferenciación se puede tomar el ejemplo de un sistema de riego de jardín, en una casa domótica se puede tener un sistema de riego automatizado programable, en el que podemos introducir los días de la semana y los horarios que el sistema debe regar las plantas y el césped.

En una vivienda inteligente se puede hacer exactamente lo mismo que en una convencional y algunas cosas más; por ejemplo, se puede tener un sensor de humedad colocado en el jardín, el cual avisará a un control central cada vez que llueva y éste anulara la reguera y podrá reactivarlo si la lluvia se acaba. También se desactivará cada vez que abrimos la puerta de entrada al jardín para permitir la entrada a alguien; de esta manera evitaremos que nuestro visitante se moje. En resumen, se podría decir que las casas inteligentes ocupan una jerarquía superior respecto a las domóticas.

La vivienda domótica y la vivienda inteligente están tan solo a un paso, pero, en qué hay que basarse para decir cuando hay que aplicar cada término? Hay una serie de requisitos que una vivienda inteligente tiene que cumplir para serlo, y no se le debería aplicar este calificativo a una vivienda si incumple alguno de los puntos siguientes:

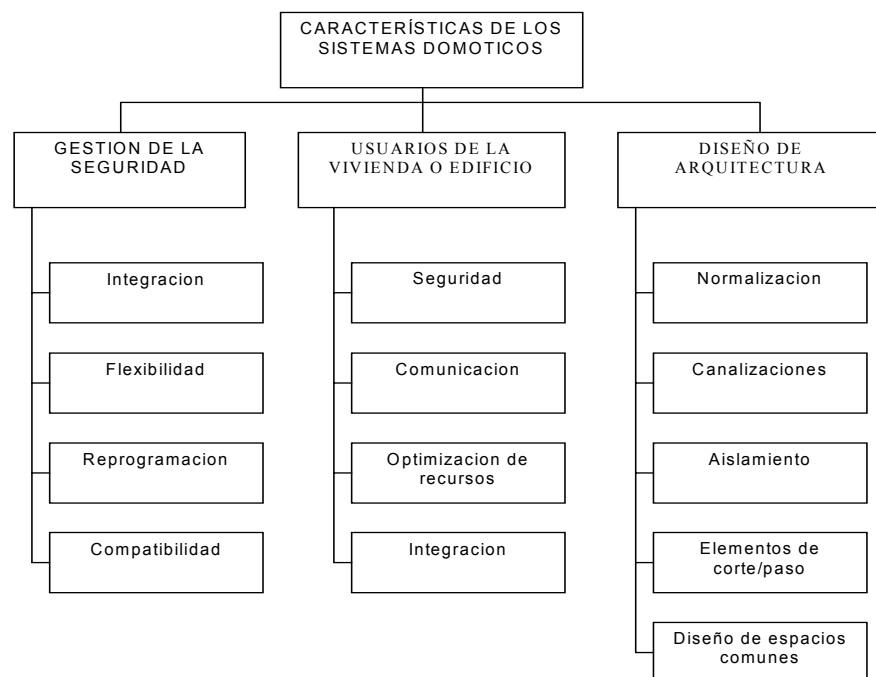
- Debe integrar todos los sistemas electromecánicos
- Tiene que poder actuar en condiciones ilimitadas
- Tiene que tener memoria y noción temporal
- Tiene que tener capacidad matemática adelantada
- Tiene que ser sencillamente modificable
- Tiene que disponer de capacidad de auto corrección
- Se tiene que comunicar agradablemente con el usuario.

Hay un punto más, que en un futuro no muy lejano se considerará imprescindible, y que de hecho muchas viviendas y edificios ya cumplen; es el hecho que el sistema incorpore las nuevas tecnologías de la información, como por ejemplo Internet.

Actualmente, hay varios programas informáticos que permiten controlar los sistemas de una vivienda desde cualquier computadora con conexión a la red, y usando de las nuevas tecnologías de la comunicación podemos disfrutar de servicios como el teletrabajo, la telemedicina, telecompras, etc.

1.3 Características de los sistemas domóticos

Figura 1. Características de los sistemas domóticos



Para valorar el grado de inteligencia de una vivienda o edificio, se debe tener en cuenta diversas variables observables; tanto en sus sistemas automatizados como en su estructura tal como se muestra en la figura anterior.

Las características de los sistemas domóticos se dividen en tres grandes niveles:

- Sistema técnico
- Usuarios de la vivienda o edificio
- Diseño arquitectónico

1.3.1 Sistema técnico

El primer nivel que es el sistema técnico, es un grupo que lo forman cuatro variables:

La **integración** de servicios y sistemas es la convergencia de todas las infraestructuras en un solo equipo controlador. Hay diferentes modales de distribuir los sistemas, y como se vera mas adelante, las mas integradas son las topologías centralizadas. De esta variable dependen la rapidez y eficacia del control de la vivienda.

La **flexibilidad** es la capacidad de añadir nuevos servicios y elementos a los sistemas existentes. Una vivienda inteligente tiene que prever que sus usuarios tendrán nuevas necesidades en el futuro y tiene que tener un margen de acepción de nuevos elementos que ayuden a cubrirlas sin tener que rediseñar completamente la instalación.

Otro disparo característico de un sistema domótico es la capacidad de **reprogramación** del mismo. El sistema técnico tiene que permitir modificar los parámetros de cada aparato de acuerdo con las exigencias y necesidades del usuario. Por ejemplo, el sistema de iluminación tiene que permitir cambiar la intensidad de las lámparas y el de la calefacción, graduar la temperatura.

La **compatibilidad** de formatos de información es imprescindible para tener una buena interacción entre los automatismos, puesto que cada uno de ellos emite un tipo de señales que no tienen por que ser iguales a las del resto de aparatos. Hay dos tipos de señales: digitales y analógicas; además se pueden encontrar diferentes medios físicos para transmitirlos en una misma instalación: por infrarrojos, fibra óptica, par trenzado, radio frecuencia, PL, etc.

1.3.2 Usuarios de la vivienda o edificio

Estas características pertenecen a el orden social, cultural y personal. Serán todas aquellas que se orienten a lograrla:

- Mejora de calidad de vida
- Seguridad de personas y bienes
- Facilidad de comunicación entre personas
- Mejora en la realización de tareas encomendadas a los usuarios
- Optimización de los recursos energéticos

1.3.3 Diseño arquitectónico

Al abordar una instalación domotizada hace falta tener en cuenta diversas exigencias económicas, ambientales, normativas, etc. Puesto que el desempeño de una vivienda o un edificio abraza muchas cuestiones, tanto a nivel externo como interno, en este punto solo se tomara en cuenta algunas de las que atienden mas directamente a las instalaciones automatizadas.

La normalización es un factor que hoy por hoy se encuentra en proceso, puesto que la domótica es una área relativamente nueva y los órganos que dictan la normativa a seguir han ido creando leyes a medida que se hacía necesario. Se debe tomar en cuenta que la legislación varía según la zona geográfica y cambia en función de los progresos de la tecnología.

En la siguiente figura se muestran las iniciativas más importantes de normalización internacionales:

Tabla I. Normalizaciones internacionales más importantes

Norma	Año	Órgano
Norma <i>Smart House</i>	1984	NAHB (<i>National association of Home Builders</i>)
Norma HBS (<i>Home bus System</i>)	1987	Ministerio de industria y comercio internacional
Norma CEBus (<i>Consumer Electronic Bus</i>)	1987	EIA (<i>Electronic Industry Association</i>)
Project Home System	1989	Comunidad Europea a través del proyecto <i>SPRIT</i>

El **diseño de espacios comunes**, es decir, aquellos que comparten los usuarios de la vivienda (pasillos, dormitorios, servicios, etc.) tiene que tener en cuenta su naturaleza en cuanto a iluminación, control de temperatura ambiental, control de accesos, etc.

También hace falta prestar atención a las **canalizaciones** a la hora de diseñar la vivienda, tanto para los cables de alimentación eléctrica como para las señales de audio, video, teléfono, etc. Se deben definir los lineamientos convenientes y prever los accesos a las instalaciones eléctricas para posibilitar su mantenimiento.

Puesto que el ahorro energético es uno de los objetivos de la domótica, es necesario una dedicación especial al **aislamiento**, reduciendo los coeficientes de perdidas de temperatura. Mediante puertas y ventanas podemos regular la ventilación pero no conviene olvidar aquellos accesos exteriores de apertura automática, como por ejemplo la puerta principal o la del garaje.

Es importante incluir **elementos de corte / paso** de electricidad, agua, gas, de tal forma que el sistema de control integrado pueda conectarlos o desconectarlos cuando sea necesario. Por ejemplo, ante un riesgo de inundación, se accionaría una válvula que cortaría el paso del agua.

1.4 Evolución de la domótica

La automatización, símbolo de progreso durante las ocho primeras décadas del siglo XX, se iba extendiendo a todo aquello susceptible a ser automatizado en un edificio. En los años setenta, un edificio moderno debía de estar dotado como mínimo de escaleras, puertas, ascensores, climatización, sistema de detección de incendios y de intrusos; todo automático.

El hecho que permitiría encaminar la tecnología a los edificios inteligentes fue la aparición, a principios de los ochenta, del microprocesador y las computadoras.

No obstante, el concepto de edificio inteligente todavía quedaba lejos y el paso más importante por abarcarlo vino de la mano del control climático: el ahorro y la comodidad eran y son factores prioritarios para un arquitecto, después de esto ingenieros e informáticos se hicieron amigos y empezaron a diseñar e instalar sistemas de climatización gobernados por electrónica microprocesada por autómatas y finalmente por ordenadores personales.

Entrando a los noventa, el desarrollo paralelo de tres grandes ramas de la tecnología (telecomunicaciones, electrónica, e informática) hace que los edificios inteligentes empiecen a ser realidades mas palpables, peer con mucho mas de propaganda que de realidad. Cualquier edificio dotado de sistemas inteligentes de climatización de accesos, de iluminación, etc, era considerado inteligente cuando en realidad las palabras adecuadas hubieran sido edificio domótico.

1.5 Redes residenciales

Existen diversos diseños en el ámbito domótico para redes residenciales, todos estas se diferencian entre sí, según el sistema de control que posean.

1.5.1 Sistemas de control

Desde hace unos años atrás, se ha dado una evolución de los sistemas de control en la automatización de viviendas. Aumentar la comodidad y el ahorro de energía en las viviendas es una de las principales metas presentes en las tendencias actuales del mercado.

Las necesidades del propietario del inmueble han hecho que tal industria mantenga esta evolución continua, aplicando todos los adelantos de la ciencia. La evolución de los sistemas viene marcada por la evolución de la electrónica y la informática.

A finales de la década de los 50, el uso del transistor en las computadoras marco el inicio de equipos mas pequeños, rápidos y versátiles del que permitían las máquinas con válvulas o tubos al vacío. Diez años más tarde, apareció el circuito integrado, que posibilitó la fabricación de varios transistores en una única pastilla de silicio. A mediados de los 70, el microprocesador se convirtió en una realidad.

Aparecieron los primeros sistemas capaces de realizar control digital directo. A principio de la década de los ochenta aparece la computadora personal; el uso de los microprocesadores se extiende y su costo se reduce considerablemente.

A principios de los noventa aparecen los primeros sistemas de control con topología de BUS y a partir de aquí empiezan a evolucionar de forma similar a la de las computadoras; ya no es tan importante que el sistema solo controle los equipos, si no que también es imprescindible que sea capaz de mostrar de forma sencilla los centenares o miles de datos que utiliza.

Con ayuda de sistemas operativos gráficos los sistemas de control se convierten en algo fácil de utilizar para un operario.

1.5.2 Definición general de sistema de control

En cierto modo, un sistema de control que gobierna una vivienda o un edificio automatizado es equiparable al cerebro humano (evidentemente, el grado de inteligencia de un sistema de control artificial es mucho inferior al de un humano, pero se puede establecer ciertos paralelos fundamentales que sirven para definir los sistemas de control artificiales).

Se puede poner como ejemplo una acción física, en principio nada compleja, como por ejemplo correr. Tal actividad está regida por el cerebro, al que nominaremos controlador, auxiliado por una serie de señales de entrada y de salida.

Las señales de entrada son las procedentes de los sentidos y que son utilizadas por el controlador para tomar decisiones y actuar en consecuencia. Cuando corremos las señales de entrada nos informan de nuestra posición, de el estado del camino, de los obstáculos que puedan haber, etc.

Las señales de salida provienen del controlador y ordenan a los actuadores lo que tienen que hacer para terminar la acción global. En este ejemplo, las señales de salida harán que los músculos realicen los movimientos adecuados por desplazarse.

En una vivienda automatizada, se tendría un ordenador central (sin necesidad que haya un humano que esté en cualquier momento determinado) que recibirá las señales de los sensores colocados en la vivienda y la computadora enviará las señales de salida que se transmitirían a los actuadores para efectuar las decisiones tomadas.

Una definición mas científica para un sistema de control es la siguiente: aquel, que en cualquier escenario dinámico es capaz de realizar actos en función de variables ambientales denominadas de entrada, modificando una serie de variables de salida y que, además, tiene que permitir actuar sobre él modificando su comportamiento mediante unas variables denominadas de consigna, estas variables son, en el mundo de la automatización, las que el operario humano introdujo al sistema de control y que, tal como dice la definición, modifican su comportamiento, porque no se debe olvidar que la máxima autoridad de una vivienda o edificio domótico es su usuario.

1.5.3 Componentes de un sistema de control

Con la definición de un sistema de control anteriormente dada, a continuación se describen los elementos que componen estos sistemas, los cuales se dividen en grupos según su función y estos son los más importantes:

- Sensores
- Generadores de consigna
- Condicionadores de señal
- Actuadores

1.5.3.1 Sensores

Un sensor es un elemento capaz de captar los cambios físicos en el ambiente, y traducirlos en una señal eléctrica, dirigida al controlador. Los sensores se distribuyen estratégicamente por la vivienda de manera que reciban el máximo de información.

De esta manera, el controlador puede saber si hace frío o calor, si hay mucha o poca luz, si hay personas adentro de la vivienda o no, si las ventanas están abiertas o cerradas, etc.

Existe gran variedad de sensores entre los cuales se pueden mencionar los más comunes:

- Sensores de temperatura
- Sensor de humedad
- Sensores de incendios
- Sensores de intrusión
- Sensores de presencia
- Sensores de iluminación
- Sensores de consumo

1.5.3.2 Generadores de consigna

Las señales de entrada no son únicamente las producidas por los sensores, también las que el operador del sistema introdujo. Estas señales establecen los valores ideales que tiene que tener cada variable (temperatura, luz, consumo de electricidad, etc.) en cada circunstancia.

1.5.3.3 Condicionadores de señal

En muchas ocasiones, las señales que envían los sensores no son aptas para ser leídas por el controlador y en estos casos es necesario que un dispositivo entre ambos elementos que interprete las señales de entrada y las modifique de tal manera que el controlador las pueda usar. Estos dispositivos son los condicionadores de señal.

Es posible que el problema lo encontramos entre el controlador y los actuadores, y la solución es exactamente la misma, pero en este caso se coloca el condicionador de tal modo que transforme las señales de salida.

Hay una variedad de condicionadores, puesto que no todas las señales requieren el mismo tratamiento; a veces se ha de amplificar o atenuar la señal, filtrarla, convertirla de corriente alterna a continua, de analógica a digital, etc.

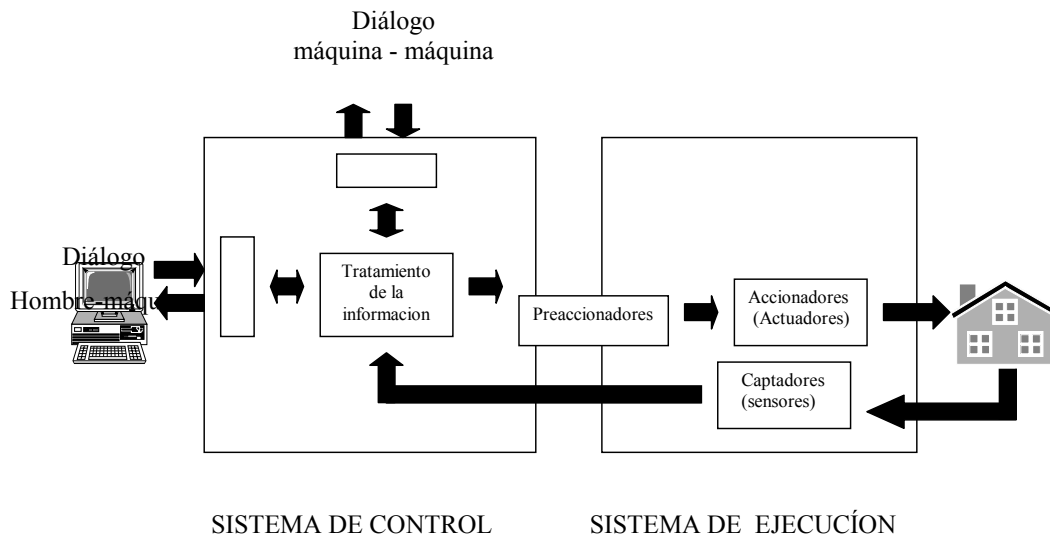
1.5.3.4 Actuadores

A este grupo pertenecen todos aquellos dispositivos electromecánicos que actúan sobre el medio exterior y que afectan físicamente a los habitantes de la vivienda. Son aquellos elementos que terminan la parte final del trabajo.

Cuando la actuación es total o nula, es decir, si las únicas posibilidades de el aparato son encendido / apagado como en el caso de una luz normal, la señal de salida del controlador tendrá que ser digital, mientras que si la actuación es variable (como pasa con un termostato) las señales serán analógicas.

En la siguiente figura se muestra un esquema del proceso de actuación de un sistema de control, (en esta gráfica los condicionadores de señal reciben el nombre de preaccionadores).

Figura 2. Proceso de actuación de un sistema de control domótico



1.6 Protocolos y estándares para redes de control

Se contemplan diversos estándar y protocolos para que los electrodomésticos y equipos eléctricos puedan controlarse y comunicarse usando ondas portadoras por las líneas de baja tensión, par trenzado con telealimentación, cable coaxial, infrarrojo, radiofrecuencia y fibra óptica. Son pocos los estándar que soportan todos los medios mencionados anteriormente, a continuación se presentan algunos de los estándar y protocolos que utilizan como medio la red eléctrica:

- *HomeAPI*
- *Jini*
- *LonMark interoperability Association*
- *Lonworks*
- *No new Wires*
- *X-10*
- Estándar CEBus (EIA-600)

Estos dos últimos son parte de tecnología americana, a diferencia que uno es más reciente que el otro. El protocolo X-10 es el pionero en este campo de la domótica y algunas veces es llamado el padre de los protocolos, a través de líneas de corriente facilita el control de dispositivos domóticos sin instalación en cualquier casa.

Tiene como principio utilizar un emisor que inyecta por cualquier punto del circuito una señal de frecuencia superior a 60 hz. y de baja potencia que se superpondrá a la frecuencia de la red. Este emisor, gracias a una interfaz de codificación, manda una señal codificada según el destino de las órdenes a ejecutar.

1.7 Estándar CEBus EIA-600

El estándar CEBus EIA-600 fue desarrollado por la Alianza de Industrias Electrónicas (EIA por sus siglas en inglés). La EIA es una de las más antiguas organizaciones comerciales en los Estados Unidos, y es responsable de varios estándares comerciales usados por la industria electrónica en el mundo entero (por ejemplo EIA-232, EIA-485, que son estándares para teléfono, televisión, radio y audio).

CEBus es solamente un documento, el cual especifica como deben de ser construidas e instaladas todas las partes de una red de tipo domótico o bien otro tipo de red, no *hardware* ni *software*, porque este documento no describe la construcción de *hardware* ni *software*. La industria electrónica manufacturera crea y adapta los productos existentes para normalizarlos de forma que sean aplicables al estándar.

