

センサーネットワーク研究会 御中

LonWorks®の概要説明

～ LonWorksの活用 ～

2008年02月21日

アイテック阪急阪神株式会社



当社は、Echelon社の公認ネットワーク・インテグレータに認定されております。

本日のスケジュール

10:00 ~ 11:45 (途中休憩含む)

- ・ 1 . LonWorksとは
- ・ 2 . LonWorksの特徴
- ・ 3 . LonWorksの技術概要
- ・ 4 . 設計にあたって

11:45 ~ 13:00 (昼休憩)

13:00 ~ 14:30 (途中休憩含む)

- ・ 5 . LonMaker、Lonアナライザ実演
- ・ デモ環境紹介・アナライザ実演 (16階調整エリア)
- ・ 6 . LonWorks導入事例 (時間都合により割愛)

1. LonWorksとは

■ LonWorks ネットワークは、米国エシェロン社が開発した知的分散型制御のためのネットワーク技術です。

(「LON」とは、Local Operating Networkの略)

■ 照明器具、スイッチ、温度センサーなどの機器内にニューロンチップを搭載し、通信線で接続されることにより、*Peer-to-Peer*で機器を動作させることができます。

(LonWorks搭載機器の総称は「ノード」や「デバイス」と呼ばれる)

オープンシステム

■ LonWorksはその仕様が公開されており、世界のさまざまな標準化団体にネットワークの標準規格として認定されています。

これにより、さまざまなメーカーから最適な製品を購入し、システムの構築ができ、オープンな制御システムネットワークの構築が可能となりました。

AAR、ANSI/EIA、ASHRAE、IEEE、IFSF、SEMIなどの世界的な標準化団体に、家庭、工場、商業ビル及び交通機関向けとして認定されています。



ニューロンチップ

ニューロンチップには8ビットCPUが3つ内蔵されており、LonTalkプロトコル(LonWorksの通信プロトコル)の処理や制御プログラムの処理が搭載されています。