1.7.1 Atributos del estándar EIA-600

En 1992 fue presentada la primera especificación. Se trata de un protocolo, para entornos distribuidos de control, que está definido en un conjunto de documentos (en total unas 1000 paginas). Como es una especificación abierta, cualquier empresa puede conseguir estos documentos y fabricar productos que implementen el estándar. El EIA-600 fue escrito usando tres criterios:

- **Es una especificación de funcionamiento.** El estándar describe como los dispositivos CEBus deben funcionar, no como deben ser construidos. El estándar nos da solamente las especificaciones eléctricas y temporizado de un dispositivo CEBus visto desde de la red. Las especificaciones de funcionamiento están escritas en términos de contenidos de paquetes, temporizado de transmisión, funcionamiento del protocolo, y características físicas y eléctricas de la red.
- **Es una especificación abierta y no tiene propietario.** Abierta significa que el desarrollo, revisión, y modificación del estándar esta disponible para cualquiera que tenga un legitimo interés personal o bien comercial para hacer de éste, un estándar mas útil y eficiente.
- **Es un requisito mínimo para la compatibilidad.** El estándar CEBus describe las características y capacidades que deben ser implementadas para los productos que se van a comunicar formalmente en la vivienda usando el protocolo CEBus. Permite tener una fácil actualización al momento que se necesite cambiar algún dispositivo en el futuro.

1.7.2 Partes del Estándar

El estándar CEBus puede ser dividido en tres áreas: el medio físico (cable coaxial, par trenzado, fibra óptica, línea de poder PL, o cualquier otro medio que se utilice); el protocolo de comunicación (usado para el acceso a la red y construcción de mensajes); y el lenguaje de comunicación (permitiendo a los dispositivos comunicarse usando un repertorio común de comandos).

El estándar esta dividido en ocho volúmenes, y cada volumen esta dividido en un numero de partes. La descripción de cada volumen y su número de apartado se resume a continuación.

- **EIA-600.10 Introducción:** este volumen proporciona una vista global a fondo, alcance y metas del estándar. También incluye un repertorio de requerimientos mínimos para los productos CEBus y una definición global para el estándar entero.
- **EIA-600.20 Descripción:** este volumen nos proporciona una descripción de el estándar empezando con la arquitectura general; una discusión de el medio y las topologías usadas con cada medio; y un vistazo de el protocolo de mensaje y el lenguaje de comandos usados por todos los dispositivos EIA-600.
- **EIA-600.30 Medio y capa física:** este volumen consiste de nueve partes, cubre todos los medios y capa física que permite el estándar, también los enlaces al medio (Capa OSI 1), además de una discusión de todas las funciones y soporte de la red.

Las partes de este volumen que son desde la EIA-600.31 hasta la EIA-600.32 comprenden respectivamente a la capas físicas PL (línea de potencia o 110V/220V), par trenzado TP, cable coaxial, infrarrojo IR, radio frecuencia RF, fibra óptica, también incluye la sub-capa codificadora de símbolos, PL/RF, Nodo 0.

- **EIA-600.40 Protocolo de comunicaciones de nodo:** consiste de seis partes numeradas, que cubre una completa descripción de las capas de protocolo OSI usadas por EIA-600 y el formato del paquete del mensaje resultante.
- **EIA-600.50/60 Enrutamiento del protocolo de comunicación:** este volumen consiste de cuatro partes que dan una descripción detallada de las capas OSI necesarias para implementar una función ruteadora a través del medio físico y no físico (RF, IR).
- **EIA-600.70 Información suplementaria:** este volumen esta reservado para cualquier “información adicional” que se desee agregar en el futuro, necesaria para usar o entender el estándar.
- **EIA-600.80 Lenguaje de aplicación común:** estas dos partes del volumen cubren todo lo que se refiere al lenguaje y comandos de alto nivel usados por todos los dispositivos CEBus. Describen la estructura de los datos y la sintaxis de los mensajes, también cubre la interface al resto de la capa de aplicación.

1.8 Comunicaciones por red eléctrica

El acceso a la red eléctrica es uno de los mas extendidos que existe, aún más que el acceso telefónico, no importando el nivel de desarrollo de un país. El alcance que tiene la red eléctrica no lo tiene ninguna otra red, ni si quiera la red de telefonía, de manera que cualquiera que tenga cerca un tomacorriente es un cliente potencial.

En eso se basan las comunicaciones por red eléctrica (PLC, que en ingles es *Power Line Communications*); este tipo de tecnología busca integrar varios servicios tales como audio, video, datos, e Internet y enviarlos por la red eléctrica, que es un medio que ya esta efectuado, lo que reduce los gastos de implementación de la tecnología y permite aplicar tarifas mas ventajosas para los clientes.

Esta tecnología en pleno desarrollo puede ser considerada como el futuro del acceso a redes, que van desde una simple red de tipo domótico, hasta una red compleja en la cual existan los servicios anteriormente mencionados.

2. CEBUS

Los dispositivos o productos CEBus pueden trabajar conectándose uno con otro en una red, estos podrán comunicarse entre sí usando un medio que los conecte, de manera que se transmitan comandos o peticiones. El medio puede ser : la línea eléctrica, par cruzado, cable coaxial, RF o IR.

Los mensajes son transmitidos y se envían por alambre o transmitiendo una portadora RF o IR. Los mensajes son cortos y son enviados en un intervalo de tiempo promedio de 25 ms, conteniendo de 50 a 300 bits. Manteniendo los mensajes cortos, los dispositivos que comparten el medio no tienen ningún conflicto porque los mensajes entre cualquiera de dos productos (TV, VCR, luz aire acondicionado, etc.) es relativamente poco frecuente.

Para asegurar una alta fiabilidad de entrega del mensaje y para asegurar que los productos no están transmitiendo todos al mismo tiempo, los dispositivos CEBus están apegados a un estricto protocolo de mensajes. Un protocolo es un repertorio de reglas que definen cómo y cuándo los mensajes son enviados, cómo recuperar errores de transmisión, el formato de los mensajes, etc.

Los mensajes contienen comandos en un lenguaje de comandos común (CAL), que es entendido por cada producto. El lenguaje de comandos está diseñado específicamente para el control de los productos residenciales. Los productos CEBus necesitan entender un mínimo repertorio de el lenguaje de comandos, y una porción del lenguaje específico de su categoría de productos.

2.1 Modelo de un producto CEBus

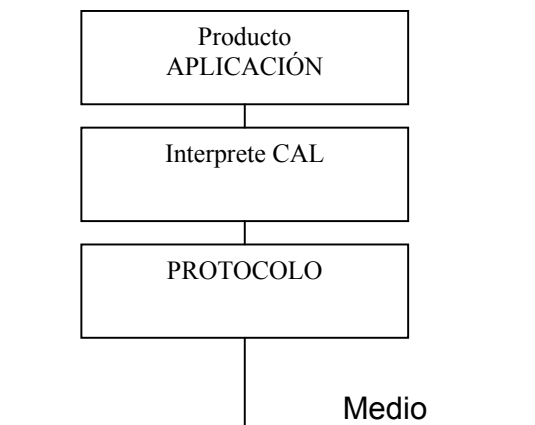
2.1.1 Nodo

Cualquier dispositivo CEBus que esta conectado a un medio es conocido como un nodo CEBus. Un nodo es cualquier dispositivo que:

- Puede transmitir y recibir paquetes CEBus en por lo menos un medio
- Interpreta el protocolo de mensajes CEBus
- Usa y entiende un mínimo del repertorio o *set* de instrucciones del lenguaje CAL

Los mínimos requerimientos del lenguaje CAL comprenden un *set* de comandos que dirigen la red y que son específicos para cada categoría de los dispositivos. Por ejemplo, un interruptor de luz CEBus debe entender los comandos de encender y apagar la luz, pero no es necesario que entienda comandos como “cambiar al canal 13”.

Figura 3. modelo de un producto CEBus simple



Todos los nodos CEBus constan de tres partes mostradas en la figura anterior. Este diagrama representa un modelo interno simple de un nodo. Las partes pueden ser implementadas usando una combinación de *hardware* o *software*.

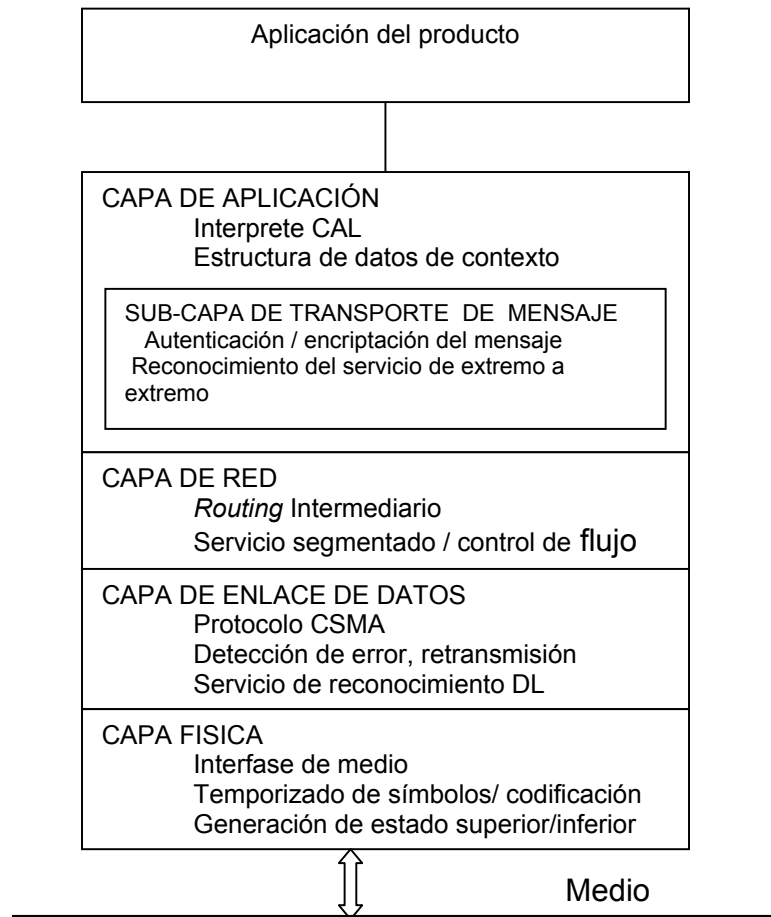
El protocolo es el mismo en cada dispositivo CEBus y es responsable para la realización del envío del mensaje. El *software* del protocolo define el formato de los paquetes transmitidos, el paquete envía servicios (detección de error, prioridad de mensaje, retransmisión de mensajes perdidos, respuestas de mensajes), y la técnica para acceder y transmitir mensajes en cada medio.

El bloque CAL en el modelo, es responsable de convertir el mensaje en lenguaje CAL, a eventos para las aplicaciones del producto, lo que es lo mismo, interpreta el mensaje recibido y efectúa la operación del producto.

La APLICACIÓN representa la aplicación del nodo específico para el producto, conteniendo el *hardware* y *software* que define la operación del producto.

El protocolo consiste de cuatro capas o sub-funciones: la capa física, la capa de enlace de datos, la capa de red, y la capa de aplicación. El interprete CAL es parte de la capa de aplicación. Una sub-capas de transporte de mensaje, también parte de la capa de aplicación, provee algunos de los servicios tradicionalmente encontrados en una sesión de protocolo y capa de transporte. La figura 4 muestra el modelo en términos de la capas de protocolo que define la operación del nodo.

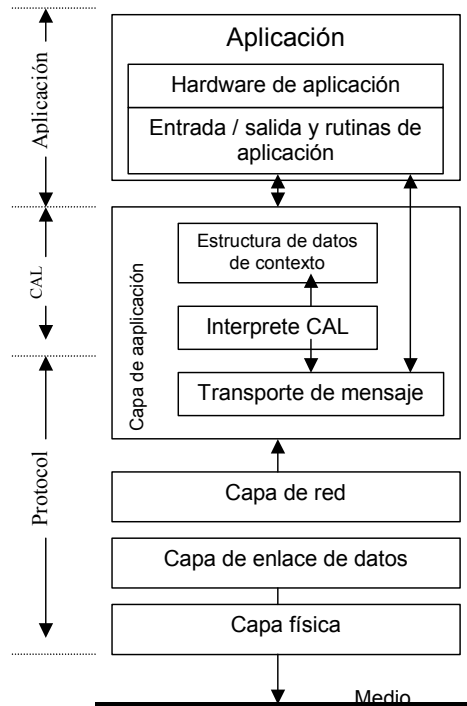
Figura 4. Modelo de un producto en términos de las capas de protocolo



Fuente: Grayson Evans, **CEBus Demistified**, Pág. 38

La entrada y salida (I/O) y las rutinas de aplicación manipulan la interfase del *hardware* del dispositivo y *software* de aplicación para la estructura de datos de contexto y las rutinas de protocolo. La aplicación lee y escribe la estructura de datos de contexto para reflejar la operación del producto. La estructura de datos de contexto sirve como la interfase de la red CEBus a los recursos del producto. La figura 5 muestra el diagrama de bloques del modelo.

Figura 5: modelo de producto mostrando la división de protocolo, CAL y aplicación



Fuente: Grayson Evans, **CEBus Demistified**, Pág. 39

La aplicación puede generar mensajes escribiendo el mensaje para la estructura de datos de contexto, o bien formando un mensaje manualmente y pasándolo directamente a la capa de transporte de mensaje. La estructura de datos de contexto representa un modelo del software de la operación de los productos para la red.

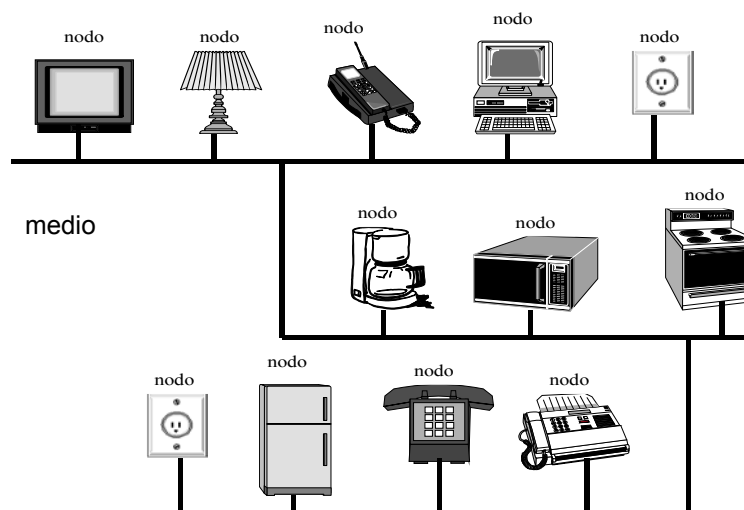
El interprete CAL traslada cambios en la estructura de datos de contexto a un mensaje apropiado para otro nodo. Los mensajes recibidos son interpretados y la estructura de datos de contexto, es actualizada.

2.2 Modelo de comunicaciones de red

En la mayoría de protocolos de comunicaciones se asume que existe una jerarquía de comunicación que hay de un dispositivo a otro en términos de control de accesos de red y control del dispositivo. Para tener una mejor visión en el diseño de las capas de protocolo CEBus, es útil conocer esas asunciones de diseño CEBus.

El protocolo CEBus usa un modelo de comunicación de igual a igual (figura 6). Esto significa que el protocolo está diseñado para habilitar cualquier nodo en cualquier medio para comunicarse (enviar o recibir mensajes) con cualquier otro nodo en la vivienda. No hay jerarquía de comunicación o restricciones en comunicaciones de producto a producto en el medio que sea.

Figura 6: Modelo de comunicaciones CEBus



Cada producto se comunica de igual a igual con los demás, no existe ninguna jerarquía de comunicación.

El modelo de comunicaciones asume que hay solo un medio CEBus compartido por todos los nodos. De manera que cualquier tipo de medio físico que se este usando (par trenzado, cable coaxial, RF, *power line*) será tratado como un medio único, y el mensaje generado por algún nodo, llegará a todos los demás nodos que están conectados a la red. Si hay varios tipos de medios en la red, estos se conectan entre si por *routers* y *brouters* que son los que se encargan de que los medios diferentes se comporten como un solo medio que conecte todos los nodos.

2.2.1 Modelo de control de red

El protocolo soporta dos modos de control. Un modelo de control define cuáles nodos pueden controlar otros nodos en la red. El protocolo CEBus asume el papel de un modelo de control distribuido de igual a igual, permitiendo a cualquier nodo controlar otro nodo. Con esto se logra que la red CEBus pueda construirse y además pueda incrementar sus dispositivos en un orden aleatorio. Cualquier producto puede controlar a cualquier otro producto en la vivienda.

Ningún tipo de dispositivo de control central o sistema de automatización es necesario en CEBus. La ausencia de un control central fue la meta del diseño del estándar. Los productos pueden ser agregados en cualquier tiempo y el usuario no tiene la necesidad de notificar a un programa o sistema central.

Aunque CEBus no estuviera dependiendo de un control central, no lo excluye de eso, por que la red puede tener otro tipo de modelo al cual se llama modelo de control de grupos (*cluster*). Este modelo permite que uno o mas nodos asuman la tarea de controlar varios otros nodos.

Este modelo es empleado para sistemas orientados a productos en la vivienda tales como sistemas de seguridad, aire acondicionado, y control de iluminación, que son modelos usados por estos sistemas para ser controlados por el usuario.

Por ejemplo, si se deseara poner la temperatura en el segundo piso a 25 grados, el usuario podría tener un menú en la pantalla de su televisor en la sala. El televisor tendría que enviar un mensaje al termostato y al aire acondicionado que están en el piso de arriba, requiriendo una nueva temperatura.

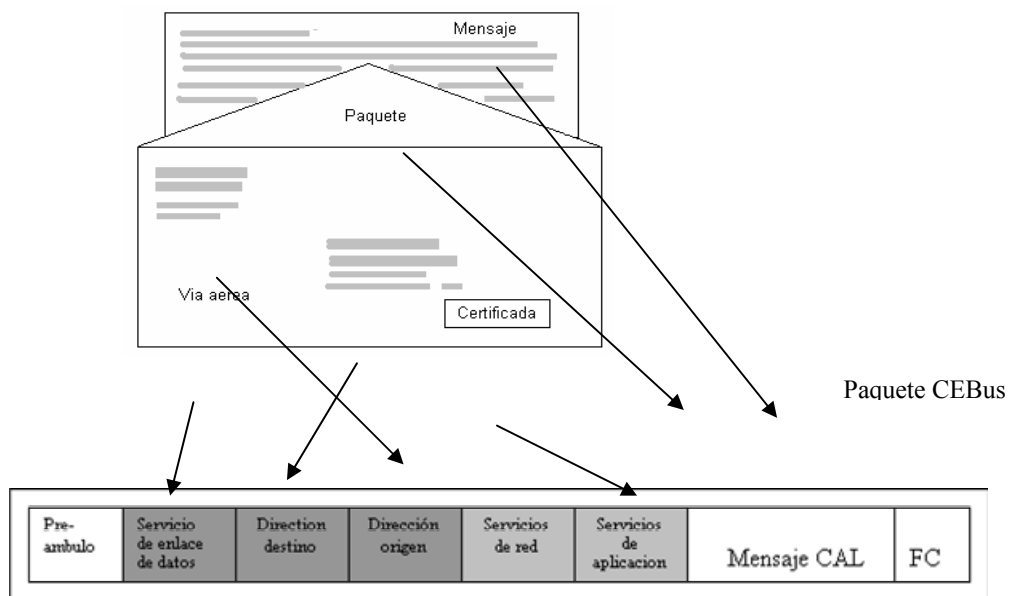
2.2.2 Paquetes y mensajes

La información es transmitida en el medio (por el canal de control) en paquetes de datos a aproximadamente 10,000 bits por segundo (bps), (sin tener en cuenta el medio que se utilice).

Los paquetes contienen la información necesaria para el gobierno de la casa, tal como la dirección de el nodo origen y destino, así como el mensaje (los comandos CAL dirigidos al nodo destino). Una simple analogía puede ser hecha entre la información contenida en un paquete CEBus y la información en una carta común y corriente.

El mensaje contenido en el paquete es típicamente de 4 a 10 bytes, (cerca de un cuarto a un medio de la longitud del paquete). Las direcciones y los bytes de servicios constituyen el resto del paquete, (ver figura 7).

Figura 7: Analogía de un paquete CEBus y una carta



Fuente: Grayson Evans, **CEBus Demistified**, Pág. 47

En una carta (mensaje), su intención es que sea recibida satisfactoriamente, la carta es enviada en un sobre (paquete), y en el sobre se escribe la dirección del que la va a recibir (dirección destino). Para informar al receptor la dirección del que la envía (o bien para permitir que la carta sea devuelta en caso que no se haya hecho efectivo la entrega), la dirección origen es incluida en el sobre.