このほかにEEPROM、RAMとファームウェア用ROMまたは外部メモリポートが搭載されている。

(1) 監視システムの必要性

監視制御については、各社局によっても管理点数や監視対象はもとより、運用、連絡、保守態勢もさまざまである。

- ・有人駅 / 無人駅

- ・有人駅 係員常駐で、通報は電話連絡

 - お客様対応中で、連絡が遅くなる

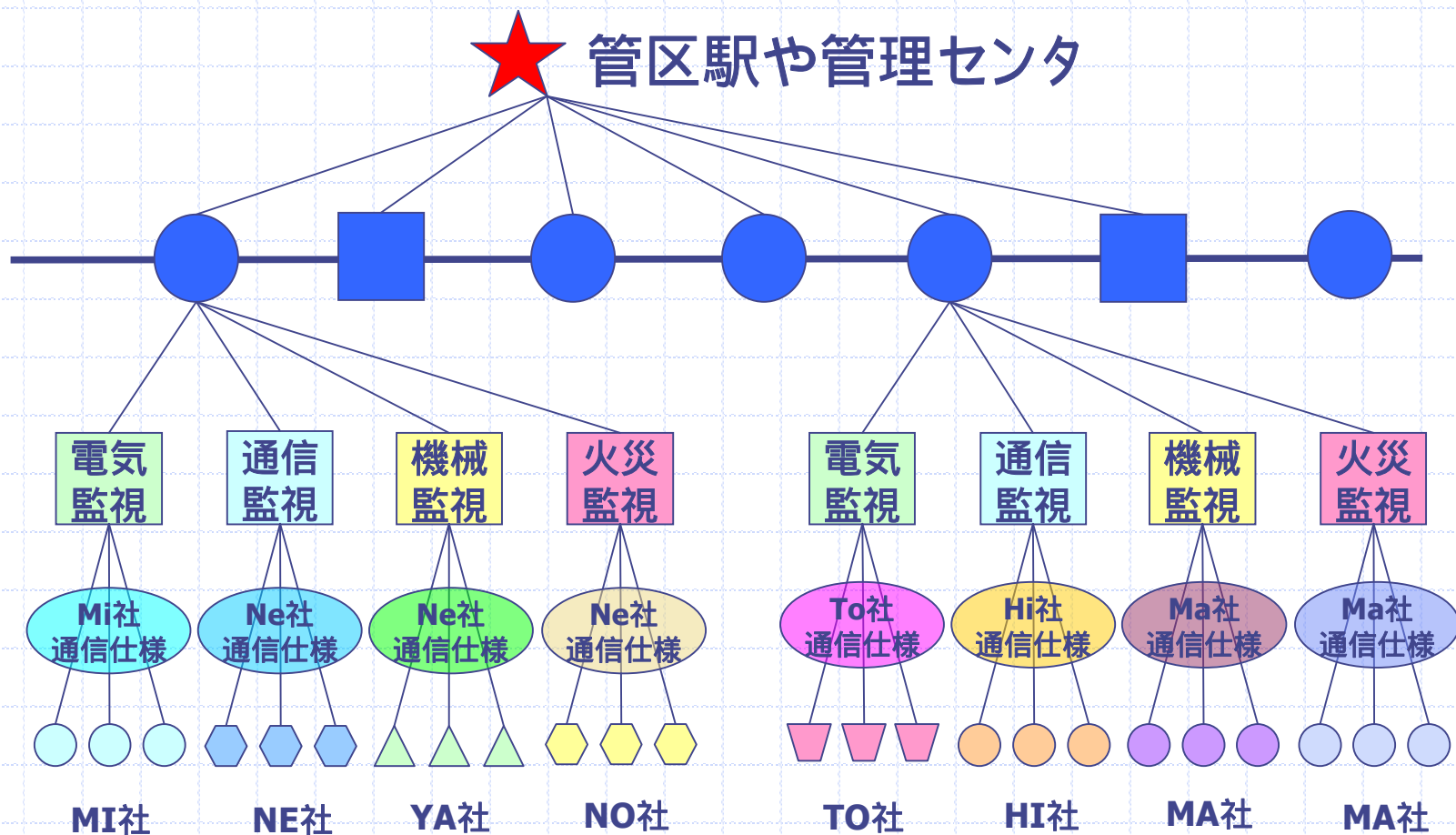
- ・無人駅 代表警報のみ管理
警報発生時は、現地へ急行し、詳細確認

 - 発生時の対応に遅延

など

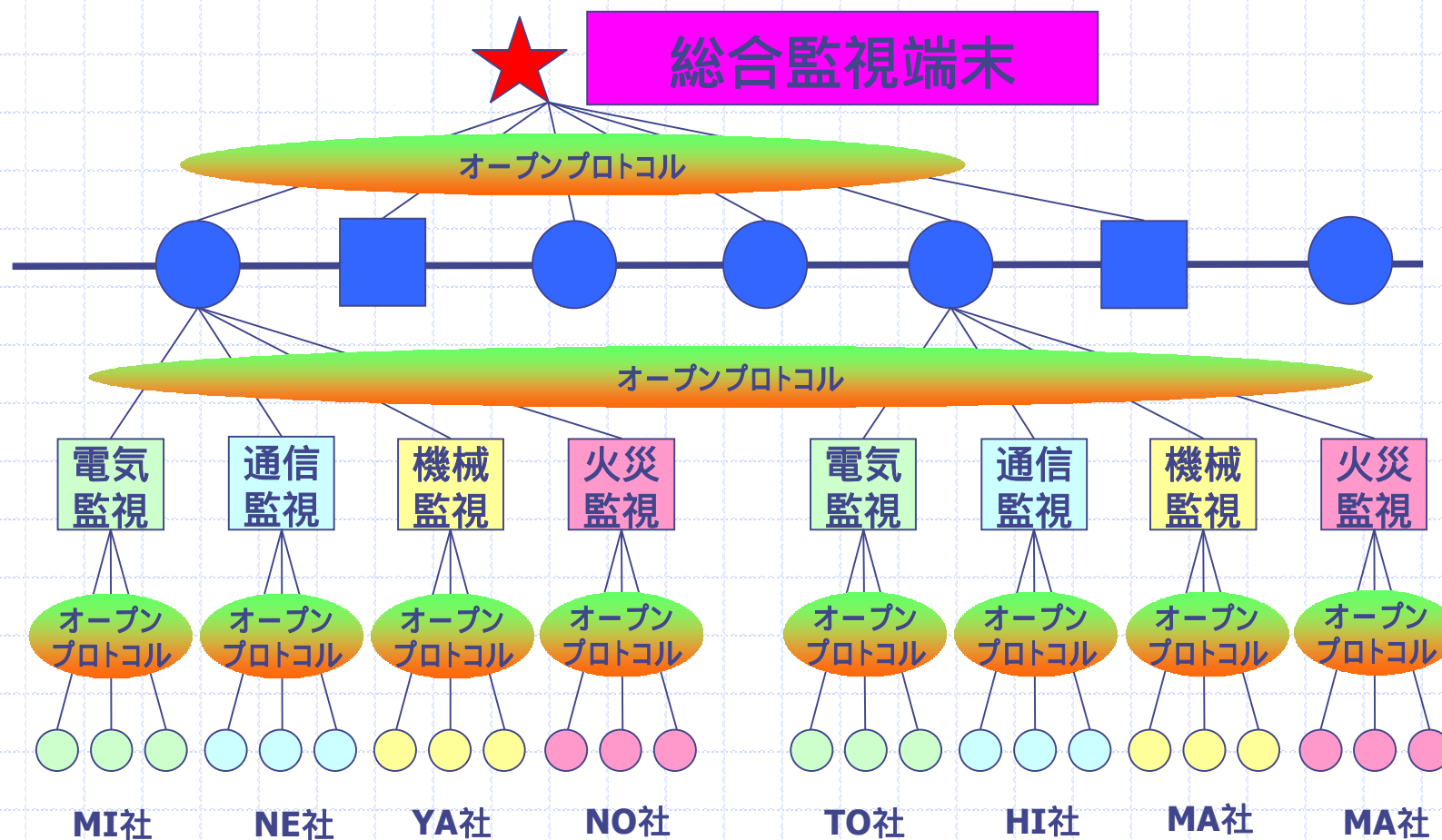
(2) 監視システムを構築しようとする

監視システムを構築しようとする、



(3) 仕様を統一することで

仕様が統一されることにより、 unnecessaryな設備投資がなくなる。
また、先行投資したもののそのまま活用でき無駄にはならない。



2. LonWorksの特徴

制御の分散化

→ 信頼性の向上

省配線(1組のツイストペア線)

→ メンテナンス、工事費減

操作性、保守性の向上(PCで操作)

→ 作業量減

マルチベンダ化(仕様がオープン)

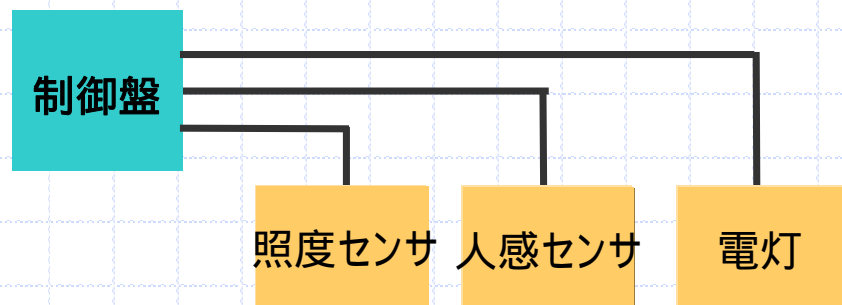
→ メーカーの独自仕様に縛られない

インターネットとの親和性

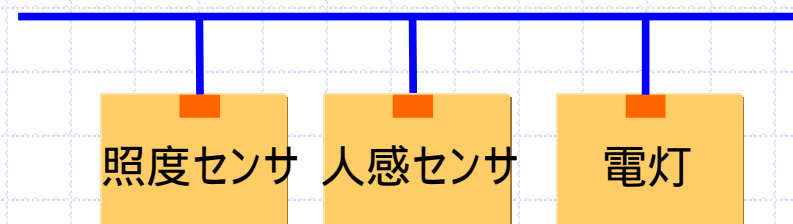
→ IP網接続が容易

制御の分散化

- 集中制御型から自律分散型システムによる信頼性の向上
- ニューロンチップ搭載で、機器の小型化に貢献



集中制御方式



LonWorks方式(分散制御型)



信頼性の向上

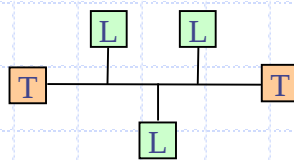
省配線

- 各機器は、2芯のツイストペアケーブルで配線可能
各機器間の配線にあたっては2芯ツイストペアケーブルのみ配線すればすみますので、集中型の場合と違い、いわゆるゾロ引き配線を削減でき、シンプル配線が可能になります。

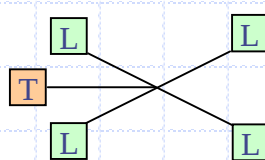
- 接続ネットワークの構成が豊富で、フレキシブルな配線が可能
(TP/FT-10 78kbpsの場合)

配線時の接続構成(ネットワークポロジ)としては、レパトリーが豊富で柔軟性の高い配置を可能とします。

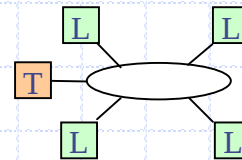
- 構成可能なネットワークポロジ



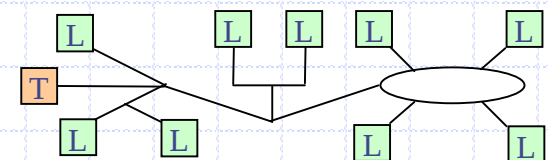
バス型



スター型



ループ型



混合（フリー）型

T : ターミネータ L : ノード

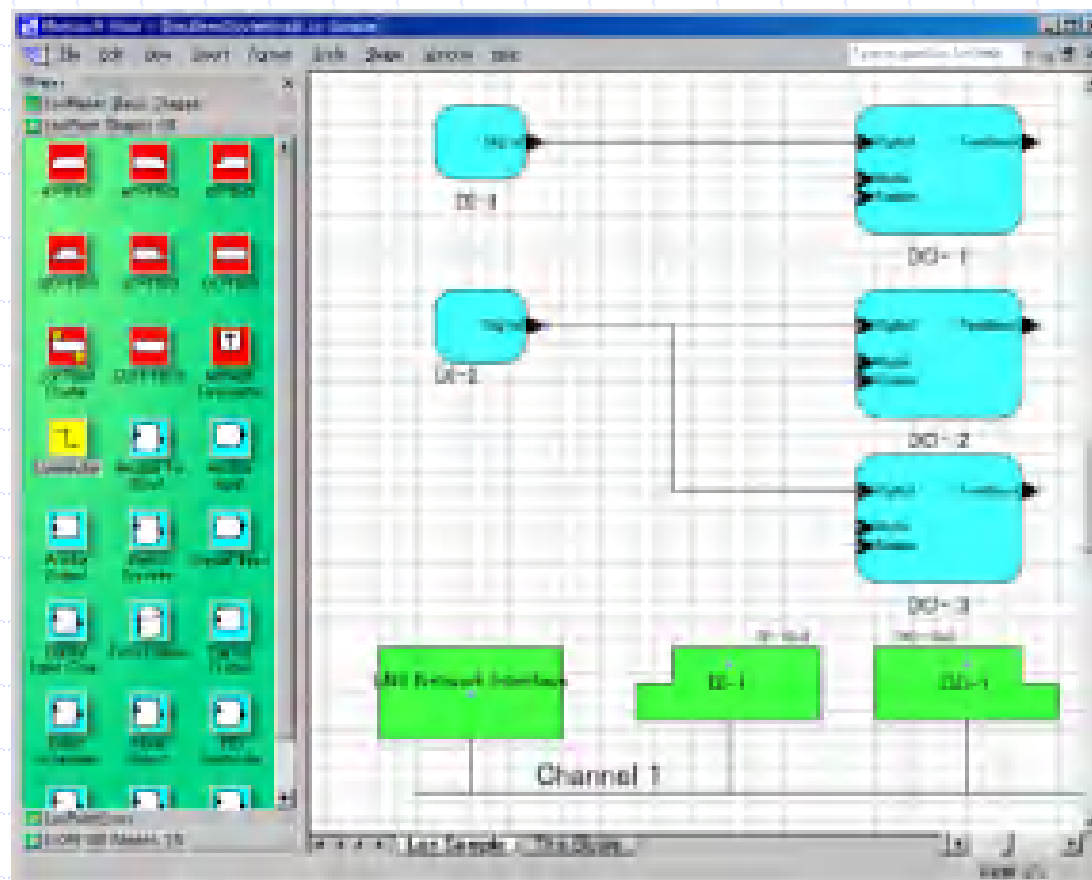
メンテナンス・工事費減

操作性、保守性の向上

- 接続の定義が簡単
 - LonMaker for Windows (Microsoft Visioベース) を用いることで、簡単に機器同士の接続 (バインディング) や変更が可能。
- 接続の変更などは、配線工事なしで可能
 - 机上のみで接続変更ができ、配線工事が不要となります。



作業の大幅減



LonMaker for Windows画面

マルチベンダ化

■ LonWorksは各種標準規格に準拠しており、仕様が公開されております。

→ あるメーカー独自仕様を採用すると、増設、改造時には既存メーカーでしか対応できず、その結果、あらゆる自由度が制限されてしまいます。

● オープンシステムを採用することで

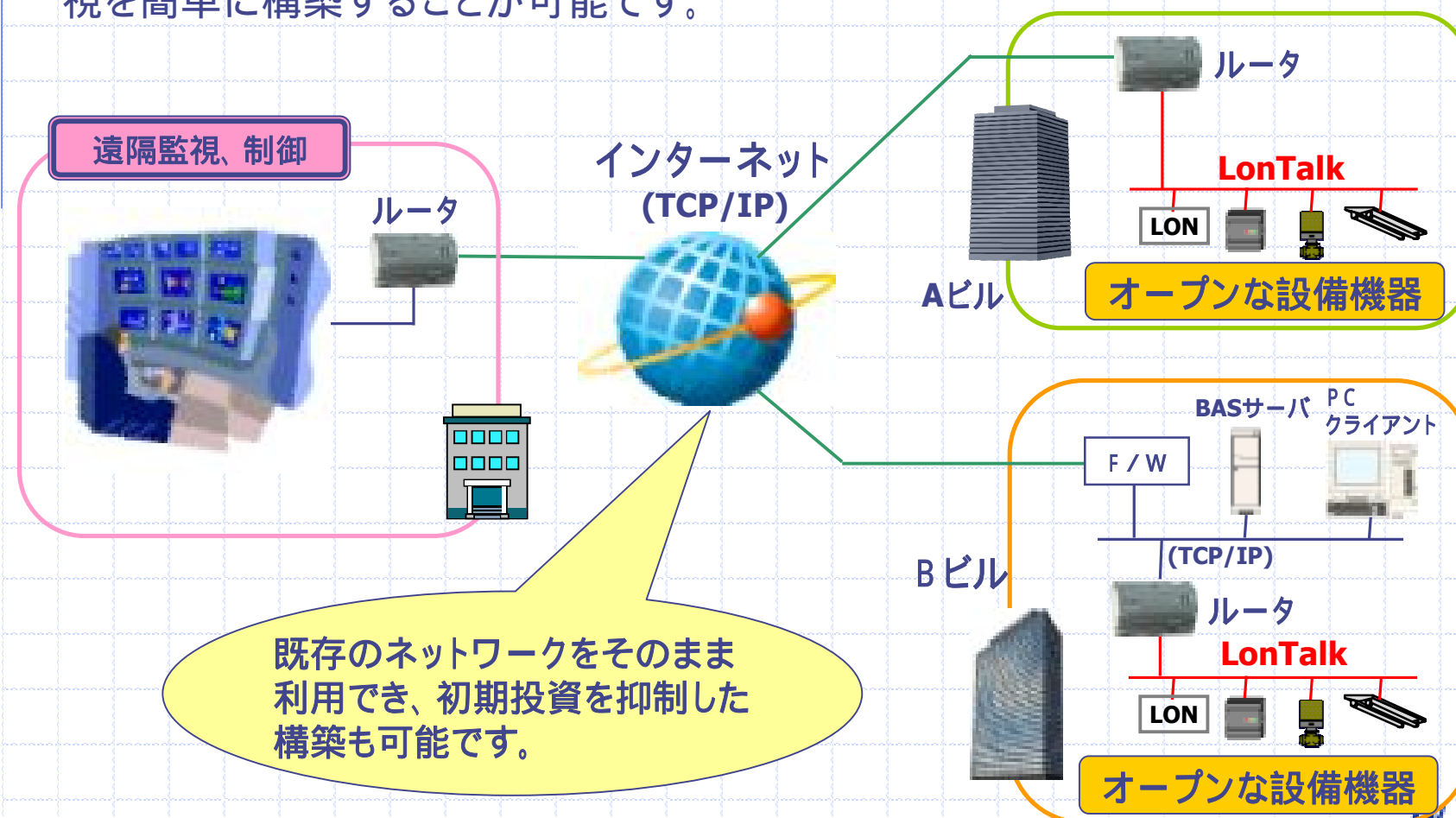
- 多種多様な機器が接続可能で、機器調達にあたって自由に選択が可能です。
- 国内外の多くの企業が、LonWorks準拠の機器を開発 / 販売している。