Cada producto CEBus tiene su dirección única propia, adquirida cuando el producto es instalado en el hogar. La dirección tiene dos partes: una dirección de la casa (que todos los productos en una casa o apartamento tienen), y una dirección de nodo o dispositivo que es única para el producto. Cuando se envía alguna carta, el sobre puede indicar uno o mas servicios de la oficina postal, tales como correo certificado, entrega inmediata o petición de retorno de recibido. Los paquetes contienen información similar.

El servicio de enlace de datos (manejado por la capa de enlace de datos) determina la prioridad de acceso a la red, y así, una prioridad de envío, que es como una petición de retorno de recibido. Los servicios de red (manejado por la capa de red) determina la ruta del paquete a través de la red.

Los servicios de aplicación (manejado por la capa de aplicación) determina si una contestación es requerida por el receptor y de la seguridad del mensaje. La autenticación del mensaje puede ser requerida en los servicios de aplicación para prevenir el acceso a usuarios no autorizados que quieran cambiar la información en algunos productos.

El preámbulo y el FC (*Frame Check o Frame Check Sequence FCS*) que se muestra al inicio y al final del paquete en la figura 7 son campos usados por el protocolo de la capa de enlace de datos. El preámbulo, es el primer *byte* de el paquete, es usado para la detección de colisión de transmisión. El FCS es usado para recibir la detección del bit de error.

2.2.3 Códigos y símbolos

Cuando un dispositivo CEBus envía un paquete, el dato en el paquete es convertido de una forma binaria a una forma de símbolos físicos. CEBus usa un set de cuatro símbolos, en lugar de los símbolos binarios mas frecuentes usados en las computadoras.

1: uno binario

0: cero binario

EOF: (End of Field) usado para separar campos de paquetes

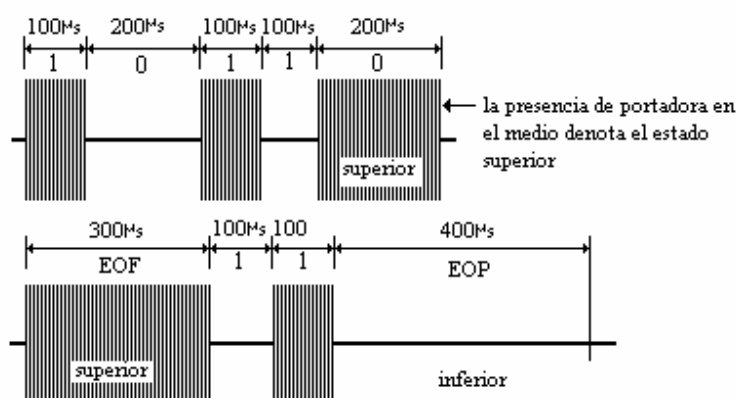
EOP: (End of Packet) identifica el fin de un paquete de transmisión.

Usando cuatro símbolos a cambio de dos usualmente usados, hace que la transmisión y recepción de paquetes sea mas fácil. Eso permite una técnica de compresión de datos fácil y económica.

Todos los nodos CEBus codifican símbolos por la generación de uno de dos estados. Los dos estados están definidos como el estado “superior” y el estado “inferior”. Esos términos generalmente definen dos condiciones eléctricas de el medio que para el nodo receptor le es fácil detectar. El nombre del estado implica que el estado “superior” siempre sustituye o se detecta por encima del estado inferior. El estado inactivo de el medio o cuando ningún paquete se esta transmitiendo, es siempre el estado “inferior”.

Cada medio CEBus usa diferentes condiciones eléctricas, apropiadas al medio, para representar los dos estados. La representación típica de el estado superior e inferior en cada medio se muestra en la figura 8.

Figura 8: Codificación típica representando los cuatro símbolos y sus tiempos



Fuente: Grayson Evans, **CEBus Demistified**, Pág. 49

Los cuatro símbolos son codificados usando el tiempo que el estado superior o inferior está en el medio, no si el estado superior o inferior es usado. El tiempo es medido desde la transición entre los estados. El símbolo 1 es representado por el intervalo mas corto de cualquiera de los estados superior o inferior ($100\mu\text{s}$); el estado 0 es dos veces el intervalo de 1; el EOF es tres veces el intervalo; y el EOP es cuatro intervalos.

Hay que notar que cualquier símbolo puede estar representado por cualquiera de los estados superior o inferior. El final de un símbolo y el inicio de el siguiente ocurre en la transición de un estado a otro. Por eso los estados alternan entre superior e inferior para cada nuevo símbolo transmitido en un paquete. Debido a que el estado inactivo del medio es siempre el estado inferior, el primer símbolo transmitido en un paquete es siempre codificado con el estado superior.

El paquete puede terminar en cualquier estado. El tiempo de símbolo para el símbolo mas corto (1) es definido como unidad de tiempo de símbolo (UST por sus siglas en inglés *Unit Symbol Time*) y representa el período mínimo superior o inferior. El UST es la unidad básica de medición para el tiempo en el software de protocolo.

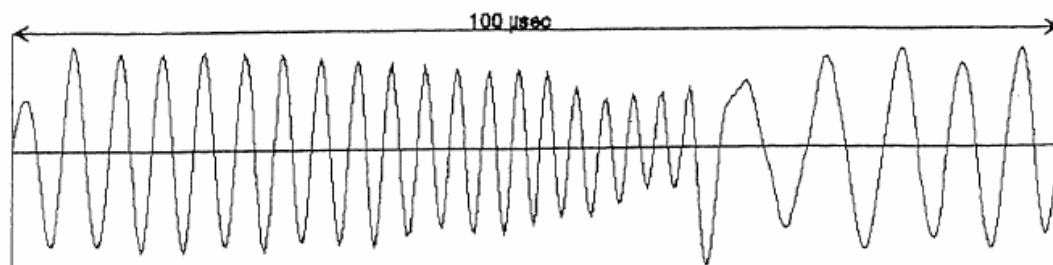
La tasa de datos del paquete es la misma para todos los medios CEBus, y su valor máximo es de 10,000 bits por segundo, si se diera el caso que se enviara un paquete conteniendo todos sus símbolos "1", se habría transmitido cada símbolo a $100\mu\text{s}$, o 10,000 bps. En la práctica, como cada paquete contiene una mezcla de los cuatro símbolos, la tasa de información varía con cada paquete, haciendo un promedio de 8,500 bps. Hay técnicas de compresión que son usadas en el protocolo para reducir el uso de ceros como fuere posible.

La tecnología de señalización usada en cada medio está en función de la implementación a bajo costo, siempre y cuando sea altamente confiable. Los transreceptores PL usan una tecnología diseñada por *Intellon corp* que se llama espectro de portadora extendido (*spread spectrum carrier*) y es de 100 a 400KHz.

2.3 Spread spectrum

La forma de onda de *spread spectrum* esta en un rango de 100kHz a 400kHz usado en CEBus para comunicaciones a través de la línea eléctrica. Un bit "1" es representado por la forma de onda mostrado en la siguiente figura.

Figura 9: Señal Spread spectrum para un bit "1"



La forma de onda empieza en 200 KHz. se barre a 400KHz, después repentinamente cambia a 100kHz y termina en 200kHz. El barrido total que le toma llegar de 200kHz a 200kHz nuevamente le toma 25 ciclos y una duración de 100μsec. Este barrido es llamado un chirrido (*chirp*). El estándar de FCC fija que para la frecuencia de 400kHz su amplitud debe ser menor que 1mV.

Esto es para asegurar que la señal no afecta cualquier radio AM que pudieran estar conectados a la línea de voltaje.

La amplitud de la señal de 100kHz debe ser menor que 5mV para prevenir interferencia con la frecuencia de navegación de radio de la marina. Los símbolos, 1 y 0 , son transmitidos a través de la línea del cableado eléctrico usando los estados “superior” e “inferior”. Antes que algún paquete de datos sea transmitido en la línea, un preámbulo debe precederlo.

El estado superior del preámbulo es mostrado en la figura 8, y el estado inferior es la ausencia de el estado superior. En otras palabras, el tipo de modulación usado para el preámbulo es el ASK (*Amplitude Shift Keying*). El preámbulo es una serie de “unos” y “ceros” usados para detectar la transmisión de otro nodo.

La capa física hace esto para recibir una señal de respuesta. Cuando se envía una (estado superior) se espera que le manden una señal de regreso y cuando no se envía señal (estado inferior) no se espera recibir nada. No obstante, si se recibe una señal durante un estado inferior es una indicación que otro nodo esta transmitiendo y que el nodo que recibe debe retirarse.

Esta método de detección es llamado acceso múltiple de detección de portadora (CSMA). Si después de que todos los ocho bits de el preámbulo fue transmitido y no han sido detectados por otro nodo, este nodo envía un a señal de preámbulo EOF para dejar que los otros nodos sepan que son los datos que se están transmitiendo.

En una porción de los datos de un paquete, los símbolos están representados por dos estados superiores (fase 1 y fase 2). La señal mostrada en la figura 8 es llamado el estado superior fase 1 ($\Phi 1$). El estado superior fase 2 ($\Phi 2$) esta desfasado 180 grados con el superior $\Phi 1$.

Por consiguiente, el método de modulación usado en el paquete es la codificación por inversión de fase (PRK , *Phase Reversal Keying*). En la porción de los datos puede haber una ausencia de señal como en el preámbulo.

Cuando el receptor detecta una señal válida, cierra la comunicación el tiempo que dura el paquete. Si lo que se recibe es la ausencia de señal, el receptor debería de asumir que recibió todo el paquete. Sin embargo, el paquete debería, eventualmente ser descartado después de procesarlo.

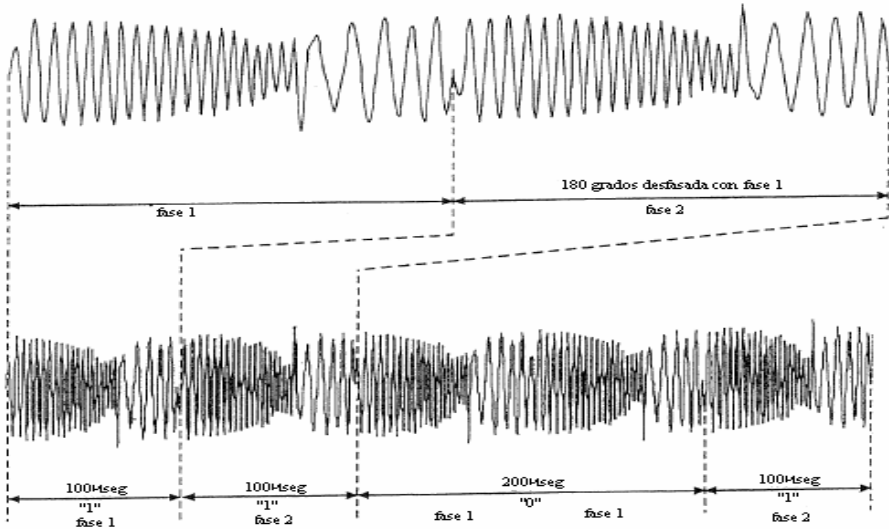
Lo más importante en el *spread spectrum* para representar un bit, es la duración de la señal y no la fase. La tabla anterior muestra la duración de la señal para representar 0, 1, EOF, y EOP para diferentes partes de un paquete.

Tabla II. Códigos de los símbolos *spread spectrum*

Símbolo	Preámbulo		Dato	
	UST	Tiempo	UST	Timing
1	1	114µs	1	100µs
0	2	228µs	2	200µs
EOF	8	800µs	3	300µs
EOP	N/A	N/A	4	400µs

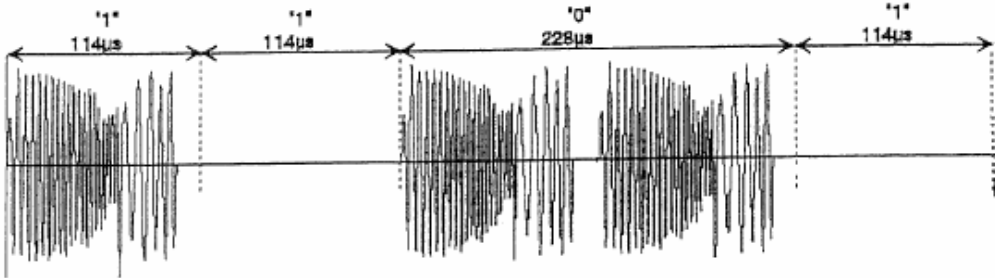
La figura 10 muestra una señal *spread spectrum* para la representación de dos bits “1” consecutivos. Hay que notar que después de los primeros 100µs de la señal, la fase es invertida para representar el siguiente bit “1”. Esta fase que alterna también aplica para el símbolo “0” el cual tiene una duración de 200µs.

Figura 10: Representación de dos "1" consecutivos



Según se muestra en la tabla II, la duración de la señal que representa un símbolo para el preámbulo, difiere con la que representa una porción de dato. Pasados los 100µs de iniciado el "chirrido" hay una ausencia de señal, que tarda 14µs lo que indica el fin del símbolo. Los estados están alternados igual que como en una porción de datos de un paquete. Para representar un bit "0" hay dos ausencias de señal consecutivas. El patrón es mostrado en la siguiente figura.

Figura 11: Representación de bits para el preámbulo



La figura 12 muestra un ejemplo de preámbulo y los estados usados para representar una serie de bits (01101001). El preámbulo EOF (PRE_EOF) es una serie de ocho unos que están representados por el estado superior. El estado superior esta representado por $\phi 1$ (fase 1) y el estado inferior por “---“ en el preámbulo.

Después que el PRE_EOF ha sido transmitido, lo siguiente seria la parte de datos del paquete, ver figura 13.

Figura 12: Preámbulo y preámbulo EOF

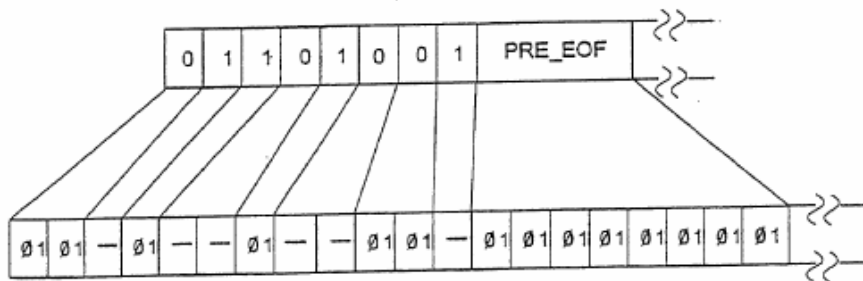
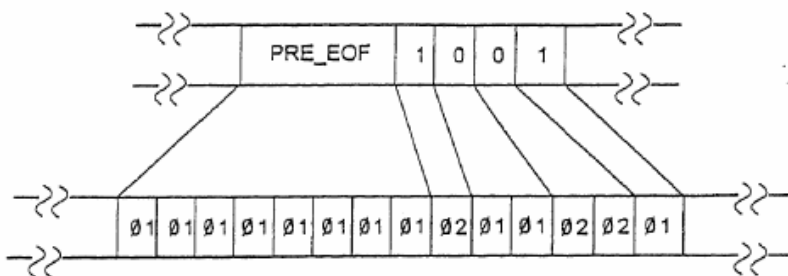


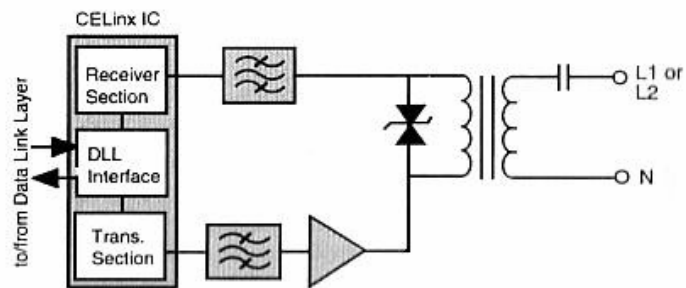
Figura 13: Principio de datos usando $\phi 1$ y $\phi 2$ para los símbolos



2.4 CEBus sobre una red PL (*power line*)

La capa física PL es la responsable de generar y detectar la presencia de los estados inferior (ambos tipos) y superior en el medio PL; la figura 14 ilustra los componentes típicos de la capa física de la línea.

Figura 14: Componentes de capa física para una interfase PL típica



Fuente: Grayson Evans, **CEBus Demistified**, Pág. 68

El circuito integrado CELinx es un generador / detector de símbolos en *spread-spectrum* CEBus. Los datos en los símbolos son pasados desde la capa de enlace de datos para el IC (1, 0, EOF, EOP). El IC genera la forma de onda *spread-spectrum* que es filtrada por un filtro pasabanda, amplificada y acoplada a la línea de AC.

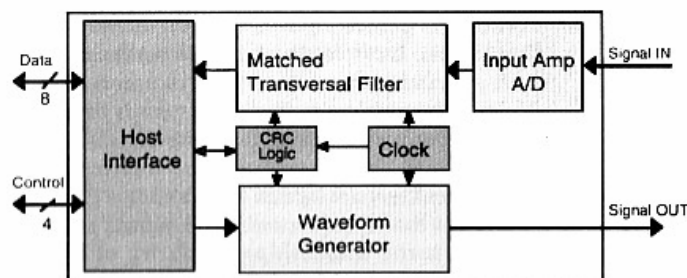
El acople a la red consiste de un transformador toroide acoplador de impedancias y un capacitor que bloquea la frecuencia de 60 Hz. El acople esta entre Neutro y L1 o L2. El circuito deberá también tener una protección contra altos voltajes transitorios de AC en la línea. La red de salida (amplificador, filtro, componentes acopladores), es necesaria para proporcionar una señal de salida que este entre 100 y 400 Khz., en un nivel de señal en la línea de entre 2.5 y 7 voltios pico a pico con una impedancia de 10 a 2k Ω .

Las impedancias en PL varían grandemente arriba de este rango de frecuencia. La impedancia total de la línea de poder que alambra una vivienda que este arriba de un rango de frecuencia de entre 100 a 400 Khz., variará su impedancia total desde aproximadamente 0.8Ω a 20Ω o mas dependiendo de los aparatos que estén conectados a la red.

La mayoría de la atenuación experimentada en PL viene dada por los dispositivos ligados a la red, pero porque el alambrado PL tiene una impedancia típica en el rango de frecuencia CEBus de cerca de 10Ω por cada 100 pies, la impedancia del alambrado tiende a aislar a las cargas que están bastante lejos.

La figura 15 es un diagrama de bloques de un circuito integrado típico PL spread-spectrum. La señal recibida es amplificada, convertida de análogo a digital y llevada al filtro transversal igualador. El filtro proporciona la correlación de la señal recibida con una plantilla interna de la forma de onda “superior $\phi 1$ ” o “superior $\phi 2$ ” .

Figura 15: Diagrama a bloques de un IC transreceptor PL típico



Fuente: Grayson Evans, **CEBus Demistified**, Pág. 69

La magnitud de la correlación esta directamente relacionada a la calidad de el *chirp* recibido. El estado de la correlación (superior ϕ_1 o ϕ_2) es determinado por la fase de el *chirp*. Una vez el filtro a empezado a rastrear los datos entrantes, él se mantendrá rastreando con solo señales marginales por mas de 1ms antes de indicar una perdida.

La lógica digital usa una indicación de detección de símbolo que cronometra el filtro para computar símbolos recibidos y pasárselos a la capa de enlace de datos adjunta.

Los símbolos transmitidos son alimentados para la salida del generador de onda. El generador de onda consiste de tres partes: un amplificador de salida, un convertidor digital-analógico, y una memoria que guarda una tabla de las formas de onda. La tabla con 360 puntos, contiene la imagen binaria de el *chirp* de salida.

El circuito integrado contiene lógica de computación CRC. Cuando el paquete es transmitido, la lógica CRC calcula un CRC de 16 bit. Cuando el EOP es recibido y transmitido por el integrado, los CRC son añadidos al paquete.

Cuando un paquete se esta recibiendo, y el fin de el preámbulo es detectado, la lógica CRC hace el mismo cálculo en los bits recibidos de información parte del paquete.

Cuando el EOP es recibido, los 16 bits restantes son internamente guardados y comparados con el CRC calculado. El resultado de la comparación es pasada al enlace de datos como una indicación de “buen paquete” o “mal paquete”.