マルチベンダ化による適正コスト

インターネットとの親和性

LonWorksとEthernetそれぞれのネットワークを結ぶためのルータを利用でき、プロトコル自信の親和性 (LonWorks over IP) が高いため、遠隔での制御や監視を簡単に構築することが可能です。



大規模ビルへの適応

(世界最大規模のLonWorks適用システム)

六本木ヒルズ森タワー

所在地 東京都港区六本木6-10-1

階数 地上54階、地下6階

延床面積 379,450.99 m²

18ベンダー、12,500デバイスを接続。

監視ポイント数が約16万点となる大規模マルチベンダーシステム。



六本木ヒルズレジデンス A～D棟

所在地 東京都港区六本木6-12-1～4

階数 A棟:地上6階、地下2階(35戸)

B棟:地上43階、地下2階(336戸)

C棟:地上43階、地下2階(255戸)

D棟:地上18階、地下2階(223戸)

延床面積 149,811.38 m²(駐車場含む)

全住宅棟の中央監視を、住宅棟防災センターで一元管理。

監視ポイント数は約1万点。

LonWorksノードは約1,240ノード、7ベンダー。



写真 森ビルHPより

鉄道分野への適応

■ 米国鉄道協会(AAR)のブレーキ制御標準

- ・ 貨物列車では1列車が2マイル(3.6km)に達することも
- ・ ブレーキの制御信号を空気圧から電気信号へ
→ ブレーキの遅れを改善し、短距離で停止
- ・ メリット：制動距離の短縮(最大70%)、燃費改善、
均一な制動により車輪の磨耗を軽減

■ NewYorkの地下鉄

- ・ 1,080台の新規導入地下鉄車両を対象
- ・ 空調、動力、ドア制御、案内表示等の状態監視に利用
- ・ 1編成中に異なるメーカーの車両を組み合わせることも可能
- ・ メリット：安全性の向上、ライフサイクルコストの低減

電力線搬送 電力検針

イタリアのエネル社は世界最大級の上場電力会社です。エネル社は現在、国内の送電網を高度なサービスを提供できるネットワークに変えようとしています。2005年に導入が完了すると、イタリア国内の2,700万世帯以上の家庭やビルに設置されているスマートな、通信デジタル電力メーターがネットワークに接続されます。2003年5月時点で850万台以上の電力メーターが稼動中で、毎月約70万台の割合で導入作業が進められています。



3 . LonWorksの技術概要

(1) LonTalkプロトコル概要

LonWorksのプロトコル(LonTalk)は、OSI参照モデルに準拠

OSI参照モデルに準拠

アプリケーション層	・標準ネットワーク 変数タイプ(SNVT)
プレゼンテーション層	・ネットワーク変数 ・外部フレーム転送
セッション層	・要求 / 応答サービス
トランスポート層	・確認応答 / 非確認 ・ユニキャスト / マルチキャスト ・認証 ・共通順序付け、二重検出
ネットワーク層	・アドレッシング ・ルーティング
データリンク層	・データフレーム検査、CRC ・予測CSMA ・衝突検出、プライオリティ
物理層	・各種通信媒体 ・複数のデータ通信速度

・ISOにより定義されている

・通信を実現するために各機能を
複数のレイヤに割り当て

・上位レイヤのサービスは、下位レ
イヤのサービスを利用

・7つのレイヤを定義

インターネットに用いられている
Internet Protocol IEEE802.3も
OSI 7階層に準拠

物理層

物理的に接続を行うチャネルの種類

チャネル	トランシーバ例	メディア	速度(bps)	トポロジー	距離	デバイス数*1
FT-10	FTT-10A(FT3120/3150)	ツイストペア	7 8 K	バス、フリー	500m(FT)、2,700m(バス)	64
LP-10	LPT-11	ツイストペア給電	7 8 K	バス、フリー	500m(FT)、2,700m(バス)	128
XF-1250	TP/XF-1250	ツイストペア	1.25M	バス	130m	64
PL-20	PLT-22,PL3120/3150	電力線	5K	フリー	減衰、ノイズによる	無制限
LonWorks/IP	イーサネット、モデム等	10/100BaseT等	IP回線による	フリー	無制限	40 (* 2)
光	サードパーティ	光ケーブル	1.25M	バス	30Km	数百

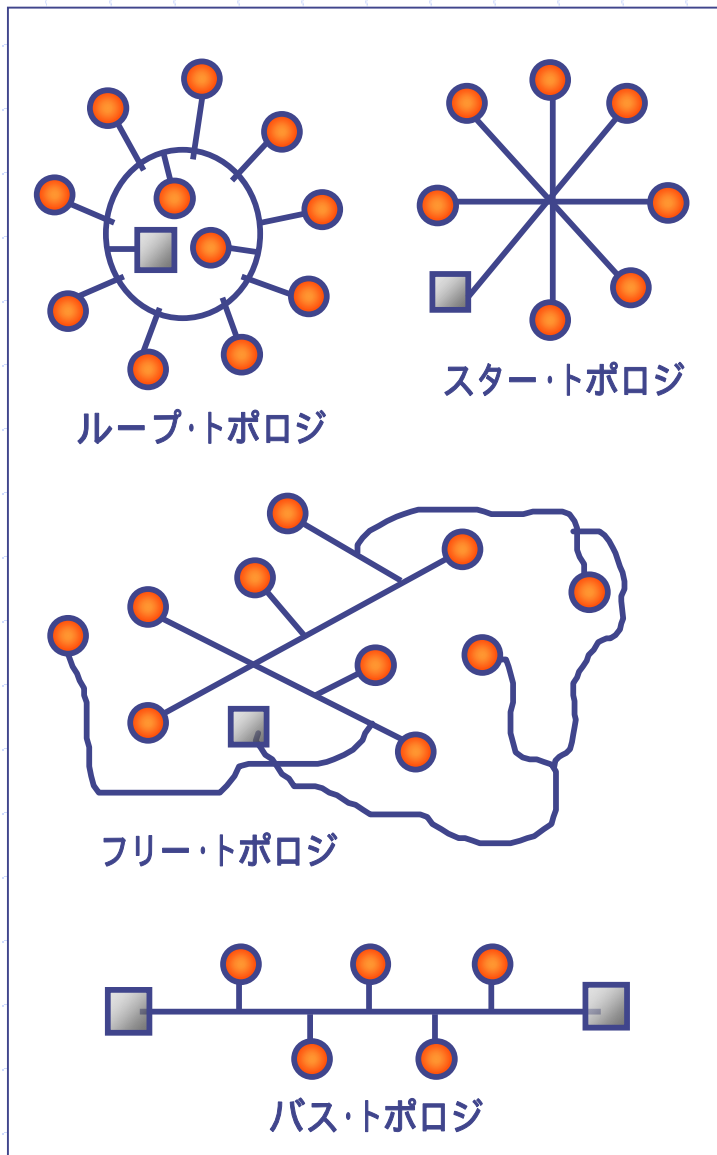
*1: ルータで区切られた1チャネルあたりのトランシーバ数で、ルータを含む

*2: 1ドメインあたりのデバイス数。VNIを使うホストPCを含む。

物理的な仕様を満たすには、ハードウェアの設計からケーブル、設置条件にいたるまですべてにおいて、注意が必要である。

終端抵抗、ケーブルサイズ、デバイス間隔、スタブ長など

・ FT-10 チャンネル



◆ FT-10チャンネル

- 通信速度 7.8 Kbps
- フリートポロジ
 - ◆ 最大総延長500m
 - ◆ 任意の配線が可能

敷設ルート短縮

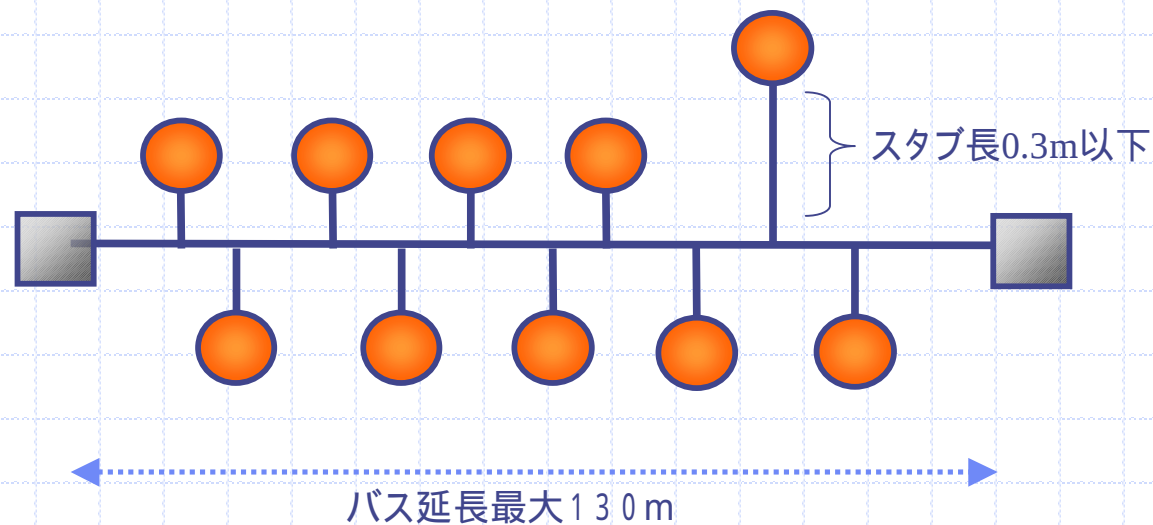
- バストポロジ
 - ◆ 最大バス長2700m、スタブ3mまで
- ツイストペア線は無極性
- トランス絶縁・コモンモードノイズに強い
信号処理DSP内蔵
- 物理リピータによる延長が1回可能
 - ◆ バス長5400mまで可能

◆ LP-10 (リンク パワー)チャンネル

- 通信用ケーブルに電源DC42V重複
- 別途の電源ケーブル配線不要

・ XF-1250 チャンネル

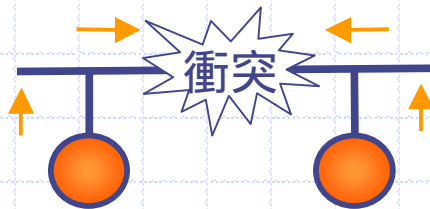
- 高速バックボーンに使用
 - ◆ バス型 両端に終端抵抗
 - ◆ 通信レート 1.25Mbps
 - ◆ 延長距離 130m
- ツイストペア線は無極性



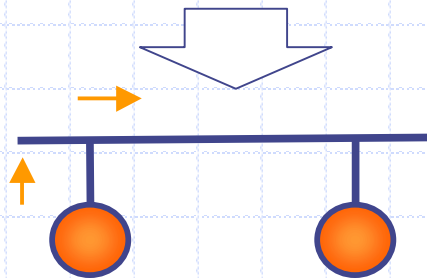
データリンク層

データリンク層では、データフレームのチェックやデータの衝突を回避するための仕組み(予測**CSMA**)の処理を行う

CSMA/CD (IP)



衝突を検知(コリジョン)