2.5 Modelo del protocolo CEBus

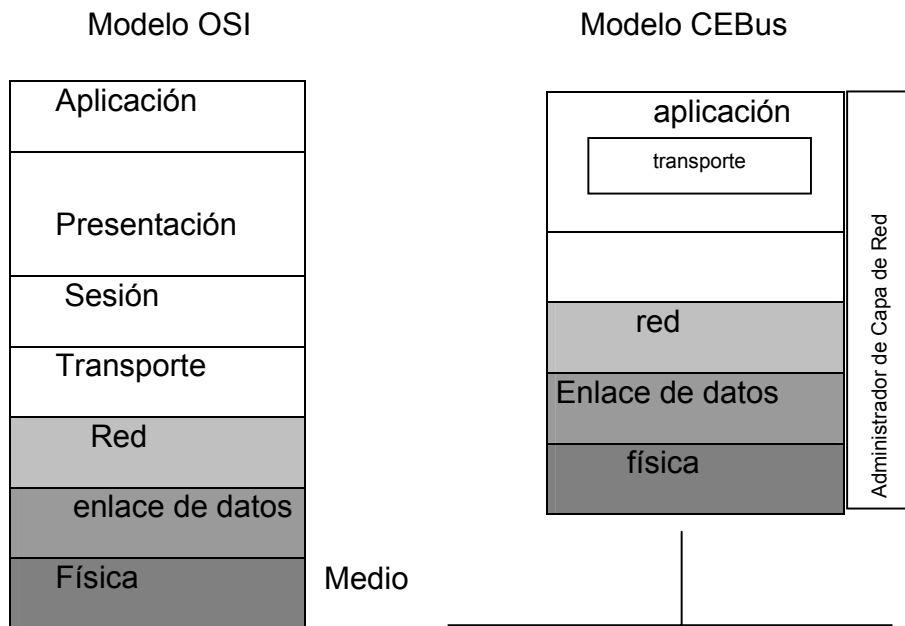
En 1980 la Organización Internacional de Estándar (ISO por sus siglas en inglés), adopto un modelo para sistemas de comunicación abierta, el cual es conocido como el modelo de referencia (OSI) para interconexión de sistemas abiertos. Este modelo fue proyectado para ser usado en la definición de protocolos actuales. El protocolo usado por CEBus esta descrito en EIA-600 usando el modelo OSI.

El modelo OSI define las funciones y servicios disponibles en cualquier protocolo de comunicaciones, y además es usado como base para diseñar nuevos protocolos. La operación de los protocolos de comunicaciones existentes (*Ethernet, TCP/IP, Novell IPX/SPX, Appletalk, Fishnet* y otros) pueden ser descritos usando el modelo OSI. Debido a su amplio uso y aceptación, el comité CEBus también eligió este modelo para describir el protocolo CEBus, y la sección EIA-600 en el protocolo está basada en el formato y terminología OSI.

El modelo tiene varias ventajas, toma toda la complejidad de el software de comunicaciones y divide las funciones en siete “capas” predefinidas. Por esta razón, el modelo es frecuentemente llamado: modelo OSI de siete capas.

El modelo define las siete funciones del protocolo de una forma jerárquica, cada capa tiene especificada un set de responsabilidades e, idealmente, solo se comunican con la capa de arriba o de abajo. Comienza con la capa de aplicación, cada capa de abajo proveen un servicio de protocolo mas “primitivo” para la capa de arriba. La capa de aplicación, corresponde a la aplicación usando el protocolo, (Ver figura 16).

Figura 16: Modelo de protocolo CEBus vs. Modelo OSI de siete capas tradicional



La capa más baja, la capa física, corresponde a la tarea de mas bajo nivel, usualmente asociada con el *hardware* necesario para transmitir cada bit de los datos con el medio conectado. Cada capa provee una función más primitiva entre más abajo se encuentre y, además, tiene asignada un set general de servicios que son los descritos a continuación:

2.5.1 Capa física

Es responsable de una transmisión confiable y de la recepción de cada bit o símbolo ligado al medio. Todos los problemas relacionados con una implementación mecánica o eléctrica son determinados por esta capa, incluyendo niveles de señal, tiempo de transmisión de bit, detección de bit de error y mantener apropiadamente las características eléctricas y físicas en el medio.

2.5.2 Capa de enlace de datos

Provee una comunicación fiable entre nodos en el mismo medio. La capa de enlace de datos define la unidad fundamental de transferencia de datos, la cual es referida con frecuencia como un paquete o *frame*. El paquete es la concatenación de el preámbulo, direcciones, encabezados, información o mensaje, y códigos de control de error. El enlace de datos primeramente se responsabiliza de un apropiado acceso al medio, incluyendo una detección y anulación de colisiones. Esta capa también realiza la detección de error de paquete, temporizado de transmisión de paquete, reconocimiento de direcciones, rechazo de paquetes duplicados, y detección y retransmisión de paquetes fallidos.

2.5.3 Capa de red

Proporciona una comunicación confiable a través de múltiples medios, incluyendo redes complejas de comunicación. La capa de red asigna la ruta de los servicios para asegurar que un paquete llegue al nodo correcto de destino en el medio correcto.

2.5.4 Capa de transporte

Proporciona un servicio entre la fuente y el nodo destino en la red. Esto es realizado por los requerimientos del nodo destino que debe recibir y reconocer exitosamente el mensaje, a la vez que retransmite los paquetes que no son reconocidos.

La capa de transporte también manipula la fragmentación y reensamblaje de los mensajes largos, y la creación y mantenimiento de las conexiones de red que son requeridas por la capa de sesión.

2.5.5 Capa de sesión

Dirige las sesiones de comunicación o conexión. Las sesiones permiten al nodo establecer una conexión simple o lógica bi-direccional hasta que toda la comunicación esta completada, y luego abandona la conexión. Este servicio es típicamente usado por protocolos de servicio conectado tales como accesos de servicio de tiempo compartido, sistemas telefónicos y otros.

2.5.6 Capa de presentación

Proporciona cualquier traslado necesario de datos de aplicación en una forma usada por paquetes de transmisión. Es también responsable de la conversión de datos recibidos y transmitidos en una forma usable por la capa de aplicación.

La capa de presentación es típicamente usada para convertir formatos de archivos (*graphics*, *bitmaps*, *txt*, y otros) y manipular la conversión de un formato local a un formato de nodo remoto.

Esta capa también implementa la compresión y descompresión de datos para tener un alto rendimiento a través de la red.

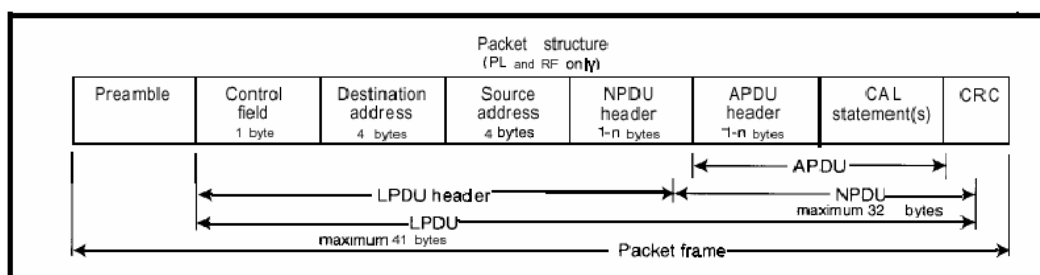
2.5.7 Capa de aplicación

Es la aplicación usando los servicios de comunicación de las capas de mas abajo. Esta puede ser un sistema operativo, un programa de comunicación, *software* de telemetría, etc.

2.6 Formato de un paquete CEBus

Un paquete CEBus puede ser dividido en varias partes (figura 17) que son: unidad de datos de protocolo de enlace (LPDU, por sus siglas en inglés), unidad de datos de protocolo de red (NPDU), unidad de datos de protocolo de aplicación (APDU) y el mensaje CAL (lenguaje de aplicación común por sus siglas en inglés).

Figura 17: Paquete CEBus dividido en grupos lógicos



Fuente: House Peter, **Home automation & building control**, Pág. 61

El encabezado LPDU contiene el campo de control y la dirección de la fuente y la del destino. Regresando a la analogía de la carta, el campo de control representa el servicio postal usado para enviar la carta.

El campo de control especifica el tipo de paquete, la prioridad, y la clase de servicio para la capa de enlace de datos (*Data Link Layer*, DLL). La figura 18 muestra el campo de control dividido en partes donde se explica los significados de cada bit.

Figura 18: Campo de control del encabezado LPDU

bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0
numero de secuencia	clase de servicio	reservado	prioridad de paquete		tipo de paquete		
Tipo de paquete (bit 2, 1, y 0)			Prioridad de paquete (bit 4 y 3)				
000	IACK		00	Alta			
001	ACK_DATA		01	Estandar			
010	UNACK_DATA		10	Aplazada			
011	*		11	~			
100	FAILURE		Clase de servicio (bit 6)				
101	ADDR_ACK_DATA		0	Basico			
110	ADDR_IACK		1	Extendido (indefinido en este tiempo)			
111	ADDR_UNACK_DATA		Numero de secuencia (bit 7)				
			Alterna cada vez que un nuevo paquete se envia a un destino				

Fuente: House Peter, **Home automation & building control**, Pág. 62

El tipo de paquete es usado para seleccionar la forma del servicio DLL. Si regresamos al ejemplo de la carta, este método corresponde a un envío por correo normal, en la cual se requiere una respuesta de recibido. El DLL maneja todas las adquisiciones de canal, temporizado, y verificación del paquete recibido. Hay dos clases de servicios DLL: reconocidos y no reconocidos. Los servicios reconocidos o confirmados esperan una respuesta de los nodos receptores DLL, y los no reconocidos no esperan respuesta. Los tipos de paquete DLL incluyen una confirmación inmediata (IACK), confirmación de datos (ACK_DATA), no confirmación de datos (UNACK_DATA), falla (FAILURE), confirmación de datos direccionados (ADDR_ACK_DATA), confirmación inmediata de datos direccionados (ADDR_IACK) y no confirmación de datos direccionados (ADDR_UNACK_DATA).

Una vez un nodo adquiere el canal, la respuesta de el nodo receptor es considerada parte de esa adquisición. La confirmación del paquete debe empezar en 200 μ s después de terminado de recibir un paquete del nodo que hace la petición.

Después que el DLL recibe la petición de transmisión de la aplicación, el DLL automáticamente se encarga de los demás reintentos y adquisiciones de canal. El servicio de confirmación ACK_DATA es un paquete muy pequeño, con solo un encabezado NPDU y un campo de información nulo. La confirmación del campo de control del paquete toma el valor de FAILURE o IACK en tipo de paquete. El campo de dirección destino y fuente debe ser nulo. IACK significa para el DLL transmisor el recibo apropiado del paquete. FAILURE significa que el DLL del nodo receptor esta operando pero que no a podido pasar el paquete para su capa de red.

La dirección de la fuente es opcional en el paquete ACK_DATA y puede ser omitida para reducir la duración del acceso al canal. Si el DLL del nodo transmisor no recibe un IACK, debe hacerse un reintento en un tiempo comprendido en 600 μ s. Si el reintento no recibe un IACK, el DLL regresa un error a la pila de protocolo.

El servicio ADDR_ACK_DATA tiene capacidades adicionales y refuerza la fiabilidad en el mensaje. Una secuencia de bit 1 es usada por el nodo receptor para ignorar paquetes duplicado de el nodo transmisor durante un intervalo de tiempo predeterminado definido en la especificación de CEBus. Debido a estas características agregadas, el DLL accede al canal múltiples veces para asegurarse de que un paquete se está usando es transmitido el servicio ADDR_ACK_DATA.

Con el ADDR_ACK_DATA el paquete “recibo” incluye el tipo ADDR_IACK en el campo de control. También la dirección destino debe estar presente, lo cual significa que las direcciones de fuente y de destino deben estar presentes en la petición de paquete ADDR_ACK_DATA.

Si el DLL del nodo transmisor no recibe un IACK, se debe reintentar nuevamente no excediendo un tiempo 600 μ s. Si el reintento no recibe un IACK, el DLL abandona el canal. Se puede volver a acceder al canal e intentar repetir el proceso de transmisión sin pasar un error a la pila. Solo si el DLL agota todos los intentos predeterminados de acceso al canal, un error es reportado. ADDR_UNACK_DATA tiene capacidades similares a las que proporciona el servicio ADDR_ACK_DATA, solo que sin paquetes de confirmación o reintentos inmediatos. Para ADDR_UNACK_DATA, el DLL transmite múltiples copias del paquete usando acceso de canal múltiple.

Los paquetes que usan una dirección de transmisión deben utilizar servicios de no reconocimiento (UNACK_DATA o ADDR_UNACK_DATA) puesto que las confirmaciones de muchos de los nodos receptores chocarían y el resultado sería ruido irreconocible. ADDR_UNACK_DATA es el servicio preferido para transmisión de paquetes debido a que múltiples paquetes que usan acceso de canal múltiple son de alta fiabilidad.

La prioridad del paquete es usada por los DLL para determinar tiempo de prioridad de acceso al canal. Para ganar el acceso al canal, un nodo primero escucha la actividad del canal (detección de portadora). Si hay esta actividad, el nodo espera hasta que esta termine. Después de una cantidad determinada de tiempo (basada en prioridades) mas una cantidad aleatoria de tiempo, el nodo puede intentar ganar el acceso al canal enviando un numero aleatorio en el preámbulo de un paquete que es usado como un detector de conflicto.

Si no es detectado ningún conflicto, el paquete es enviado. Si es detectado, el nodo debe esperar por un nuevo acceso de canal e intento de transmisión.

Lo más rápido que un paquete con una alta prioridad puede empezar es 1 ms después que el paquete previo terminó.

Las únicas dos excepciones para esto son un reintento de paquete y una confirmación de recepción. Una confirmación debe empezar dentro de los primeros 200 μ s después de que finalice el paquete que va a ser confirmado. Un reintento de paquete es enviado aproximadamente 600 μ s después de que el paquete previo finaliza.

El número de secuencia es un campo de bit único y es alternado por cada paquete enviado para una dirección de destino. Esto le permite al DLL que distinga un paquete recibido que es una copia y no lo pasa a la capa de aplicación. Un paquete podría ser una copia debido a una transmisión de nodo usando ADDR_UNACK_DATA con paquetes duplicados o usando ADDR_ACK_DATA, en el cual el nodo transmisor, no escucha la confirmación y envía un reintento.

2.6.1 Dirección de fuente y destino

La dirección de destino tiene 4 bytes de longitud, dando a CEBus un potencial de 4 "giga nodos". La dirección está dividida igualmente en dos porciones lógicas: dirección de sistema y dirección de control de acceso al medio (MAC por sus siglas en ingles), que normalmente en términos familiares se le conoce así a la casa y al código de unidad.

Si el código de unidad es cero, es considerada una transmisión a todas las direcciones de los nodos de una casa sin importar los códigos de cada unidad. La dirección de destino tiene el mismo formato que la dirección de la fuente y es transmitido en el mismo orden.

La dirección en el paquete se pone de la siguiente forma: el código de la unidad en el byte menos significativo y el código de casa en el byte más significativo.

Por ejemplo, cuando los bits son transmitidos a través del canal, el DLL suprime los ceros que van al principio para reducir el tiempo de transmisión de el paquete y mejorar el envío en la red. La supresión de ceros es posible porque los marcadores de separación de fin de campo (EOF, *end-of-field*), son insertados por el DLL antes de que el paquete sea transmitido.

2.6.2 Encabezado NPDU

El encabezado NPDU especifica como es enviado el paquete. Usando la analogía de la carta, corresponde al uso de correo aéreo, envío normal, o “a cargo de”, cuando un *router* transfiere un paquete de un medio a otro (por ejemplo, par trenzado a línea de red eléctrica).

El encabezado NPDU consiste de seis campos: privilegio, ruta, bandera de paquete, servicio extendido, medio permitido, y brouter. En la siguiente figura se muestra la asignación de bit para el encabezado.

Figura 19: Encabezado NPDU

bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0
privilegio	Ruta		paquete bandera	Servicio Extendido	Medio permitido	Sub-campo de router	
Privilegio	Servicio extendido						
0 No privilegiada	0 servicio no extendido						
1 Privilegiada	1 octeto de servicio extendido						
Ruta	Medio permitido						
00 Peticion_ID	0 unicamente este medio						
01 ID_paquete	1 cualquier medio						
10 Ruta de directorio	Router						
11 desborde de ruta	00 no direccionar router						
Paquete bandera	01 presencia de direccion de primer router						
0 Primer paquete	10 presencia de direccion de segundo router						
1 unico paquete	11 presencia de direccion de primer y segundo router						

Fuente: House Peter, *Home automation & building control*, Pág. 63

El campo de privilegio es restringido a paquetes relacionados al manejo del sistema. El campo de ruta envía un paquete ID, pide para el destinatario a enviar un paquete ID, y selecciona directorio o ruta de desborde desde un router. Un paquete ID es enviado por un dispositivo configurado siempre que se impulse primero como un mensaje de señal de encendido o cuando sea pedido por el router. Un *router* usa el paquete ID para mantener una lista de los nodos para cada medio soportado.

El campo de el paquete bandera especifica si este es el único paquete o el primer paquete de un mensaje multi-paquete. Los mensajes largos pueden ser segmentados en varios paquetes, donde la máxima longitud del paquete es de 41 bytes, con nueve usados para controlar y direccionar. Esto deja 32 bytes para el NPDU completo incluyendo cualquier sentencia CAL. El campo de servicio extendido, especifica que byte de NPDU adicional sigue con el servicio NPDU.

El campo de medio permitido le informa a los *routers* y *brouters* si deben asignar ruta al mensaje para otro medio. El campo de *brouter* es usado para controlar la ruta de paquetes originados o terminados en medios inalámbricos. Un *brouter* es un dispositivo usado para hacer una interfase entre un medio inalámbrico y otro alambrado.

2.6.3 Encabezado APDU

El encabezado APDU especifica como, y si la capa de aplicación que recibe debe responder al paquete. Hay tres campos en el APDU: modo, tipo, e invocar ID.

El APDU le informa al interprete CAL al final de la recepción si éste debe responder o si hay mensajes adjuntos o continuación de mensajes. La figura 20 muestra el encabezado APDU con sus respectivas asignaciones de bit.

Figura 20: Encabezado APDU

bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0
Reservado	Modo	Tipo			Invocar ID		
Reservado							
1	Debe ser 1			Invocar ID			
				000	Identificador de 3 bit usado para el rastreo de paquetes		
Modo				001			
0	BV Longitud variable basica			010			
1	BV longitud arreglada de un byte			011			
				100			
Tipo				101			
				110			
				111			
000				No usado			
001				Rechazar			
010				Resultado			
011				Petición de recibido			
100				Invoque implícito			
101				Invoque explícito			
110				Invoque condicional			
111				Reintento explícito			

Fuente: House Peter, **Home automation & building control**, Pág. 63

El campo de modo indica si el APDU usa múltiples bytes. La mayoría de mensajes usa el modo de longitud arreglada básica. Los bytes adicionales son usados por servicios de autenticación y encriptación. La autenticación es usada por el nodo receptor para verificar la autoridad del nodo transmisor antes que la capa de aplicación pase el resto de el APDU al interprete CAL. La encriptación envía paquetes con el mensaje asegurado.

El campo de tipo tiene siete valores: rechazo, resultado, petición de recibido, invoque implícito, invoque explícito, invoque condicional y reintento explícito. El modo rechazar es cuando el nodo receptor de la capa de aplicación rechaza un paquete por alguna razón. El resultado y petición de recibido son enviados por el interprete CAL del nodo receptor para decir al nodo transmisor un comando CAL a sido completado o iniciado con una respuesta completa para llevar a cabo. El invoque implícito le indica al nodo receptor que no es necesario una respuesta del nivel de aplicación. El invoque explícito le indica al nodo receptor a responder con un resultado CAL.

Un reintento explícito espera una confirmación de recepción de la capa de aplicación del nodo receptor en una cantidad predeterminada de tiempo la cual podría ser cualquier resultado o recibo de confirmación. Si no es recibida, la capa de aplicación (no la aplicación) automáticamente vuelve a hacer otro reintento para enviar el mensaje.

El invoque condicional habilita un dispositivo a enviar una respuesta solo si éste tiene algún resultado que retornar. Si hay un resultado que retornar, el paquete respuesta contiene un tipo de resultado en el campo que corresponde al tipo del encabezado APDU.