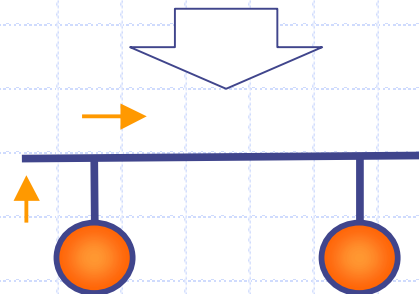


ランダム時間後に再送

予測CSMA



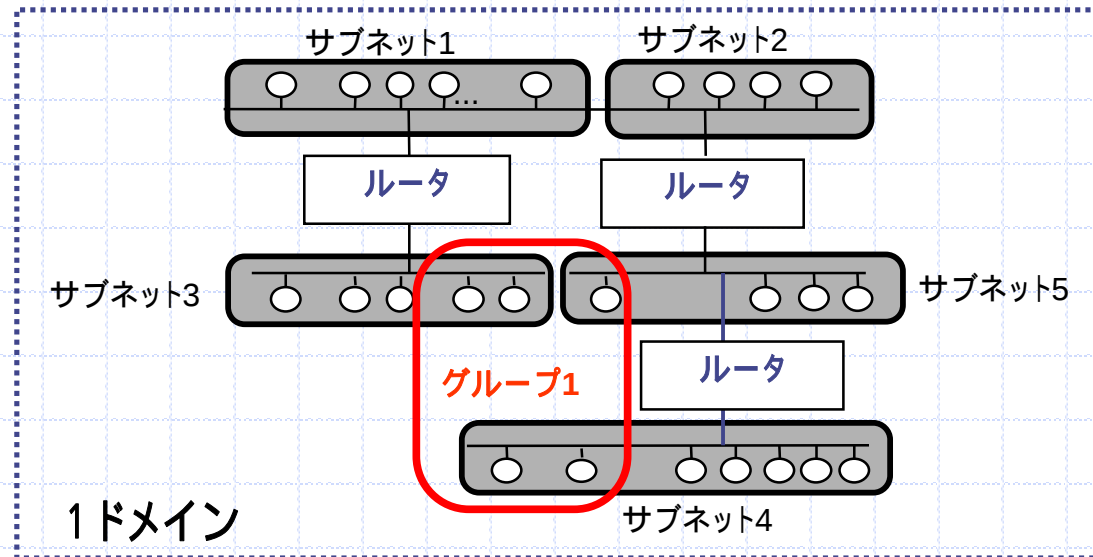
送信タイミングを
デバイス単位でランダムにずらす



自然と送信時間がずれる

(ネットワークの構成)

ネットワークの構成としては、下記のようなになる



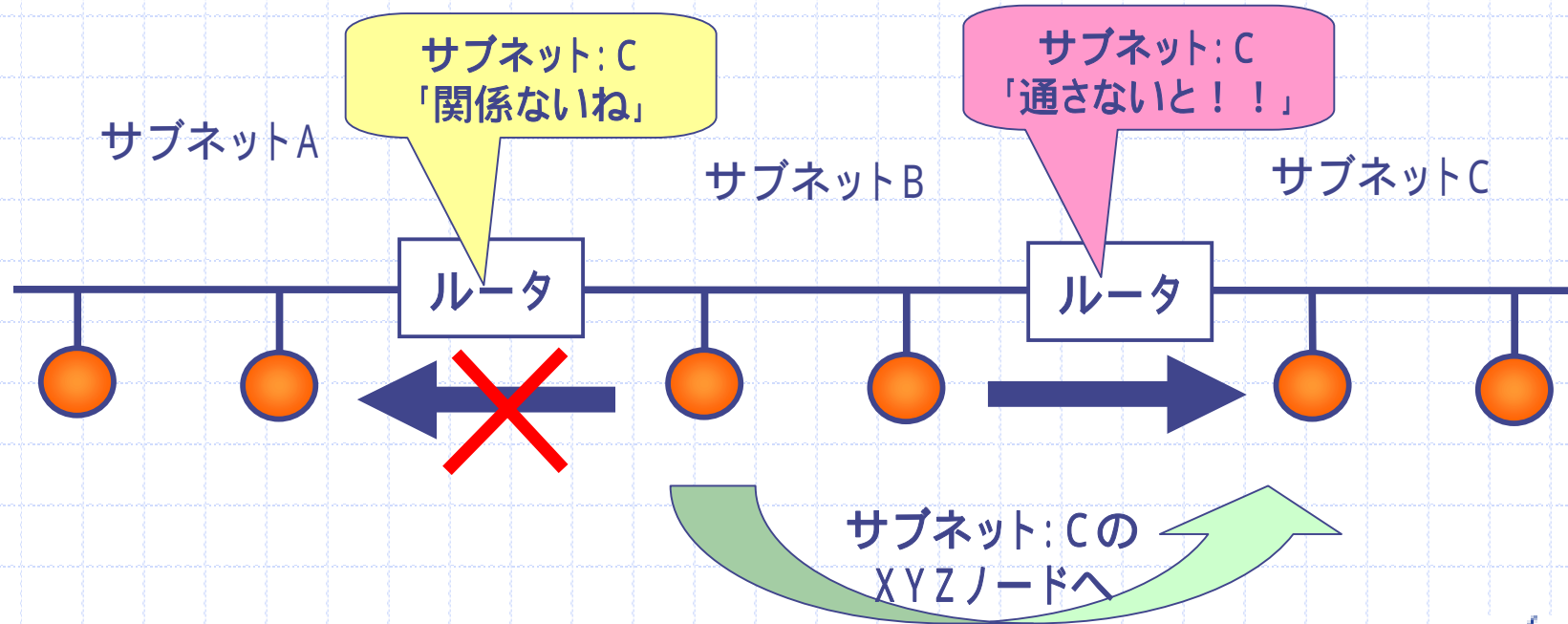
- ・ドメイン
すべてが必ず属する
- ・サブネット
ノードの集合体で 1ドメインあたり 1 ~ 255まで
- ・ノード
1つのデバイスで1ノード
1サブネットあたり 127個まで (7bit)
- ・グループ
サブネットを越えて構成するときの構成単位 0 ~ 255まで
1ノードは15グループまで属することができる
- ・チャネル
デバイスが通信する媒体

ネットワーク層

ネットワーク層では、サブネット + ノードIDで認識

ルータは、サブネットを確認し、必要ならばルーティングを行う

トラフィックを分散するには非常に重要な存在！



トランスポート/セッション層

下記の確認応答サービスや認証(暗号化)などを行う

●ユニキャスト(ドメイン/サブネット/ノード)

●マルチキャスト(グループ)

Acked (確認情報によるハンドシェーク)

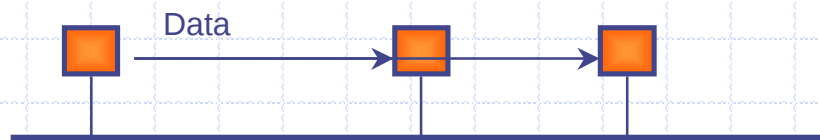


Ackを受信した時点で通信完了

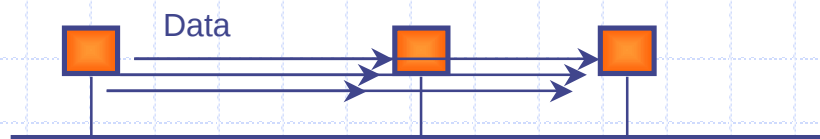
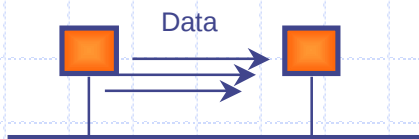


N個のAckを受信した時点で通信完了(グループ通信)

Unacked (確認無し)



Unacked-Repeat (確認無し、複数回再送)



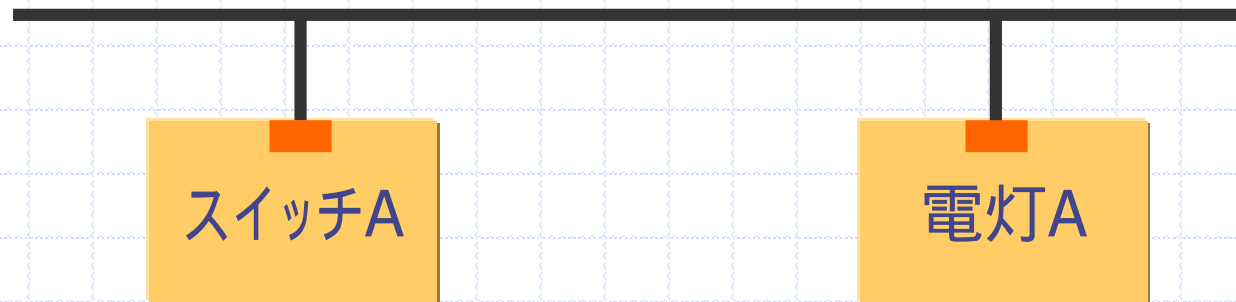
Request-Response (要求、応答) 例: ポーリングによるNV参照



・ プレゼンテーション / アプリケーション層

ネットワーク変数の処理、標準ネットワーク変数の処理

- スイッチAがONになったら、電灯Aを点灯させる



- ・ A社のスイッチはONになると「1」を送るが、別のメーカーのスイッチはONになると「10」を送る。
- ・ スイッチが「1」という数値を「ON」のつもりで送ったところが、電灯は「1アンペア」と解釈

標準ネットワーク変数

- 別メーカーの製品間でのコミュニケーションを円滑に
 - ・ メーカーごとにフォーマットを勝手に決めていては相互接続性が失われてしまう。

→ **LonMark協会が標準化**

- ・ SNVT(標準ネットワーク変数型)が決められており、メーカーはSNVTに従ってデータ授受するようにデバイスを製造する。

・SNVT例

変数		単位	サイズ	範囲
SNVT temp f	温度		4	-3.40282E38 ~ 3.40282E38
SNVT temp p	温度		2	-273.17 ~ 327.66
SNVT vol f	電力	V	4	-3.40282E38 ~ 3.40282E38
SNVT res	抵抗	Ω	4	-3.40282E38 ~ 3.40282E38
SNVT mass	質量	g	2	0 ~ 6553.5
SNVT mass f	質量	g	4	-3.40282E38 ~ 3.40282E38
SNVT mass kilo	質量	kg	2	0 ~ 6553.5

最新のSNVTの一覧はLonMark.orgで取得可能

http://www.lonmark.org/technical_resources/resource_files/

コンフィグレーションプロパティ

- ネットワーク変数のような定期的な変更の必要性がない値や、機器固有の設定値・制御パラメータを設定

- PIDコントローラーのパラメータ

- 入出力デバイスのDerayパラメータ等

- ◆ SCPT (標準コンフィグレーションプロパティタイプ)

- LONMARK協会によって定義されている

- 100以上のタイプ

変数		単位	範囲
SCPTmaxRnge	最大値		
SCPTminSendTime	最小送信時間	Pa	0 ~ 6553.4
SCPTtempOffset	温度補正值		-273.17 ~ 337.66
SCPTtimeOut	タイムアウト時間	秒	0 ~ 6553.4
SCPTcontrolPriority	優先順位		0 ~ 200
SNVTdefOutput	デフォルト出力		

- ◆ UCPT (ユーザー定義型コンフィグレーションプロパティ)

- ユーザーやメーカーが独自に定義可能

4. 設計にあたって

設計手順

LonWorksでは、

最初のネットワーク設計が大きな鍵となる！

◆ 設計

- 使うデバイス、チャネル、ネットワークツールの選択
- デバイス・ルータの配置とサブネットの分割
- ネットワーク資源の検討
- **トラフィックの検討**
- 電磁ノイズ混入防止（ルータの配置や、配線経路の計画）
- ユーザインタフェースの作成
- **デバイスのバインドと構成（コンフィグレーション）**

◆ 設置作業

- 通电後ネットワークツールから**コミッショニング**

◆ 評価

- ネットワーク品質の評価とトラフィックの最適化

ネットワーク資源

- 1ドメインにつき255サブネットまで

1ドメイン当たりの最大ノード数は、 $255 \times 127 = 32,385$

- 1サブネットにつき127デバイスまで

- 論理的アドレス7bit
- チャンネルごとの電氣的理由の制限もある

FT-10の場合、トランシーバの制約で64台まで
(リピータを使えば127台まで可能)

- LonWorks/IPデバイスは40台/ドメイン迄
 - (LNS Turbo + i.LON600では255台に拡張)

- マルチキャストグループアドレス数255/ドメイン迄

トラフィックの検討

スループットの検討

78kbpsまたは1.25Mbpsと仮定した場合の理論値としては下記のようになります。

LonWorksのパケットを、12Byte (96bit) と仮定 (NW変数の最大で31Byte)

伝送時間 $96 \div 78000\text{bps} = 0.0012\text{s} = 1.2\text{ms}$

1秒あたりのパケット数 (LonWorksの最大ブロッキングサイズは、228bit)

$78000\text{bps} \div 96\text{bit} = 812.5\text{パケット (理論値)}$

実測値としては、理論値の40%程度 (324パケット) を目安に
帯域として40～60%で設計するのが望ましいとも言われております。

(参考) LonWorksにおけるスループット

ビットレート	パケットサイズ : 12byte	パケットサイズ : 64 byte
78kbps	320packet/s	80 packet/s
1250kbps	560 packet/s	560 packet/s