El invoke condicional podría ser usado con una dirección de transmisión. El resultado de la respuesta solo sería comenzado por un nodo que iguale el criterio condicional, ya que habría solo un resultado si la condición era verdadera. El invoke ID es un campo de tres bit que se incrementa por cada mensaje nuevo transmitido a una dirección de destino. La aplicación responde con un paquete réplica usando el mismo valor en el campo de invoke ID.

Un nodo transmisor no puede apilar o enviar más que un comando a otro nodo receptor, hasta que el nodo que recibió le responda en el primer paquete. un nodo transmisor envía paquetes a múltiples destinos y utiliza el invoke ID y las direcciones de destino para ordenar las respuestas de los resultados.

2.6.4 Modelo del lenguaje de aplicación común (CAL)

Es difícil saber cómo operan todos los productos de un usuario en el hogar a través de una red, simplemente porque hay diferentes clases de productos.

Una aproximación más lógica es analizar todas las funciones que realizan los productos del usuario y tratar de encontrar algo en común entre ellas por categoría. El diseño de CAL está basado en la suposición que todos los aparatos y productos eléctricos en el hogar tienen una estructura jerárquica de partes comunes o funciones, y esa operación básica de las funciones comunes es la misma de producto a producto. CAL trata a cada producto como una colección de una o más de esas partes comunes como contextos.

Los contextos son diseñados para permitir los accesos a las funciones del producto en una manera uniforme.

2.6.4.1 Contexto

Un contexto define una “sub-unidad” funcional de un producto cuya operación puede estar definida indiferentemente de donde sea usado. Un ejemplo típico de el modelo de contexto puede ser encontrado en un TV compatible CEBus.

Un televisor tiene por lo general un reloj, amplificador de audio, sintonizador, algunos tienen sonido envolvente, etc. Cada una de estas funciones está bien definida. Cualquier TV CEBus-compatible por consiguiente puede ser modelado como una colección de contextos en una dirección de nodo de red.

El lenguaje de aplicación común define cerca de 60 contextos diferentes, desde seguridad de iluminación, calefacción/ aire acondicionado hasta lavado y secado. Cada contexto, indiferentemente del producto que sea, opera de la misma manera. El amplificador de audio en el TV, equipo de sonido, intercomunicador, trabajan de la misma manera.

Si un producto CEBus conoce como está puesto el volumen en el contexto de audio en un producto, entonces sabe cómo está el volumen en los demás productos CEBus compatibles.

2.6.4.2 Objetos

Cada contexto consiste de uno o más objetos. Un objeto representa un modelo de software de una función de control de un contexto. Los controles de volumen, bajos, altos y control de mudo (*mute*) son funciones típicamente encontradas en los equipos de audio o televisores. Los objetos modelan tareas realizadas por usuarios para controlar un producto.

Para apagar o encender una luz, se usa un interruptor de dos posiciones (posiciones de apagado y encendido) definidas en CEBus como un objeto de interruptor binario.

Para ajustar el volumen en un aparato de sonido o para elevar o bajar la temperatura en un termostato, se debe usar un control (*knob*), definido in CEBus como un objeto de control análogo.

Todos los controles análogos son similares, tienen valores mínimos y máximos, y pueden estar entre cualquier valor de estos. Otros controles que se encuentran en productos incluyen interruptores de multiposición (tales como interruptores que seleccionan la fuente de audio en un aparato de sonido) y teclados.

Además de lo anteriormente expuesto, hay objetos en sensores que proveen información acerca de funciones tales como temperatura, posición, nivel o tiempo.

Los sensores análogos, tales como sensores de temperatura o sensores de nivel de luz, son equivalentes a los controles análogos los cuales también tienen valores máximos y mínimos y pueden asumir cualquiera dentro de estos.

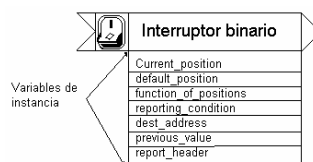
La definición de un objeto es genérica, modelando una clase general de tareas de control y censado. Sin embargo, cuando un objeto es usado en un contexto específico, él asume una especificación inmediata de una función del contexto, tal como volumen, o control de temperatura. Por ejemplo, en una TV, el amplificador de audio es un contexto y muestra como objetos los controles análogos de volumen, mudo, bajos etc.

Todos los objetos están definidos por un set de variables llamadas “variables de Instancia” o IVs, como se ilustra en la siguiente figura, que especifica la operación de la función de control o censado de un objeto.

El objeto interruptor binario mostrado en la figura contiene una variable (*current_position*) que indica si el interruptor esta encendido o apagado, el valor por defecto (*default_position*) del interruptor, y otras IVs opcionales.

Las IVs son simplemente como variables en cualquier programa de *software*, teniendo una longitud o tamaño y un tipo de dato.

Figura 21: símbolo del objeto interruptor binario que consiste en un grupo de variables de instancia



El diseño de una red de tipo domótico o bien de algún producto CEBus compatible, tiene una completa libertad, siempre y cuando se tome en cuenta todos los parámetros y el modelo de capas CEBus. Los productos pueden ser desarrollados por el usuario usando una combinación de *hardware* y *software*, o bien comprando los productos ya existentes.

Debe tenerse cuidado para asegurar una aplicación correcta de la norma y usar los recursos de la red correctamente. La capa física de CEBus y el protocolo, resuelven el problema básico de tener a dos productos en la red que se comunican. El problema con mayor dificultad es entender que hacer con la capacidad de la red; que recursos se van a usar en determinados productos, que productos se van a controlar. Ante la elección de un sistema de automatización de vivienda, se deben observar dos tipos de criterios. Los de usuario y los técnicos.

3.1 Requerimientos de usuario

En este punto se desarrollan las cuatro grandes áreas de gestión en que se dividen los sistemas de automatización de vivienda según su función.

- Gestión de la confortabilidad
- Gestión de la energía
- Gestión de la seguridad
- Gestión de las comunicaciones

Cada área engloba un conjunto de aplicaciones, algunas de las cuales se podrían asignar a más de una área, como por ejemplo el caso de la iluminación, que encaja tanto a la gestión de energía como la de confortabilidad.

3.1.1 Gestión de la confortabilidad

Esta área comprende todas aquellas aplicaciones que contribuyen a mejorar la calidad de vida de los usuarios facilitando las tareas que se tengan que llevar a cabo, mejorando condiciones ambientales, etc. Hay tres tipos de confortabilidad: la ambiental, la que me permite controlar automatismos y la que ofrecen algunos elementos auxiliares (mandos a distancia, temporizadores, etc).

En la confortabilidad ambiental las variables físicas que afectan el medio arquitectónico en el que actúan las personas tienen que ser el máximo de controladas posible, puesto que la interacción de el individuo con el medio que la rodea es el principal objeto de la gestión de comodidad. El primer punto a tratar sobre el ambiente de una vivienda es el control de iluminación puesto que en función de las actividades que se tengan que llevar a cabo en un espacio será necesaria más o menos luz.

Si bien la cantidad de luz depende del número de puntos de luz encendidos y de la intensidad que suministren, existen tres modos de controlarla que se presentan en orden creciente de complejidad: el primero es un sistema de corte/paso, con el cual la cantidad de luz dependerá solo del número de lámparas encendidas, el otro es un sistema regulador con el cual además podremos variar la intensidad de cada fuente.

Por último, se puede pensar en un sistema de gobierno centralizado, que pueda explotar plenamente las posibilidades del control integrado: una serie de sensores fotovoltaicos enviarán información sobre el nivel de iluminación interior y exterior al control, que tendrá en cuenta además de los valores de consigna que se hayan introducido, el estado de las persianas, la presencia de las personas en la sala, etc.

Todo lo anterior como se ha mencionado, son sistemas que pueden ser gobernados desde el interior de la vivienda, o bien remotamente vía módem o telefónica. En otro plano, hay que contemplar también las posibilidades del control de temperatura, que como ya se sabe fue la primera aplicación automatizada implementada en viviendas y edificios considerados en una época años atrás como inteligentes. La regulación de la temperatura también se podría estudiar bajo el punto de vista de gestión de la energía, puesto que tanto la calefacción como el aire acondicionado aportan gastos energéticos importantes en un edificio o vivienda.

A la hora de diseñar un sistema automatizado de calefacción se tienen que tener en cuenta las siguientes cuestiones: debe haber un termostato independiente para cada habitación de la vivienda; se tienen que colocar sensores para comparar la temperatura exterior y la interior, detectar la presencia de personas en la sala, el estado de las puertas y ventanas, etc; es necesaria la presencia de un temporizador horario; tiene que ser posible el control remoto vía módem o telefónica.

La jerarquía de los aparatos de regulación de temperatura es similar a la de los sistemas de iluminación: los termostatos independientes constituyen el nivel mas bajo, puesto que por debajo quedan directamente los actuadores (radiadores y electroválvulas de paso de flujo térmico).

Estos sistemas se basan en dos variables como mínimo, el valor de consigna establecido y la temperatura ambiente. Un nivel más arriba encontramos al encargado de activar o desactivar totalmente el paso de flujo energético al sistema. A las variables anteriores se añaden, en este caso, el corte/paso manual, la temporización horaria y las señales remotas. El nivel superior es, naturalmente, el controlador.

El control del aire acondicionado funciona del mismo modo que el de calefacción con una diferencia: muchos aparatos de aire acondicionado ya tienen un cierto grado de automatización, y por esto se tiene que comprobar si son compatibles con el controlador antes de hacer la instalación.

El control de automatismos incluyen varias aplicaciones y por eso es que solo se señalan las más significativas, sin profundizar su funcionamiento.

- Accionamiento automático de ventanas, persianas (con sensores crepusculares y de viento).
- Recepción de mensajes de mal funcionamiento de aparatos, del videoportero automático, etc. a la pantalla de televisión, el monitor de un PC u otro monitor de la casa.
- Distribución de señales de audio y video por la vivienda (desde cualquier habitación se podrá controlar la televisión, el equipo de música, etc.).
- Accionamiento automático de electrodomésticos.
- Posibilidad de dar un conjunto de ordenes programadas instantáneamente, por ejemplo, por activar el programa de vacaciones.
- Accionamientos especiales de aparatos para personas minusválidas.

- Activación del riego automático en función de la humedad, la lluvia y el viento.
- Unidades de gobierno activadas por voz.

En los elementos auxiliares aplicados a la confortabilidad que además de los sensores, presentes en cualquier operación automatizada, existen unos elementos orientados a mejorar la comodidad, que se utilizan de manera aislada, nominados mandos remotos y temporizadores. El tipo de mando con que el usuario mas se familiariza es el infrarrojo, con un alcance limitado (5 – 20 mts).

Con más capacidad de alcance tenemos los mandos por radiofrecuencia. Por último, las nuevas tecnologías de la información nos permiten la posibilidad del control remoto a través del módem telefónico, que podemos dirigir por medio de la línea o bien desde Internet.

La incorporación de temporizadores horarios es de vital importancia para las instalaciones automatizadas. Estos dispositivos permiten la generación de ordenes de actuación a receptores como puntos de luz, calefacción, el riego, la simulación de presencia, etc. en una secuencia temporal que convenga al usuario.

3.1.2 Gestión de seguridad

La seguridad figura como una de las dos áreas de servicios mas prioritarias, junto con la confortabilidad. La seguridad fue uno de los primeros campos que se desarrollaron en la época de la automatización, y por eso hoy día hay una variedad tan amplia de diseños, sistemas y sensores, cada vez mejores, orientados a esta aplicación.

Si se toma en cuenta que hay diferentes tipos de riesgos dentro de la vivienda o el edificio se establecen cuatro apartados de sistemas:

- Sistemas de alarmas técnicas
- Sistemas antirrobo
- Sistemas de control de accesos
- Sistemas de alarmas médicas

Las alarmas técnicas son aquellas que se producen por el efecto de la variación de un nivel de un parámetro que se salga de un valor determinado. Sirven para detectar incendios, inundaciones, fugas de gas, etc. En caso de fugas, el sistema provoca el cierre de válvulas de paso. Los sistemas antirrobo están orientados no tan solo a impedir que entren personas extrañas a la vivienda, si no disuadirlas de sus intentos.

Mediante la colocación de detectores de presencia se podrán detectar movimientos y del mismo modo se podrán conocer las actuaciones de un asalto a través de los sensores de las ventanas y ruptura de vidrios. La simulación de presencia consiste en el encendido y apagado de luces temporizada y aleatoriamente para dar la impresión de que hay gente dentro de la vivienda.

Los sistemas con control de accesos restringen la entrada y salida de las personas en la vivienda, permitiendo en algunos casos su identificación mediante la lectura de tarjetas o de otros elementos (teclados con clave, escáneres de voz, lectores de huellas dactilares, etc.), o bien indican la existencia de objetos no permitidos o anómalos como los detectores de metales y barreras de infrarrojos.

Las alarmas medicas sirven para controlar determinados parámetros biológicos en las personas como por ejemplo la presión arterial, el azúcar a la sangre, etc. Con estos sistemas es posible realizar una consulta médica desde casa, vía módem los resultados de los análisis a un centro (dotado de conexión a la red).

También existen sensores especiales aplicados al cuerpo de las personas en forma de racimos o llaveros con pulsadores que, en caso de peligro (como puede ser un ataque de corazón) permiten el aviso a familiares dentro la vivienda o bien a los teléfonos adecuados.

3.1.3 Gestión de la energía

Hasta finales del siglo XX, las tendencias arquitectónicas han generado viviendas y edificios devoradores de energía y, por lo tanto los gastos de sostenimiento de estos son muy elevados. Hasta hace poco se ha creído que de forma artificial la tecnología siempre corregiría fácilmente los factores externos por conseguir el confort, introduciendo la energía suficiente puesta al alcance del edificio continuamente. No es así; el hecho de conseguirlo hipoteca recursos naturales, que desgraciadamente son agotables.

Desde hace unos años, la corriente eléctrica, el gas, el agua fría o caliente, los electrodomésticos, las computadoras, etc. han invadido nuestras paredes con una amalgama de instalaciones que favorecen el microclima creado dentro de los edificios pero empobrecen el medio externo. No obstante, utilizando las herramientas que las nuevas tecnologías nos traen podemos hacer un giro hacia una arquitectura sostenible que gestione, en primer lugar, las energías renovables y en segundo lugar los bienes naturales como el agua, el medio ambiente (residuos) y el factor humano. En este punto es donde la domótica es realmente brillante.

Desde el ámbito de gestión de la energía se intenta optimizar los recursos energéticos y reducir el consumo de los diferentes receptores de energía que podemos encontrar en una vivienda.

3.1.4 Gestión de las comunicaciones

Aunque parezca contradictorio, esta es el área menos desarrollada de todas. Esto es debido a la relativa novedad del sector comparado con los de seguridad, comodidad, y energía, pero también a una dificultad técnica que entorpece la integración de los servicios de telecomunicación: la incompatibilidad de señales. Es difícil hacer circular un gran número de señales de diferentes tipos, preservando la calidad por una misma vía.

Los esfuerzos por unificar el máximo de señales en un único apoyo físico están dando resultados cada vez más satisfactorios; de una parte la implementación de sistemas RDSI (red digital de servicios integrados), que admiten la coexistencia de telefonía analógica y varios datos de alta velocidad; por la otra, la red de banda ancha, que permite integrar prácticamente todos los tipos de señal que el usuario puede demandar (incluida la TV por cable, Internet, videotelefonía, etc.).

3.2 Requerimientos técnicos

Son aspectos técnicos que se deben tomar en cuenta a la hora de implementar una vivienda de tipo domótico, para prever todas las dificultades, ventajas y desventajas que ofrece este sistema de automatización, que utiliza el protocolo CEBus y el cable eléctrico como medio de comunicación. A continuación se mencionan algunos de los factores más importantes a evaluar para tener una correcta implementación del sistema.

40 Red PL

La línea de poder (PL) es el medio CEBus más frecuente porque es el más fácil de implementar y además, siempre esta disponible en la mayoría de viviendas.

Todos los productos CEBus usan la electricidad y están conectados a la línea para tener la energía que los haga funcionar; por eso es natural que se use también esa misma línea como medio de comunicación. Sin embargo, así como el medio esta siempre disponible, no es tan fácil usarlo.

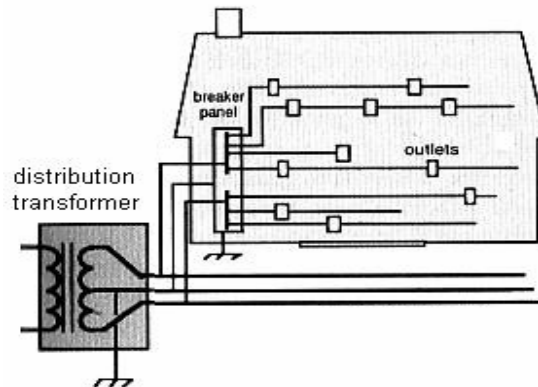
La línea de poder no es pensada nada mas que para transportar el voltaje de 120 voltios con una frecuencia de 60Hz, y el diseño de todos los conductores no es para la comunicación de datos a través de ellos.

La tecnología CEBus PL fue diseñada para superar muchas de las desventajas y penalidades por uso de la línea de poder para las comunicaciones de datos, incluyendo ruido, atenuación severa y una red con un medio que abarca muchas casas.

Topología PL

El alambrado PL en la vivienda consiste de una serie de ramas de la instalación eléctrica (120voltios AC) desde un circuito central de interrupción (*breaker*) ver figura 22.

Figura 22: Representación física de una red PL para una vivienda



Fuente: Grayson Evans, **CEBus Demistified**, Pág. 63

Varios toma corrientes (*outlets*) están conectados a cada rama, y estos tienen las especificaciones típicas de 15 a 20 amperios como en toda casa común. La caja de interruptores de seguridad (*breaker*) esta conectada a un cable de “entrada de servicio”, consistente de tres alambres, llamados L1, L2, y Neutro. Hay 120 voltios entre L1 y neutro, y entre L2 y neutro. Hay 240 voltios entre L1 y L2. Todas las ramas de 120 voltios en la vivienda usan L1 y neutro, o L2 y Neutro.

El servicio de tres alambres es conectado a un transformador de distribución local (localizado en un relleno de concreto o en un poste) que la compañía de servicio de energía eléctrica se encarga de poner para la distribución del voltaje.

Toda la línea de poder alambrada desde el transformador de distribución, incluyendo todas las ramas en toda la casa ligadas, comprenden el medio de la red PL.

3.2.2 Ancho de banda

Una de las preguntas más frecuentes que se le presentan a la persona que diseña este sistema de PLC es el ancho de banda disponible. El ancho de banda para las comunicaciones en la línea de poder, no está limitado por capacidades físicas de la línea. Más bien, son las autoridades reguladoras las que limitan el ancho de banda disponible, para prevenir las interferencias de radio y demás interferencias causadas por dispositivos en la red.

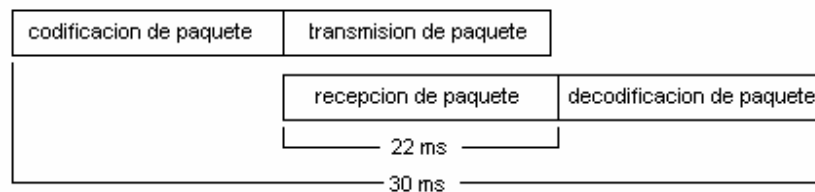
De manera que son los estándares existentes los que limitan el ancho de banda. El ancho de banda disponible depende también del país de uso, para Guatemala es de 450 Khz. a 50 Khz. según el apartado 15 de la norma americana FCC's y la lista de regulaciones para sistemas de comunicación PLC como "dispositivos de radiación restringida" y como tal tienen pocas regulaciones aplicables y no requiere de licencia o de registrarse.

3.2.3 Sensibilidad

El tiempo que los nodos utilizan para llevar a cabo una comunicación en un sistema domótico que utiliza el estándar CEBus es relativamente bajo, comparada con otras normas y protocolos. Para ilustrar la velocidad con que los paquetes se transmiten considérese el siguiente ejemplo, si se tienen dos nodos los cuales se le llaman: nodo "A" y nodo "B", y se desea enviar un paquete con 3 bytes de información. El paquete entero tiene 16 bytes, que se convertirían en 27 bytes de UST después de ser codificado. Cuando el paquete está listo para ser enviado, un pin de salida específico en el nodo "A" produce un pulso indicador de inicio.

Cuando el paquete es decodificado completamente, un pin de salida específico en el nodo “B” produce un pulso indicador de transmisión completada. El retardo entre los dos indicadores se puede ilustrar en el siguiente diagrama de tiempo.

Figura 23: Diagrama de tiempo de envío de un paquete



El retardo entre el envío y el tiempo para que los bytes de información estén disponibles para la aplicación del receptor es de 30 ms. El tiempo para transmitir el paquete es 22 ms. El tiempo restante de 8 ms es consumido con la codificación y decodificación, y el chequeo de cuadros, todos ejecutados en el *software*.

3.2.4 Acceso remoto

En un sistema domótico existen varias formas de tener acceso a la vivienda, de tal manera que es posible monitorear, controlar y comunicarnos con ésta o con los dispositivos que en ella se encuentren, aunque no estemos en ella.

El acceso remoto es una de las principales comodidades que nos ofrece una vivienda automatizada de este tipo. Las formas en que se podría acceder vía remota podrían ser:

- Por medio de teléfono
- Por medio de Internet
- Por radio frecuencia
- Por la línea eléctrica (de otras viviendas en la red)

El acceso vía telefónica e internet, son medios que pueden ser usados en cualquier parte, aun desde otra ciudad o país. Para el acceso de radio frecuencia el rango de distancia se limita a unos cuantos metros de la vivienda, como es el caso de la línea eléctrica que se puede acceder a una casa desde otras casas que estén conectadas en el mismo transformador de distribución, como se trata más adelante.

3.3 Confiabilidad

La confiabilidad de un canal de control *spread spectrum* CEBus en una red PL residencial típica es muy buena. Los paquetes típicamente se envían libres de error en un 98 por ciento en el primer intento. Con los mecanismos de reintento de paquete construidos en la capa de enlace de datos, la entrega del mensaje puede acercarse a un 100%. Sin embargo, ninguna tecnología de señalización PL es perfecta, y en una casa pueden existir condiciones distintas que interfieran severa o completamente un bloque de transmisión.

Los problemas causados por otros aparatos que están conectados a la línea de poder caen en dos categorías: dispositivos que generan ruido en la línea, y dispositivos con señales que absorben potencia en la línea. Los dispositivos que generan ruido, tales como intercomunicadores, monitores para bebés, y dispositivos de distribución PL de música. Los sistemas de distribución de música son los peores.

Estos dispositivos transmiten la salida de los equipos de sonido vía remota a unas bocinas que están conectadas a los tomacorrientes en otra parte de la vivienda.

Entre los dispositivos que tienen señales que absorben energía en la línea se pueden encontrar: motores de portones, motores de bombas de agua, lavadoras y, además, reguladores de computadoras, etc. este ruido se puede limitar acoplándoles un capacitor con la línea (0.1 μ F).

3.4 Ahorro energético vrs. costos

Para entrar en detalle al respecto, es necesario tener en cuenta diversas funciones de control, parámetros y conceptos que se explican a continuación.

Funciones de control energético

- Regulación: para mantener una magnitud dentro de valores prefijados.
- Programación: capacidad de modificar los valores enmendados en función del tiempo.
- Optimización: realizar un diseño a partir de todas las variables y condiciones para asegurar un coste mínimo para el usuario.
- Desconexión: para parar un aparato en caso de que su funcionamiento resulte un costo superior al adecuado.
- Seguridad: intervención del sistema en caso de peligro de sobrecarga .

La prioridad en cuanto a la desconexión de cargas es quizás la parte mas desarrollada de la gestión de la energía.

Se establece un orden de prioridades en la actuación de los receptores, de manera que partiendo de una tasa de consumo máxima, se desconecten los aparatos que ocupen el último lugar a la lista de prioridades si hay riesgo que se bajen las palancas, mientras que los más necesarios continúen activos.

Esto se consigue con un sistema autónomo que lea los consumos de cada circuito y corte el suministro eléctrico con un dispositivo integrado. La compañía suministradora de electricidad acostumbra a tener tarifas diferentes según la demanda que haya a las diversas franjas horarias.

El sistema de gestión energética aprovecha la franja en que es más barato el KW/h para poner en funcionamiento ciertos aparatos. Normalmente, esta franja es nocturna, los aparatos, los aparatos que actúen podrían ser, por ejemplo: la lavadora, secadora, lavaplatos, etc.

Existen sistemas de acumulación que pueden almacenar la energía a la franja horaria más económica y distribuirla durante el resto del día, normalmente en forma de calor puesto que son fáciles de encontrar en calefacción o calentamiento del agua.

Este proceso se efectúa de manera programada y empleando temporizadores. Hace falta remarcar que tanto este punto como lo anterior solucionan parcialmente el gasto económico de la vivienda, pero no responden al desgaste medioambiental.

La zonificación de los sistemas de iluminación es muy importante para obtener buenos rendimientos energéticos. Con una instalación dividida en zonas se puede activar o desactivar la luz en función del horario, el calendario, la presencia de personas en la zona y luz ambiental, etc.

4. EJEMPLO DE DISEÑO

El estándar CEBus a hecho posible que cualquier dispositivo desarrollado por una empresa manufacturera, pueda comunicarse a través de cualquier medio mencionado, con otro dispositivo de otro fabricante, simplemente ambos deben cumplir con todos los requisitos de la norma EIB-600. De hecho, cualquier persona individual puede crear circuitos que funcionen con este estándar y producirlos a gran escala para su comercialización, ya que es un estándar abierto y su documentación esta al alcance de todos.

Los aparatos CEBus compatibles pueden comunicarse y controlarse desde adentro de la misma vivienda, también desde afuera de ella. Solamente es necesario contar con las interfases adecuadas para tener un mayor alcance en la comunicación con la vivienda.

La línea telefónica constituye un medio de mucha utilidad para una comunicación vía remota, la cual proporciona un medio de gran alcance y además seguro para el control de dispositivos y aparatos que se tengan en el hogar. A continuación se muestra el modelo de un circuito que esté conectado a la línea telefónica (de la vivienda automatizada), recibe la señal que se le envía desde un teléfono a distancia, y procesa esta señal para llevar a cabo la aplicación en algún aparato que este conectado a la red de voltaje.

Básicamente, este circuito se esta compuesto de tres partes:

- Interfase de línea telefónica

- Modulo de control
- Interfase de red eléctrica

La interfase de la línea telefónica, es la responsable de acoplar las impedancias de la línea con el circuito que va a recibir y transmitir la señal por el alambrado telefónico. Todos los códigos van a ser ingresados por medio de el teclado del teléfono. El modulo de control contiene tres etapas que son: el detector de timbre que esta determina el numero de timbrados que va a permitir el circuito antes de responder.

La segunda etapa del modulo de control es la que interactúa con el usuario que esta al teléfono, es decir, la que le pide que comando quiere enviar, y a la vez le dice si esa operación ya fue ejecutada o no. Para esto, el módulo de control cuenta con un sintetizador de voz, el cual indica el estado del módulo.

La tercera etapa es la del detector de tono, el cual detecta el código que el usuario ingresa desde el teclado del teléfono. La señal dual del tono es convertida a un código digital de 4 bit para que el microcontrolador en el módulo de control la pueda interpretar. La parte final del circuito es la interfase a la línea de voltaje. Esta, es responsable de convertir el código digital a formato *spread spectrum* en el modo de transmisión y desde *spread spectrum* a formato digital en el modo de recepción.

La interfase de la línea telefónica recibe la señal de información en código DTMF desde un teléfono utilizado por el usuario del otro lado de la línea. El detector de timbre cuenta el numero de timbrados. Cuando el número predeterminado de timbrados es detectado, el circuito lo indica al microcontrolador en el modulo de control.

El microcontrolador accesa a la línea telefónica y envía datos al modulo de voz. El módulo de voz transmite fonéticamente sonidos inteligibles al usuario, requiriendo alguna acción. El usuario responde presionando las teclas apropiadas en el teclado del teléfono.

El detector de tono decodifica los tonos ingresados, la entrada al detector de tono son tonos DTMF. Los tonos decodificados son analizados por el microcontrolador para determinar que acción tomar. Los tonos deben proporcionar información tal como cual dispositivo y qué operación se va a realizar. Esta comunicación entre el circuito controlador y el dispositivo que se va a controlar, se lleva a cabo a través de la línea de voltaje. Por último, es la interfase de línea de voltaje la que se encarga de hacer este enlace.

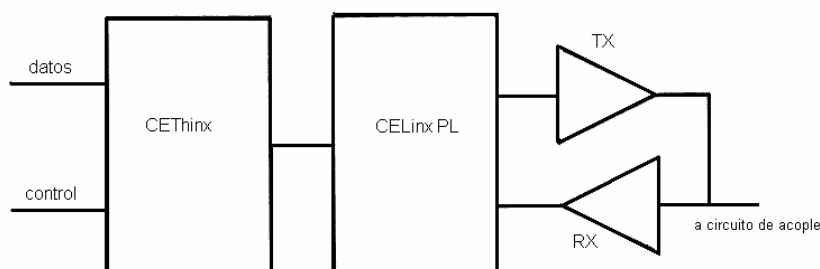
4.1 Interfase de línea de voltaje

La interfase de línea de voltaje consiste en un transformador toroide acoplador de impedancia, un capacitor bloqueador de la señal de 60Hz, dos diodos sujetadores (*zener*) y una tarjeta de interfase de red PL *CENode* (SSC CIN PL01S-02) fabricada por Intellon.

La tarjeta de interfase de red PL *CENode* contiene toda la circuiteria y se encarga de todo el proceso de implementar la capa de enlace de datos EIA-600 y la capa física de la especificación PL para CEBus. El *CENode* PL contiene el *CETHinx* que implementa la capa de enlace de datos y el *CELinx* PL que implementa la capa física de el circuito controlador. El *CELinx* genera y detecta la forma de onda *spread spectrum*. En el modo de detección de el *CELinx* PL, la señal *spread spectrum* recibida es comparada con una representación interna de esta señal.

Una vez se emparejen estas dos señales el receptor permanece así para esta señal. Esto es el por qué no puede ocurrir que haya ausencia de señal en la porción de información de un paquete. El receptor puede detectar señales con amplitudes de entre 5mV y 7 V en presencia de ruido en la línea. La siguiente figura muestra el diagrama en bloques de una tarjeta CENode PL.

Figura 24: Diagrama de bloques de una tarjeta CENode PL



La DLL parte de el CENode PL es implementado por el CETHinx. A continuación se muestra una lista de funciones de el CETHinx en modo de transmisor y receptor.

Tabla III: Funciones de CETHinx en la tarjeta CENode

MODO TRANSMISOR	MODO RECEPTOR
Genera preámbulo	Separa fragmentos de paquete
Compresiona datos usando la supresión de ceros	Detecta errores en paquete
Genera FCS para chequeo de errores	Compara FCS recibidos y generados
Genera reconocimiento de paquete	Reconoce sistemas y direcciones MAC
Accesa al medio PL usando el protocolo CSMA/CDCR	Rechaza paquetes duplicados

El CENode como interfase anfitriona soporta 15 comandos.

El desarrollo de software usado por el circuito controlador envía esos comandos para el CENode. La tabla IV muestra los comandos.

Tabla IV: Comandos de CENode

Valor de comando	Código de comando	Nombre de comando	Descripción
00H	FIE	Error de interfase	Usado por el fabricante para pruebas
01H	RST	Reset	Reset de CENode
02H	LR	Lectura de administrador de capa	Administración de la capa y lectura de la información de configuración
03H	LW	Escritura de administrador de capa	Administración de la capa y escritura de la información de configuración
04H	IR	Lectura de interfase	Lectura de Flags en la interfase
05H	CW	Control de escritura	Escritura de los parámetros de control en la capa de enlace
06H	SR	Estado de lectura	Lectura de la transmisión, recepción e información del estado
07H	---	Reservado	Reservado
08H	PR	Recepción de paquete	Lectura de un paquete recibido
09H	PT	Transmisión de paquete	Escritura de un paquete
0AH	RRI	Lectura de información recibida	Lectura de el campo NDPDU en el paquete recibido
0BH	WTI	Escritura de invoque transmitido	Escritura de el campo NDPDU
0CH	RRH	Lectura de encabezado recibido	Lectura de la información de el encabezado NDPDU de el enlace de datos
0DH	WTH	Escritura de encabezado transmitido	Escritura de la información de encabezado NDPDU para paquetes transmitidos subsecuentes
0EH-45H	---	Reservado	Reservado
46H	WR46	Escritura registro 46	Escritura de los parámetros de control de acceso para las comunicaciones de el enlace de datos
47H-83H	---	Reservado	Reservado
84H	RR4	Lectura registro 4	Lectura de estado de flags
85H-FFH	---	Reservado	Reservado

Fuente: Christopher Yasko, *Put a CEBus PL*, Pag.14

La interfase lógica entre el procesador del modulo de control y el CENode usa 13 líneas de entrada y salida. Ocho líneas son bidireccionales, cuatro son de *handshaking*, y una es la entrada de reset. Las 13 líneas y su uso se describe en la tabla V.

Tabla V: Líneas de entrada y salida en CENode

Mnemónico	Nombre	Uso
D0-D7	Pines de datos	Líneas de datos bidireccionales. En estado de alta impedancia cuando no están en uso.
HSTST*	Host Strobe	El anfitrión activa al CENode en el flanco de bajada. Usado por el anfitrión para iniciar una transferencia de comandos al CENode junto con la señal de HSTWR* y se utiliza para indicar byte de datos disponibles de modo de escritura en el anfitrión, y para reconocer los bytes de datos transferidos en modo de lectura.
HSTWR*	Host Write	Activo en bajo. Usado para indicar el modo escritura junto con una señal de Host Strobe. HSTWR* inactivo (alto) con HSTST* indica el final del modo de escritura en el anfitrión, y el fin de cualquier transferencia de comando de escritura.
DLLST*	CENode Strobe	Activo en el flanco de bajada. CENode lo usa junto con DLLWR* para lograr la atención del anfitrión y requerir una secuencia de comandos.
DLLWR*	CENode Write	Activo en bajo. Usado para indicar un requerimiento de atención para el anfitrión. DLLWR* inactivo (alto) con DLLST* indica el fin de lectura de una transferencia de comandos.
Reset	CENode Reset	Línea de señal de reset de CENode. El anfitrión puede llevar esta línea a bajo (controlador de colector abierto) para restablecer al CENode.

4.2 Interfase de línea telefónica

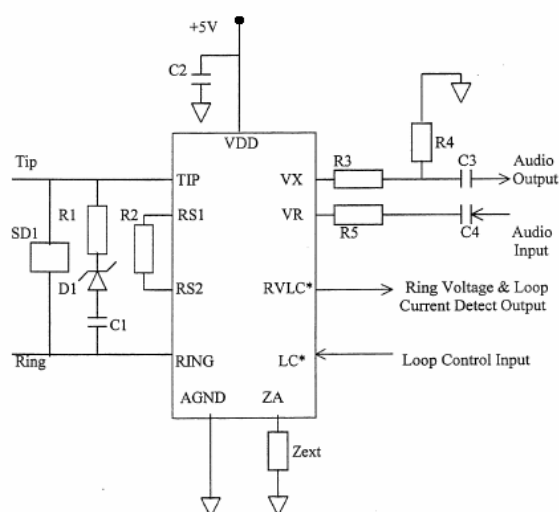
La interfase de línea telefónica es un modulo con el circuito integrado MH88434-P que es la parte principal y es un arreglo de acceso de datos (DAA) manufacturado por Mitel.

Para proteger el módulo de daños debido a sobre voltajes, tiene un sidactor (SD1) número P3203AB que está conectado entre las dos entradas donde se conecta el cable telefónico. En ocasiones pueden haber voltajes transitorios dañinos debido a altas tensiones inducidas por relámpagos que a veces superan los 1000 V, o cortos circuitos que se dan en la línea de voltaje.

El sidactor es un dispositivo sujetador muy rápido. Cuando detecta alto voltaje en la línea proporciona una baja impedancia en cuestión de nanosegundos para proteger el módulo de comunicaciones, y mantendrá bajo el valor de voltaje en la línea hasta que el voltaje entrante alcance un nivel normal y seguro para los demás dispositivos.

En paralelo con el sidactor se conecta una resistencia, un diodo zener y un capacitor en serie, el propósito de éstos es proporcionar una carga a través de la línea de teléfono (pines *tip* y *ring*) , ver figura 25.

Figura 25: Circuito de interfase de línea telefónica



Fuente: **Mitel**, MH88434-p *Technical data sheet*, pag. 5

Cuando el pin, *loop control* (LC*) esta en 0 lógico, en los pines *tip / ring* se aplica una terminación de línea. A este nivel lógico el dispositivo esta en estado “desenganchado” y la corriente fluirá a través del DAA y retornará a la central telefónica.

Zext representa la impedancia adicional requerida para el acople apropiado de la impedancia de la línea con el del DAA. La siguiente fórmula se usa para calcular la el valor de Zext:

$$\text{Impedancia de entrada } Z_{in} = \frac{Z_{ext} + Z_{int}}{10}$$

Donde Zint es la impedancia interna de el DAA y es igual a 1.3 KΩ. Zin (la impedancia de la línea de teléfono) es igual a 600Ω aproximadamente.

La resistencia R2 fija la sensibilidad de el circuito detector de el voltaje del timbre. La señal del timbre de la compañía de teléfono es típicamente 90 Vrms y su frecuencia está entre 16Hz y 60Hz. No obstante, la frecuencia es doblada (32Hz a 120Hz) cuando se manda afuera de el DAA. Esta salida es convertida a nivel de TTL.

Otra consideración de la señal que se debe tener es el tiempo de timbrado, que en promedio es de dos segundos de timbre y cuatro segundos de silencio. Las siguientes figuras muestran la señal de timbrado de la central telefónica y la señal a la salida de el DAA.

Figura 26: Señal de timbrado en las entradas *tip* y *ring*

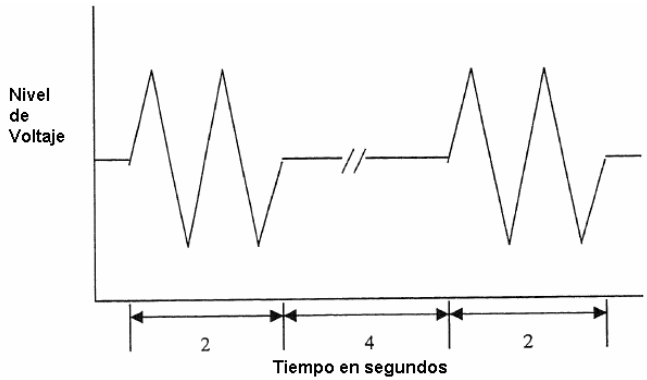
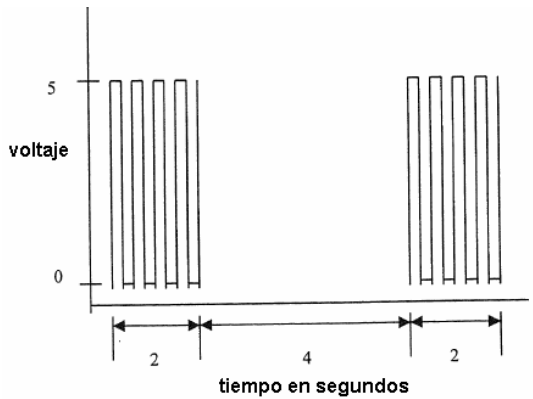


Figura 27: Señal de timbrado en la salida del DAA



El DAA convierte la entrada balanceada de dos alambres en *tip* y *ring* a una señal referenciada en VX. También convierte la señal referenciada a tierra en VR a una señal balanceada de dos alambres en *tip* y *ring*. Durante una transmisión *full duplex* un circuito interno de cancelación evita que la señal que re-ingresa en VR se envíe por las salidas *tip* y *ring*.

La ganancia de transmisión del DAA esta dada por las resistencia R3 y R4 en el circuito. La ganancia del dispositivo esta dada por la relación de la señal referenciada a tierra en VR y la señal diferencial entre las entradas *tip* y *ring*.

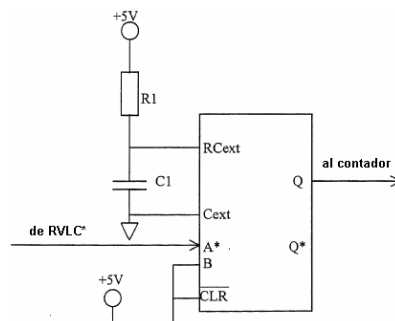
El DAA mostrado en la figura 22 es capaz de monitorear la condición de la línea entre los pines *tip* y *ring*. El pin RVLC* indica el estado de el dispositivo, esta salida tiene un cero lógico cuando el dispositivo esta en un estado de desconexión.