5 . Lon Maker、Lon アナライザ'実演

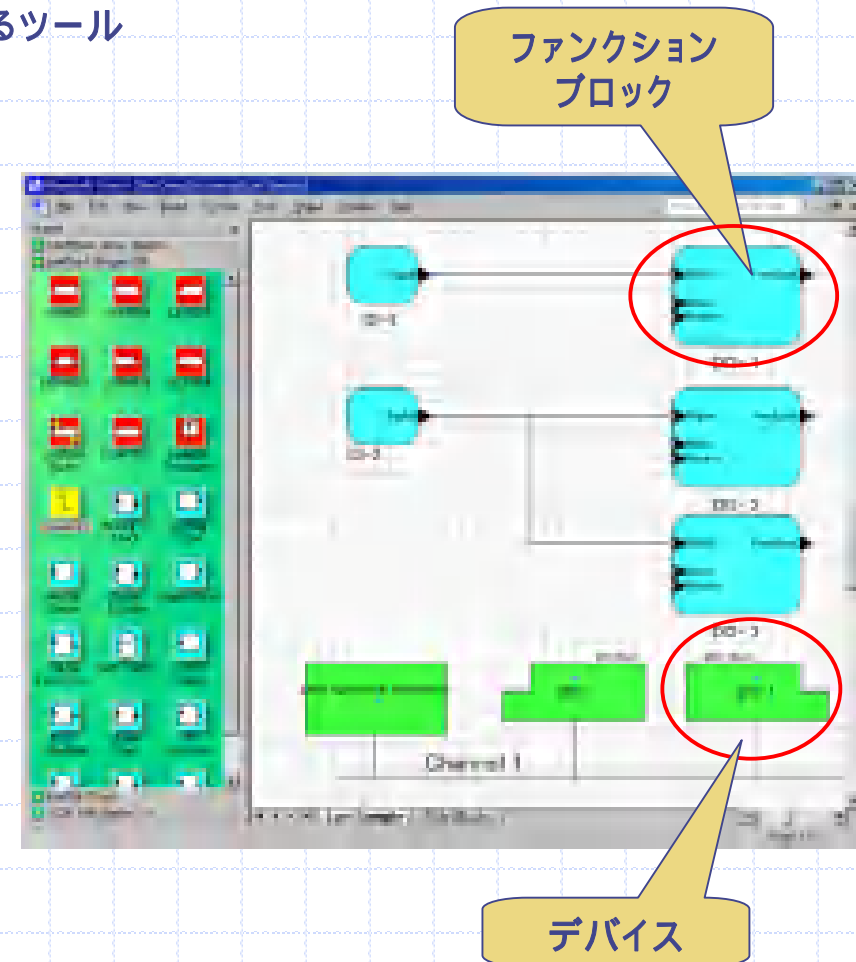
5.1 LonMaker(コミッション)

- **LonMaker**とは、
 - ・LonWorksネットワークを設計・メンテナンスするツール
 - ・Visioによるユーザーインターフェイス

- **用語説明**
 - デバイス**
LON機器(ニューロンIDを持った機器)

コミッション
ニューロンID をキーにLonMaker上の情報と
実際の機器を対応させます。

ファンクションブロック
デバイス毎にある入出力の要素(固まり)
(演算処理をもつファンクションブロックもあり)

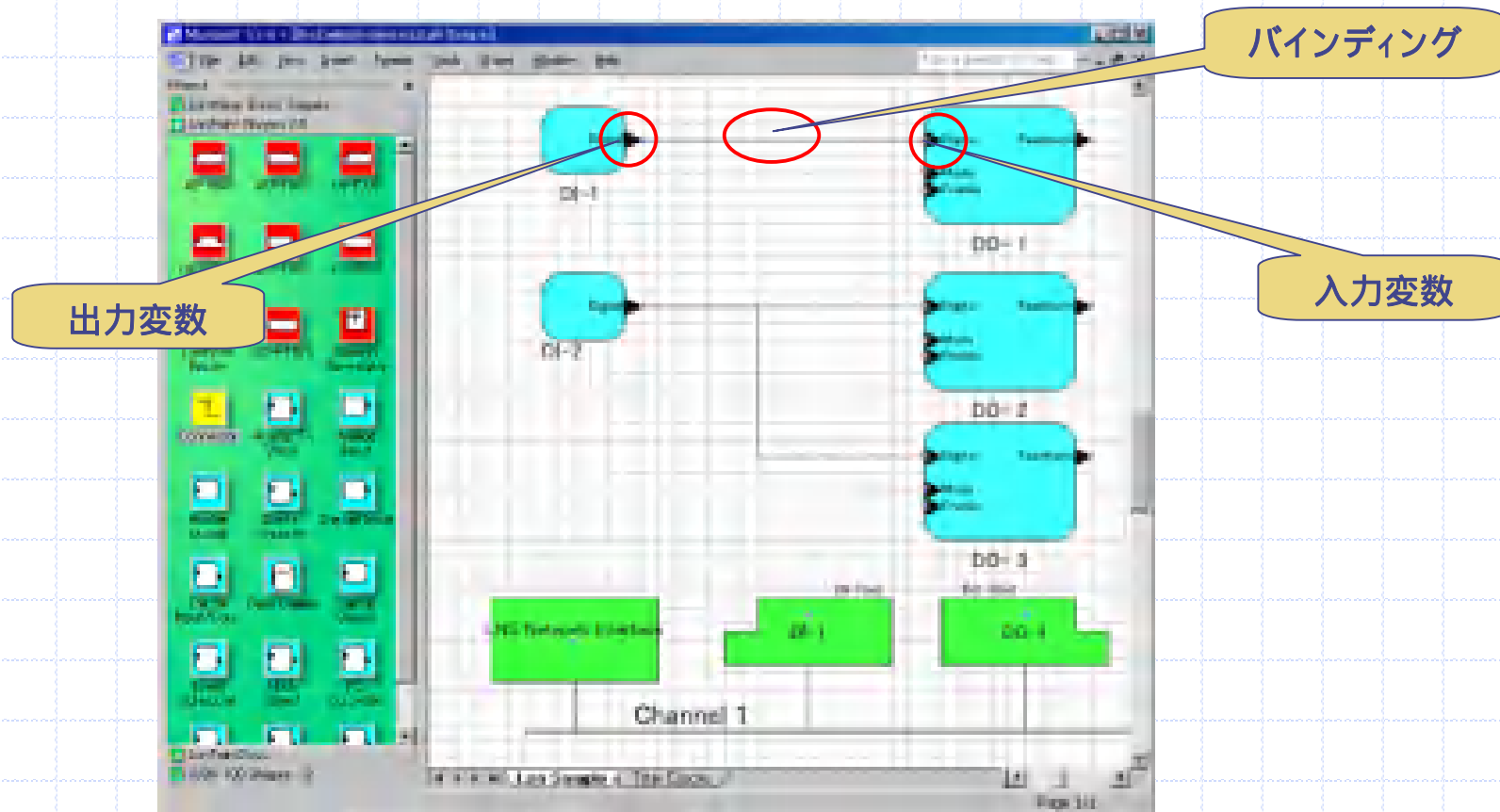


5.1 LonMaker(バインディング)

■用語説明

バインディング

あるデバイスの出力変数とあるデバイスの入力変数を接続することをバインディングと言います。



5.1 LonMaker(その他)

- ◆ バインディングとセクタ
- ◆ 1対多のバインディング
 - グループバインドとエイリアスバインド
- ◆ ファンクションブロックを使ったロジック作成

5.2 Lonアナライザ実演

通信解析ツール実演

- ・ **LonScanner**(エシェロン社製)
- ・ **LPA**(ロイテック社製)
- ・ **ネットワークアナライザ**(テクノソフトシステムニクス社製)