4.3 Modulo controlador

4.3.1 Detector de timbre

El circuito de detector de timbre está compuesto por un multivibrador monostable 74LS123 y un contador binario 74LS191. La figura 28 muestra el diagrama del circuito del multivibrador y la tabla VI muestra su tabla de verdad.

Figura 28: Multivibrador usado en el circuito detector de timbre



Fuente: Pagina electrónica, Intellicom/module135S/timer.htm

Tabla VI: Tabla de verdad del multivibrador

ENTRADAS			SALIDAS	
CLEAR	A	B	Q	Q*
L	X	X	L	H
X	H	X	L	H
X	X	L	L	H
H	L		⌊	⌋
H		H	⌊	⌋
	L	H	⌊	⌋

La resistencia R1 y el capacitor C1 esencialmente determinan la duración del pulso básico de salida. Para C1 menor o igual que 1000pF la duración del pulso es calculada por la siguiente formula:

$$t_w = K * R1 * C1$$

Cuando C1 es mayor o igual a 1 μ F, la duración del pulso de salida se calcula con:

$$t_w = 0.33 * R1 * C1$$

donde:

K es un factor multiplicador el cual su valor depende de la duración del pulso esperado. Este valor es obtenido de la hoja de especificaciones.

R1 está en K Ω

C1 este en pF

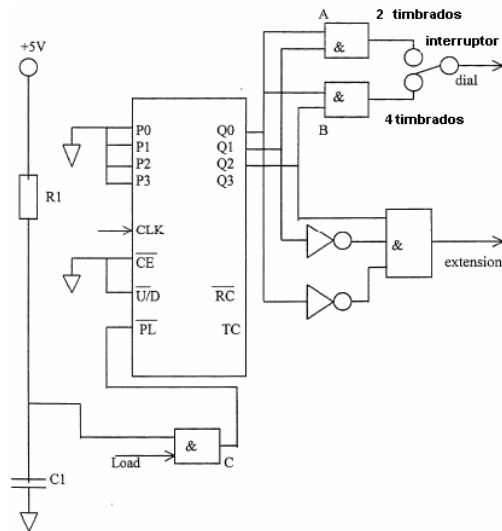
t_w está en ns

Conectando el pin de Cext a tierra nos da la máxima inmunidad al ruido incluso aunque el dispositivo esta conectado internamente a tierra.

El controlador calcula un pulso de 2 segundos. Esta duración se usa para que el pulso mantenga el tiempo que refleje el timbrado. En cada tiempo la señal del timbrado esta presente en la salida de el 74LS123 el cual va a un "1" lógico para incrementar el conteo.

Con esto se puede anotar el numero de veces que todo el circuito controlador va a dejar sonar el teléfono antes que se ponga en línea. La siguiente figura muestra el diagrama del contador y el interruptor que fija el numero de timbrados usando compuertas AND.

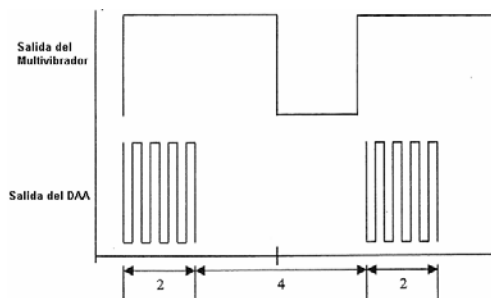
Figura 29. Circuito contador usado en el detector de timbre



Fuente: Pagina electrónica, Intellicom/module135S/couter.htm

Lo que se busca es la respuesta del circuito multivibrador respecto a la cadena de timbrados en la salida del DAA. Por consiguiente cuando el timbrado para y el periodo de silencio empieza la salida del multivibrador estará en lógica 1 por dos segundos mas, después el timbrado se suspende (aunque subió al principio a lógica 1 del timbrado), figura 30.

Figura 30. Relación de tiempos de la salida del multivibrador y la salida del DAA



El contador 74LS191 verifica en el borde positivo del pulso de reloj. Cuando el contador recibe un pulso positivo del multivibrador, incrementará el conteo en el inicio de cada timbrado. El contador empieza a operar desde el encendido, desde este punto el capacitor no tiene carga. La carga de entrada de la compuerta AND y su salida C es también iniciada a cero. La entrada en el pin PL* de el contador 74LS191 será cero, esto causará que los pines de entrada P0, P1, P2, y P3 sean cargados y poniendo las salidas del contador (Q0, Q1, Q2, y Q3) a cero.

Cuando los timbrados empiezan causan un incremento en el contador. La salida extensión esta en bajo cuando la cuenta es 1, esto indicará al microcontrolador que hay un requerimiento de acceso para el circuito controlador y todo el circuito se apoderará de la línea telefónica para empezar una comunicación.

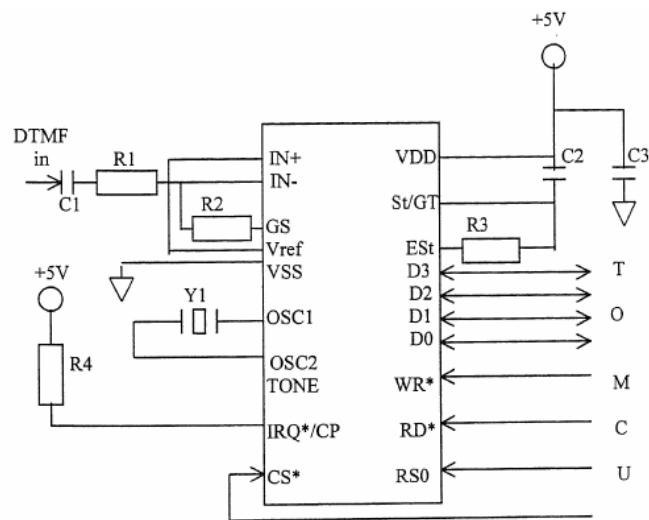
4.3.2 Detector de tono

El módulo de control cuenta con un detector de tono que es un integrado DTMF número MT8888C y este es el responsable de detectar y convertir los tonos DTMF. El MT8888C detecta un tono dual válido por el circuito director. Antes de cargarse el registro de datos receptor (RDR) con el correspondiente dato de 4 bit, el circuito director junto con C2 y R3 chequean la duración del tono.

Esto esta hecho de tal forma que tonos de voz (que sean de corta duración) no son interpretados como un par de tonos validos. Cuando una pareja de tonos es recibida el pin Est se va a 1 lógico y esto manda a 1 el pin St/GT. Con tal de que la señal se mantenga por un período válido, St/GT alcanzara el voltaje de umbral del circuito director.

Este es suficiente tiempo para la lógica conductora, para registrar el correspondiente código en el registro. La figura 31 muestra el diagrama del circuito.

Figura 31: Circuito detector de tonos



Fuente: Página electrónica, Intellicom/module135S/dtmf.htm

Después que el código es registrado la salida GT se pone en 1 lógico y así permanecerá el tiempo que Est se mantenga en 1. Habrá un pequeño retardo que permite que la salida estabilice, después de este retardo una bandera en la salida se va a 1 lógico indicando que una pareja de tonos valida ha sido recibida y registrada.

La condición de detección de una pareja de tonos validos puede ser obtenida por la lectura de un 0 lógico en el b3 del registro de estado. A pesar de que el circuito manejador rechaza las señales que son muy cortas para considerarse como validas, éste tolerará las interrupciones de señales muy cortas para ser consideradas como pausa.

La señal de entrada, de el DAA, ingresa en el MT8888C en *in-*. El Capacitor C1 y las resistencias R1 y R2 determinan la ganancia del amplificador de entrada y GS proporciona la ruta de retroalimentación. El capacitor C1 también proporciona el boqueo de voltaje dc.

En la siguiente tabla se muestra la representación de cada bit en el registro de estado

Tabla VII: Representación de cada bit en el registro de estado

BIT	NOMBRE	Fijar bandera de estado	Limpiar bandera de estado
B0	IRQ	Ocurre una interrupción. Se fija en Bi1 (b1) o bit 2 (b2).	La interrupción esta inactiva. Limpia el registro después de que su estado es leído
B1	transmisión de datos del registro	La duración de la pausa a terminado y el transmisor esta listo para un dato nuevo	Limpia el registro después de que su estado es leído
B2	Recepción de datos del registro	El dato valido esta en el registro de datos recibidos	Limpia el registro después de que su estado es leído
B3	Retardador	Se fija en la detección valida en ausencia de una señal DTMF	Limpia en la detección de una señal valida de DTMF

El MT8888C es capaz de generar 16 parejas de tonos DTMF estándar con baja distorsión y alta precisión. Todas las frecuencias se derivan del cristal Y1 que es de 3.579545 MHz. La forma de onda senoidal para cada tono individual es digitalmente sintetizada usando un convertidor D/A. Los tonos individuales generados son llamados grupo de tono bajo (*LOW FREQ.*) y grupo de tono alto (*HIGH FREQ.*).

Típicamente, del grupo alto al bajo tienen una relación de amplitud de 2dB para compensar la atenuación del grupo alto en ciclos largos.

Ciertamente, en las aplicaciones de telefonía, es requerido que las señales de DTMF generadas sean de una duración específica determinada por una aplicación particular o por cualquiera de los cambios en la especificación del transmisor que se utiliza. El estándar de tiempo de una señal DTMF puede ser logrado por el uso de el modo de estallido. El transmisor es capaz de emitir estallidos simétricos en pausas de duración predeterminada.

La siguiente tabla muestra los códigos y las frecuencias de los tonos que son usados en el detector de tonos.

Tabla VIII: Codificación y decodificación de tonos

Baja frecuencia	Alta frecuencia	Digito	D3	D2	D1	D0
697	1209	1	0	0	0	1
697	1336	2	0	0	1	0
697	1477	3	0	0	1	1
770	1209	4	0	1	0	0
770	1336	5	0	1	0	1
770	1477	6	0	1	1	0
852	1209	7	0	1	1	1
852	1336	8	1	0	0	0
852	1477	9	1	0	0	1
941	1336	0	1	0	1	0
941	1209	*	1	0	1	1
941	1477	#	1	1	0	0
697	1633	A	1	1	0	1
770	1633	B	1	1	1	0
852	1633	C	1	1	1	1
941	1633	D	0	0	0	0

La duración de la pausa/estallido es de $51 \text{ ms} \pm 1 \text{ ms}$, el cual es un intervalo estándar para un marcado automático o aplicación en la compañía telefónica.

Después que el tiempo del tono termina los bits apropiados son fijados en el registro de estado el cual indica que el transmisor está listo para leer más datos. El tiempo descrito anteriormente está disponible cuando el modo DTMF es seleccionado en el registro A de control (CRA).

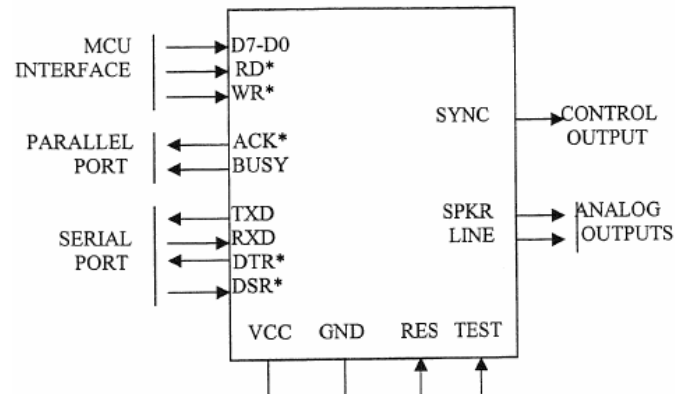
El MT8888C incorpora una interfase de microprocesador intel que es compatible con un microcontrolador 80C51 de 16 MHz. Esta interfase proporciona acceso a 5 registros internos.

Los registros receptores de datos que son de solo lectura que contienen la salida decodificada del último dígito DTMF válido recibido. Los datos ingresados en el registro transmisor de datos de solo escritura determinan cuál pareja de tonos serán transmitidos. El control de la transrepción es lograda con los dos registros de control: CRA y CRB, los cuáles tienen las mismas direcciones.

4.3.3 Modulo de voz

El V8600 sintetizador de habla, diseñado por Sistemas RC se usa para que todo el circuito controlador responda en forma audible de voz.. este integrado es capaz de convertir texto ASCII en voz masculina o femenina con una alta calidad. La figura 32 muestra el símbolo lógico de el V8600.

Figura 32: Símbolo lógico del V8600



Fuente: V8600 *Technical data sheet*, pag. 12

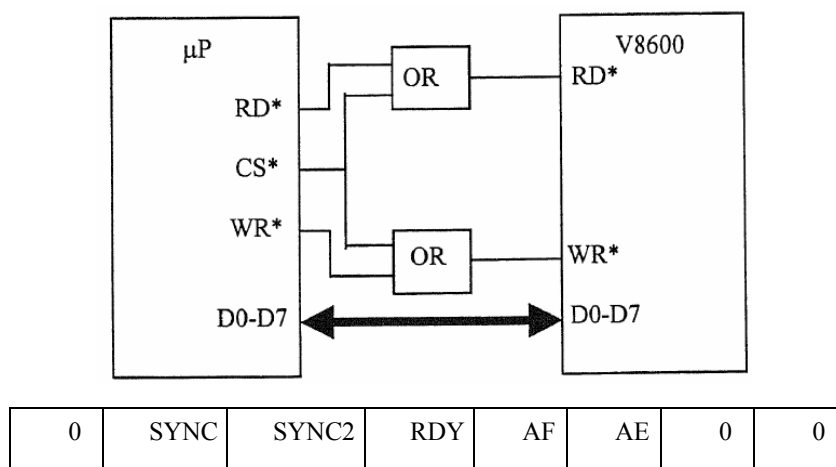
Consiste de una ROM de 131,072 X 8 la cual contiene el texto para pronunciar algoritmos. El V8600 soporta 524,288 bytes de ROM para almacenar programas personalizados tales como palabras PCM-codificadas previamente guardadas.

Una RAM de 8,192 X 8 proporciona el almacenamiento para el diccionario de excepción, un buffer FIFO para el DAC (convertidor análogo digital) y generadores de tono y el buffer de entrada para comandos y texto. El buffer de entrada y el diccionario de excepción comparte aproximadamente 2600 bytes de la RAM.

El modulo soporta tres tipos de interfaces las cuales son: microprocesador, paralela y serial. La lectura y escritura de señales del microprocesador, controlan las direcciones de los datos entre el microprocesador y el V8600. La señal CS* puede ser derivada de un decodificador de direcciones.

En la configuración del microprocesador, el procesador anfitrión puede leer las banderas de estado del V8600. La interfase del microprocesador y las definiciones del byte de estado se muestran en la siguiente figura.

Figura 33: Interfase con microprocesador y bandera de estado del V8600



Fuente: V8600 *Technical data sheet*, pag. 18

Cuando el bit SYNC está puesto en 1 el sintetizador está hablando o enviando datos desde el generador de tono. Luego se va a 0 inmediatamente después que termina de enviar. SYNC2 es similar a SYNC pero cae 0 a 0.5 segundos antes. El RDY (*ready*) es puesto a 1 cuando el V8600 está listo para aceptar datos.

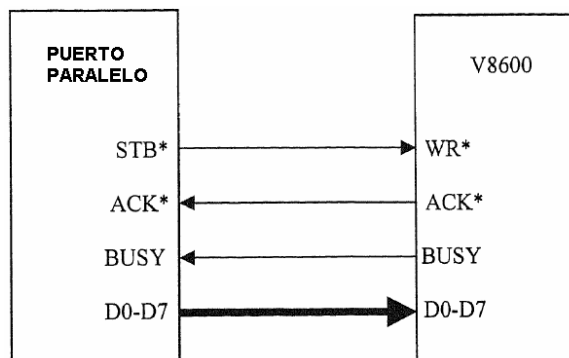
AF (*almost full*) es puesto a 1 cuando por lo menos 300 bytes están disponibles en el buffer de entrada de texto y comando. AE (*almost empty*) es puesto a 1 cuando menos de 300 bytes están ocupando el buffer.

Para la interfase con el puerto paralelo de la impresora, la salida STB* del puerto se conecta directamente con el pin WR* del V8600. El ACK* del V8600 y las salidas de servicio de ocupado (*busy*) se conectan directo con las del puerto. En la mayoría de los casos no es necesario que ambas se utilicen.

El puerto asíncrono serial del V8600 provee los medios para operar con señales *handshaking* cuando esencialmente ellas llevan la misma información. En esta configuración, la computadora anfitrión simplemente imprime el texto que va a ser pronunciado por el V8600. el puerto opera con 8 bits, y con 1 bit de parada y otro de paridad, la selección de baudios es automática.

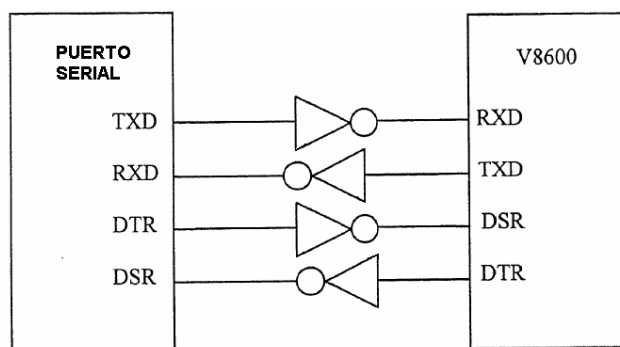
El V8600 actualmente no usa los pines de TXD o DSR para algún propósito, así es que pueden dejarse desconectados. Debido a que el puerto serial del V8600 opera a niveles TTL, es necesario el uso de controladores de línea RS-232 para convertir los niveles. En la siguiente figura se muestran las interfaces con los puertos de la computadora.

Figura 34: Interfase del V8600 con el puerto paralelo



Fuente: V8600 *Technical data sheet*, pag. 16

Figura 35: Interfase del V8600 con el puerto serial



Fuente: V8600 *Technical data sheet*, pag. 16

La tasa de baudios del puerto serial esta determinada automáticamente por el primer carácter recibido en el pin RXD el cual es usualmente CR (0Dh). Puesto que esto se hace midiendo la duración del bit de inicio, el primer bit de datos debe ser un 1 lógico para una detección apropiada al final del bit de inicio.

El primer carácter es descartado. El V8600 tiene cuatro modos de direccionamiento los cuales son: texto, carácter, fonema, y PCM. Los modos pueden ser cambiados en cualquier tiempo, incluso en la misma cadena de texto.

En el modo de texto, todo el texto enviado al V8600 es pronunciado como oraciones completas. La puntuación también es considerada por la entonación en la generación de algoritmos.

El modo carácter hace que el V8600 traslade el texto de entrada carácter por carácter. En otras palabras, este modo deletrea en vez de leer el texto.

El modo fonema, es usado para pronunciar oraciones personalizadas, cuando en el modo de texto no se produce un efecto de voz deseado.

El modo fonema es usado cuando son importantes los acentos y algunos énfasis que se le dan a palabras en frases. La tabla VIII muestra la lista de fonemas que se pueden producir por el V8600 y la tabla IX muestra la lista de características que pueden variarse cuando es pronunciada una oración por el V8600.

Tabla IX: Fonemas del sintetizador

Simbolo de fonema	Ejemplo de palabra	Simbolo de fonema	Ejemplo de palabra	Simbolo de fonema	Ejemplo de palabra
AA	father	H	hire	SH	Dish
AE	bat	IH	sit	T	Tip
AH	cut	IX	relative	TH	Thick
AO	lawn	IY	meet	TX	Mistake
AW	cow	JH	jet	UH	Pull
AX	about	K	cute	UW	Tool
AY	kite	KX	ski	V	Give
B	bird	L	long	W	Went
CH	cheese	M	mug	WH	When
D	dare	N	new	YY	You
DH	either	NX	rung	Z	Zero
DX	computer	OW	tone	ZH	Leisure
EH	set	OY	boy	space	variable
ER	were	P	past	,	pause
EY	bake	PX	spot	.	medium
F	fact	R	ring		pause
G	give	S	some		long pause

Fuente: V8600 *Technical data sheet*, pag. 20

Tabla X: Atributos modificables en fonemas

Símbolo	Función
nn	Pone el tono de voz que se desea (00-99)
/	Incrementa el tono 10 pasos
\	Decrementa el tono 10 pasos
+	Incrementa velocidad 1 paso
-	Decrementa velocidad 1 paso
>	Incrementa volumen 1 paso
<	Decrementa volumen 1 paso

Fuente: V8600 *Technical data sheet*, pag. 20

Por ejemplo, en modo texto una oración, en lenguaje C, podría ser enviada al V8600 de la siguiente forma:

```
printf("hola como estas")
```

En modo fonema la misma oración podría ser enviada de la siguiente manera:

```
printf("70AHLAA -/ KAHMAH \\ EHSTAAS")
```

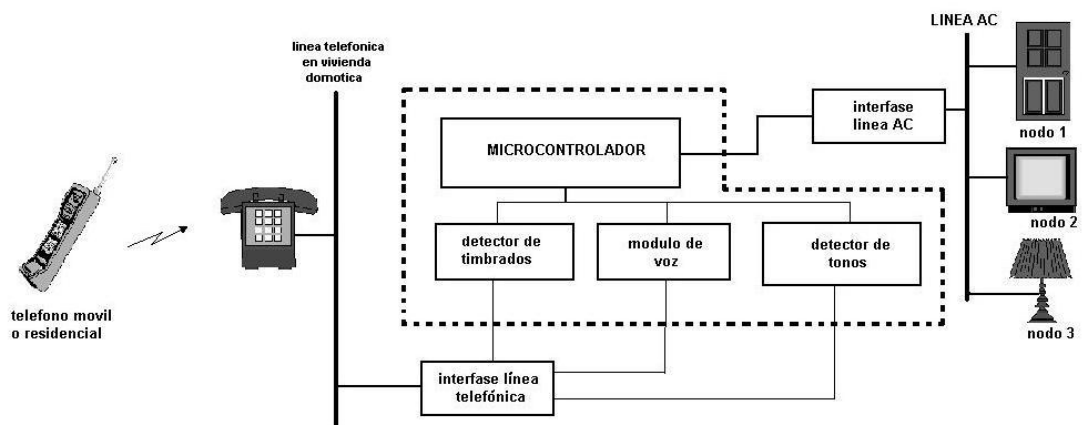
En modo PCM los datos enviados por el V8600 son escritos en el buffer FIFO del convertidor digital análogo. Los resultados son una tasa de datos muy alta, que tienen la capacidad de producir una pronunciación con alta calidad. Este modo también proporciona efectos de sonido que no son posible en el modo de texto.

El V8600 interpreta una lista de comandos que son usados para cambiar los atributos del sintetizador, tal como volumen o tono (*pitch*). La salida de el V8600 (pin SPKR) se conecta con el DAA de tal forma que el audio pueda viajar a través de la línea de teléfono hacia el usuario. Un circuito lógico conectado a WR* y RD* proporciona la selección de el sintetizador solo cuando su dirección fue especificada en el bus de direcciones, y se hace de esta manera debido a que el V8600 no tiene el pin de selección.

4.4 Análisis del diseño

El siguiente diagrama de bloques ilustra todo el sistema, mostrando desde el teléfono que va a controlar a distancia la vivienda y, además, tres nodos que en algún caso pueden ser la puerta principal de acceso a la vivienda, un televisor y una lámpara.

Figura 36: Diagrama de bloques del controlador CEBus vía telefónica



El sistema también es capaz de aceptar una petición de cualquier extensión telefónica dentro de la misma vivienda. Cuando se accesa desde un teléfono remoto, el usuario debe ingresar un código de acceso de 4 dígitos seguido de un código de comando, también de 4 dígitos. Esto se hace para evitar que alguna persona ajena active algún aparato dentro de la vivienda involuntaria o bien maliciosamente.

El código de acceso y el de comando se envía después de que el usuario recibe la instrucción (dada por el sintetizador de voz) de que se ingresen los códigos, cabe resaltar que esto sucede después de que el teléfono en la vivienda timbre 5 veces o las veces que el usuario le programó y no hay nadie en casa que levante el auricular.

Usando una extensión dentro de la misma vivienda no es necesario que se ingrese el código de acceso. Con los primeros dos dígitos del código de comando se direcciona el dispositivo que se va a controlar, pueden manejarse 100 dispositivos (00 al 99). El circuito analiza el código del comando para determinar la tarea o el mensaje que se va a enviar para el dispositivo que se va a controlar.

El detector de tono recibe y convierte el código, digitalizándolo de tal manera que el microcontrolador lo pueda interpretar direccionando el nodo al cual el usuario quiere controlar y mandándole el comando de la función que se desea que haga.

Por ultimo, el microcontrolador envía todo el paquete (serialmente) hacia la interfase de línea eléctrica que cuenta un convertidor de formato digital a *spread spectrum*; obviamente todos los dispositivos a controlar deberán ser compatibles.

Por ejemplo, si el usuario desea encender vía remota desde otro teléfono la luz de un dormitorio, el procedimiento sería el siguiente: marcar el número de la vivienda, esperar que timbre las veces necesarias hasta que el sintetizador de voz le pida el código de usuario e ingresar éste.

Después de ingresar el código de 4 dígitos, se ingresa el de comando que también es de 4 dígitos, al ingresar los primeros dos dígitos el sintetizador le indicara al usuario que dispositivo esta controlando, y luego los siguientes dos números que se marcan se encargaran de la función, es decir; encender, apagar o en el caso de la luz encender al 50%, 25%, etc. , hay que tomar en cuenta que hay aparatos que tienen más funciones y es por eso que hay 50 posibilidades de seleccionar.

Cuando la tarea esta completada el usuario recibirá un reconocimiento de comando, el cual será en una forma de voz sintetizada inteligible, dada por el circuito controlador. La respuesta por voz sintetizada contesta y además proporciona al usuario con la retroalimentación necesaria todas las respuestas, cuando el usuario interactúa con el circuito controlador.

5. USOS POTENCIALES

5.1 Aplicaciones domésticas

La domótica es la disciplina que estudia la aplicación de los medios informáticos en el hogar. Así, hay varios aspectos que pueden ser susceptibles de esta ciencia, desde la optimización energética para sistemas de aire acondicionado o simple mantenimiento de la energía, hasta otros relacionados con el manejo de todo tipo de electrodomésticos o aparatos.

Las viviendas que utilizan esta tecnología reciben la denominación de activas, en contraposición a las casas donde vivimos actualmente, que no toman ningún tipo de iniciativa. Las viviendas activas pueden, por ejemplo, activar el aire acondicionado cuando detecten que empieza a hacer calor, o bajar las persianas si notan que la intensidad de la luz es demasiado alta.

Esto, teóricamente, es sencillo de aplicar, aunque para que la casa tome decisiones inteligentes se utiliza un sistema de lógica difusa (*fuzzy logic*), consistente en que el ordenador sea capaz de asumir conceptos como 'un poco' o 'demasiado'. Que una computadora asuma términos de esa característica ha exigido un cierto desarrollo de la informática, ya que los códigos binarios (0 y 1, sí o no,) no son demasiado sensibles a las decisiones a medias.

En cualquier caso, para el usuario, estos términos estarán superados y el ordenador estará suficientemente espabilado como para no aplicar los conceptos de una manera estricta.

Por ejemplo, podría suceder que, durante una tormenta, los sensores de la casa experimenten un incremento súbito en la luz y apaguen por tanto las lámparas de la casa, lo que sería extremadamente incómodo. En esta línea de trabajo, la lógica difusa ayudará a que las computadoras sean más humanas.

A partir de un análisis global del concepto, se pueden determinar unos rasgos generales propios y comunes a los distintos sistemas de una vivienda inteligente que son los que la caracterizan como tal. El uso de estos sistemas tiene implicaciones que se pueden dividir en inmediatas, en cuanto a que son las que se producen por el hecho de habitar en una vivienda inteligente, y a más largo plazo, ya que trascienden el individuo para afectar al entorno social a través de nuevos modelos de uso.

Estas características generales, junto con las consecuencias inmediatas emanadas de su uso, son las siguientes:

Control remoto desde dentro de la vivienda: a través de un esquema de comunicación con los distintos equipos (mando a distancia, pantalla táctil, PC, etc.). Reduce la necesidad de moverse dentro de la vivienda, este hecho puede ser particularmente importante en el caso de personas de la tercera edad o minusválidos.

Control remoto desde fuera de la vivienda: representa para el usuario un mejor aprovechamiento de su tiempo a la hora que se realizan algunas de las tareas domésticas.

Programabilidad: el hecho de que los sistemas de la vivienda se pueden programar, ya sea para que realicen ciertas funciones con sólo tocar un botón o que las lleven a cabo en función de otras condiciones del entorno (hora, temperatura interior o exterior, cantidad de luz, etc.) produce un aumento del confort y un ahorro de tiempo.

Acceso a servicios externos: servicios de información, telecompra, telebanco, etc. Para ciertos colectivos estos servicios pueden ser de gran utilidad (por ejemplo, unidades familiares donde ambos cónyuges trabajan) ya que producen un ahorro de tiempo.

5.2 Telecomunicaciones

El estándar CEBus define dos tipos de canales de comunicación disponibles en cada medio CEBus: el canal de control requerido para la comunicación de mensajes de dispositivos y un canal de datos opcional para la distribución de audio, video o cualquier señal que requiera un ancho de banda.

El canal de control es usado en cada medio para transmitir y recibir mensajes CAL. El canal de control usa un espectro de frecuencia en cada medio que está disponible siempre y definido completamente por un método de codificación, amplitud y frecuencia asignado.

El canal de control es requerido por todos los productos CEBus compatibles para enviar y recibir mensajes entre nodos.

Los canales de datos son un espacio disponible de frecuencia reservada en algún medio que puede ser usado por dispositivos CEBus equipados para enviar y / o recibir datos analógicos o digitales.

Los datos pueden ser cualquier información (música, archivos de computadora, video comprimido, voz, etc.), siempre y cuando la frecuencia y la amplitud este entre los parámetros específicos del medio utilizado. Los canales de datos están disponibles generalmente en los medios TP y CX, aunque el estándar permite los canales de datos en cualquier medio. Un ejemplo típico sería, una video grabadora que envía su señal de video hacia un televisor que esta situado en una habitación en el piso de arriba por medio de un cableado coaxial.

La VCR y el TV usan un canal de control (cableado eléctrico), intercambiando mensajes de asignación de recursos, para establecer una conexión, y el canal de datos es usado para enviar el video, librando al canal de control de otras tareas mientras los datos se están transfiriendo continuamente en el canal de datos.

5.3 Control vía cableado telefónico

Tal como se vio en el capítulo anterior, la línea telefónica es un medio muy poderoso para controlar dispositivos a distancia, y es una opción muy útil, debido a que el usuario puede acceder a su vivienda desde otra vivienda o teléfono celular, aun estando fuera del país o en cualquier parte del mundo.

Un ejemplo para ilustrar lo funcional del sistema sería: si se diera el caso que el teléfono del usuario sonara y al contestar la llamada le hablan sus padres que sorpresivamente llegaron de visita y están en la puerta de su casa; él por otra parte, está en una reunión muy importante y no puede irse, así es que, desde el teclado del teléfono desactiva la alarma de seguridad de la vivienda y les abre la puerta principal para que sus padres entren y no lo esperen en la calle.

Este es uno de muchos beneficios que nos ofrece la automatización de la vivienda y el uso del teléfono como controlador de dispositivos a distancia.

5.4 Internet y domótica

En una arquitectura distribuida, las redes de control pueden intercambiarse telegramas mediante cables de pares trenzados, con corrientes portadoras sobre la misma red de baja tensión (*powerline comunicación*), vía radio, por fibras ópticas, con cable coaxial, etc.

Pero ahora, gracias a Internet, están apareciendo varios fabricantes y proveedores de servicios que están desarrollando nuevos productos y servicios que conjugan lo mejor de Internet (bajo coste, amplia difusión, presentación Web y WAP) con tecnologías de redes de datos y control asequibles y estandarizadas. Estas tecnologías son definitivamente, los que le han dado a la domótica el empujón definitivo para ser un mercado altamente competitivo.

En este punto, hay que comentar que las pasarelas residenciales y el acceso a Internet de banda ancha (*Always-On*), juegan un papel muy importante, sino imprescindible, para que el mercado de la teledomótica adquiera un tamaño importante.

Las pasarelas serán las encargadas de adaptar los protocolos y los flujos de datos de las redes externas de acceso (Internet) a las redes internas de datos y control de la vivienda. Permitirán que varios PCs compartan ficheros, impresoras y acceso único a Internet, a la vez que adaptan los datos de las redes de control de la vivienda a los protocolos típicos de Internet.

Además, deberán actuar como ‘perro guardián’ impidiendo que terceros puedan acceder a las redes internas de una vivienda. Estas pasarelas residenciales permitirán ofrecer al propietario de la vivienda no sólo Teledomótica, sino además entretenimiento (descargas de audio y video), interfaces para el comercio electrónico, alarmas médicas y cuidado de personas discapacitadas, entre otros.

El acceso a Internet de banda ancha (*Always-On*) aporta la conexión permanente de la vivienda a las redes públicas de datos. Con este acceso, y con tarifas orientadas al tráfico de datos en vez al tiempo de la llamada, los propietarios podrán tele controlar las viviendas casi en tiempo real, podrán recibir correos electrónicos o mensajes en los móviles cuando sucedan eventos o alarmas y todo ello a unos precios muy competitivos (tarifa plana).

5.5 Implementación a gran escala

5.5.1 Conexión al mundo externo

La conexión de una arquitectura CEBus de cualquier medio con una red de área amplia (*WAN*) tal como el internet, es a través de una o más unidades de interfaces de red (NIUs). Los servicios WAN incluyen servicio de teléfono por par trenzado, servicio de cable, ISDN, servicio de teléfono por cable, acceso de internet a alta velocidad, y otros. Un NIU realiza por lo menos dos funciones:

- Termina las características eléctricas de un medio externo y las traduce, si es necesario, a las características eléctricas locales. Por ejemplo, puede conectar una fibra óptica de una red externa con la línea de voltaje de la casa.

- Traduce las técnicas de señalización externa y los formatos de los mensajes a paquetes CEBus en el medio CEBus (y posiblemente de CEBus a un formato externo). Por ejemplo, puede recibir mensajes de RF de alta velocidad de una red de cable externo y traducirlos a paquetes CEBus estándar en la red TP de la vivienda.

Un NIU puede ser estrictamente usado para canales de datos, canal de control, o ambos. Puede ser parte del nodo 0 o conectarse a un medio como cualquier otro nodo. Con tal de que provea la interface necesaria y la función de aislamiento, no hay otro requerimiento específico.

5.5.2 Red PL para varias viviendas

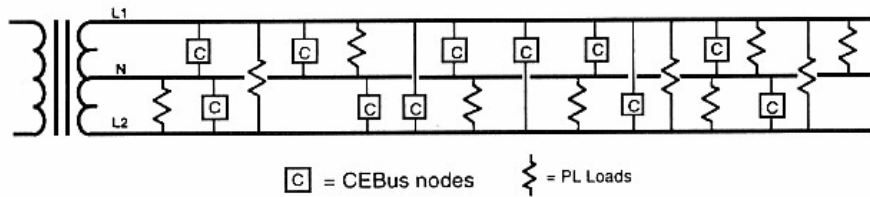
Una red con varias viviendas se puede obtener conectándolas al transformador de distribución como se muestra en la figura 36, siempre y cuando hay que tomar en cuenta que lo máximo de casas que se pueden conectar al transformador es de 10.

Figura 37: Representación física de una típica red PL



Fuente: Grayson Evans, **CEBus Demistified**, Pág. 63

Figura 38. Diagrama eléctrico de una red PL física vista desde el transformador de distribución



Fuente: Grayson Evans, **CEBus Demistified**, Pág. 63

La figura 37 muestra como aparece cada nodo en la red. Este diagrama esquemático muestra que, hasta la última casa que esté conectada al transformación de distribución va a estar conectada a la red. Cada dispositivo CEBus PL de 120 voltios transmite paquetes usando L1 y N o L2 y N, dependiendo del par que este conectado en la vivienda.

La red es grande y las cargas están cambiando constantemente, y los dispositivos también están constantemente son conectados y desconectados. Esto significa que habrá atenuación de la señal en el alambre debido al ruido inducido por estos aparatos.

Los paquetes transmitidos en una casa (o apartamento) pueden viajar para las demás casas sobre el medio PL de una red. Para prevenir interferencia por dispositivos entre casas, CEBus creó un sistema de redes en cada casa usando un sistema de partición de direcciones. Este sistema de direcciones aísla lógicamente los nodos en una cada de los nodos en cualquier otra. El algoritmo de configuración de dirección empleado por CAL asegura que dos casas distintas no tendrán el mismo sistema de direcciones.

CONCLUSIONES

1. Una vivienda domótica cumple con las tareas fundamentales que son: la seguridad del hogar, las condiciones ambientales y la administración de las comunicaciones; todo esto gestionando el consumo y ahorro de energía.
2. El estándar CEBus proporciona un método sencillo y confiable para el usuario en caso de implementar una vivienda de tipo domótico que permite que todos los dispositivos o aparatos que estén en una casa, puedan controlarse y comunicarse entre sí; no importa si existe o no un sistema central de control.
3. La transmisión de información a través de la red eléctrica preexistente constituye un sistema de comunicación de bajo costo porque es una alternativa en la cual los dispositivos que integran la red doméstica no necesitan tener su propio cable.
4. La implementación de un sistema de control domótico en una vivienda puede reducir hasta un 30% el consumo de energía, además de simplificar todas las tareas rutinarias que se llevan a cabo en la misma.

5. CEBus resuelve los problemas tradicionales de integración de productos y sistemas que son fabricados por diferentes empresas manufactureras, ya que establece un estándar, una interfase fiable para cada producto CEBus compatible en la vivienda.

6. Los productos o dispositivos que se instalan en una red CEBus pueden adquirirse uno a la vez, y no se necesitan ingenieros o especialistas en la materia para la configuración e instalación de los mismos; simplemente pueden ser conectados por el usuario y sus funciones y configuración puede programarse fácilmente.

RECOMENDACIONES

1. Para el diseño e implementación de una red de tipo domótico se debe asegurar una aplicación correcta de la norma CEBus; además, todos los recursos de la red se utilicen eficientemente.
2. En lo que a tecnología se refiere, el estándar CEBus tiene la ventaja de ser un estándar abierto el cual puede ser mejorado por personas interesadas en el ramo; que además está basado en el formato y terminología OSI, lo cual hace que sea compatible con otras normas o estándares.
3. Al implementarse una red que use como medio la red eléctrica residencial, debe tenerse muy en cuenta que la instalación esté en buenas condiciones, para que no se produzcan errores en la transmisión de información o que se dañen los equipos.
4. En el diseño de una vivienda domótica debe analizarse de todos los requerimientos de vivienda y de usuario para optimizar los recursos; si una prioridad es el ahorro de energía, se debe considerar la idea de que en países como Guatemala el uso de calefacción o aire acondicionado no es tan necesario o pueden sustituirse por ventiladores en el caso del aire acondicionado.

BIBLIOGRAFÍA

1. Dostert, Klaus. **Powerline communications**. Estados Unidos: Editorial Prentice Hall Hispanoamericana, S.A., 1996. 813 pp.
2. Evans, Gryson. **CEBus Demistified**. Estados Unidos : Editorial McGraw-Hill, 2001.
3. Fitzgerald, Jerry. **Comunicación de datos en los negocios**. México: Editorial Limusa, 1993. 77 pp.
4. González, José Maria. **Sistemas de control para viviendas y edificios: Domotica**. España: Editorial Paraninfo, 1999. 109 pp.
5. House, Peter. **Home automation & building control**. Estados Unidos, 1995.
6. Intellon, Corporation. **CEBus power line encoding and signaling**.
7. Lorente, Santiago. **La casa inteligente**. España: editorial McGraw-Hill, 1999.
8. Orozco, Josué. Tecnología digital power line carrier o transmisión de datos en banda ancha a través de la red eléctrica. Tesis de Ing. Electrónica. Guatemala, Usac. Facultad de ingeniería. 2003. 80 p.
9. Platt, Glenn. Domestic power line carrier communications. Tesis Ing. electrónica. Universidad de Newcastle, Australia, 1999.
10. www.cebuse.org. (Henry Brewster, 14/05/2003)
11. www.domosys.com. (Josh McBrite, 23/06/ 2003)
12. www.Intellon.com. (Intellon Corp. 02/05/2003)