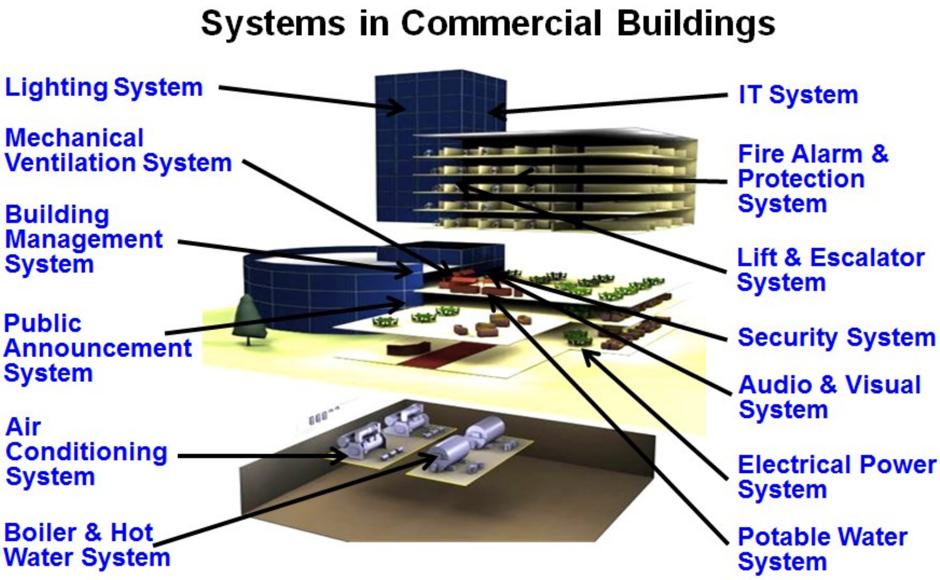
Chapter-9 BAS Network Integration

အဆောက်အဦရှိ service system များ အကောင်းဆုံး လည်ပတ်(operation)နေစေရန်နှင့် တပ်ဆင်ခ၊ ပြုပြင်ထိန်းသိမ်းခ ကုန်ကျစရိတ်များ သက်သာစေရန်အတွက် computerized system များကို တစ်စထက် တစ်စ ပိုမို မှီခိုလာကြသည်။ Facilities manager များနှင့် BAS engineer များသည် networking နှင့် network integration ဘာသာရပ်တို့ကို မဖြစ်မနေ သင်ယူရန် လိုအပ်လာသည်။



ပုံ ၉-၁ အဆောက်အဦး အတွင်းရှိ service system များ

Building Automation System(BAS)များ တွင် အောက်ပါ sub system နှစ်မျိုး ပါဝင်သည်။

(၁) Equipment များ၊ device များ ပုံမှန်အလုပ် လုပ်နေရန်အတွက် real–time control လုပ်ပေးခြင်း၊ automation လုပ်ပေးခြင်း နှင့်

(၂) Data processing system ၊ maintenance management system ၊ factory/production control system စသည့် system များ၏ data များကို process လုပ်ကိုင်ပေးခြင်း တို့ဖြစ်သည်။

Local Area Network(LAN) သည် high-performance digital communication network ဖြစ်ပြီး geographic area တစ်ခုကို ဖြန့်ကျက်(cover)ထားနိုင်သည်။ နှစ်ခု သို့မဟုတ် နှစ်ခုထက် ပိုများသည့် node များ ပါဝင်ပြီး၊ ထို node များသည် တစ်ခုနှင့်တစ်ခု အပြန်အလှန် အဆက်အသွယ်(communicate) လုပ်နိုင်သည်။ Node ဆိုသည်မှာ network အတွင်း လိုချင်သည့် address ကို လိုသလို သတ်မှတ်(set) နိုင်သော addressable device ဖြစ်သည်။ Workstation ၊ Router Network Control Unit(NCU)နှင့် Direct Digital Controller(DDC) များသည် node များဖြစ်ကြသည်။

Local Area Network(LAN) အတွင်း၌ device အချင်းချင်း အချက်အလက်(information)မျိုးစုံကို ဆက်သွယ်(communicate) ပေးပို့နိုင်သည်။ Database upload လုပ်ခြင်း နှင့် download လုပ်ခြင်း၊ field equipment များဆီသို့ command ပေးခြင်း၊ summary များ ရယူခြင်း နှင့် change-of-state message များ လက်ခံခြင်း စသည်တို့သည် node အချင်းချင်း အပြန်အလှန် ပေးပို့သည့် အချက်အလက်များ ဖြစ်ကြသည်။ Network အတွင်း၌ရှိသော DDC များ အချင်းချင်း အပြန်အလှန် ဆက်သွယ်(communicate)နိုင်သည်။ DDC များနှင့် operator workstation တို့လည်း ဆက်သွယ်(communicate)နိုင်သည်။

Local Area Network(LAN) communication standard များမှာ

(၁) Ethernet V802.3

(က) အများဆုံး အသုံးပြုသည့် Local Area Network (LAN) standard ဖြစ်သည်။

(ခ) ဈေးသက်သာခြင်း နှင့် unshielded ၊ twisted pairs ကို transmission medium အဖြစ် အသုံးပြုနိုင်ခြင်းကြောင့် တစ်ထက်တစ်စ ပို၍ အသုံးများလာကြသည်။

(၂) ARCnet (Attached Resource Computer network) နှင့်

(၃) BACnet (Building Automation Control Network) တို့ ဖြစ်သည်။

Benefit of Integrated System

Integrated လုပ်ထားသည့် system များ၏ အားသာချက်များမှာ

(၁) Easier operation of multiple Systems

System များစွာကို တစ်နေရာတည်းမှ အလွယ်တကူ control လုပ်နိုင်သည်။

(၂) Lower customer costs

ကွဲပြားနေသည့် system များကို control လုပ်ရန်အတွက် ဝန်ထမ်းများစွာ မလိုအပ်ပေ။ ကွန်ပြူတာ၊ မော်နီတာ၊ ကီးဘုတ် အနည်းငယ်သာ ဝယ်ယူရန် လိုအပ်ပြီး တပ်ဆင်ရန် နေရာ အနည်းငယ်သာ လိုအပ် သည်။

(၃) Less training time

တစ်နေရာတည်းမှသာ control လုပ်သောကြောင့် ဝန်ထမ်းများအား အသုံးပြုနည်း တစ်မျိုးကိုသာ သင်တန်းပေးရန် လိုအပ်သည်။

(၄) Less database management

Sub-system အားလုံးအတွက် database တစ်ခုတည်း(common database)သာ တည်ဆောက်ရန် လိုသည်။ ပြုပြင်ထိန်းသိမ်းမှု ပြုလုပ်ရန် လိုသည်။

(၅) Less chance of error

တစ်နေရာတည်းမှ control လုပ်သောကြောင့် အမှားပြုလုပ်မိရန် အခြေအနေ နည်းပါးသည်။

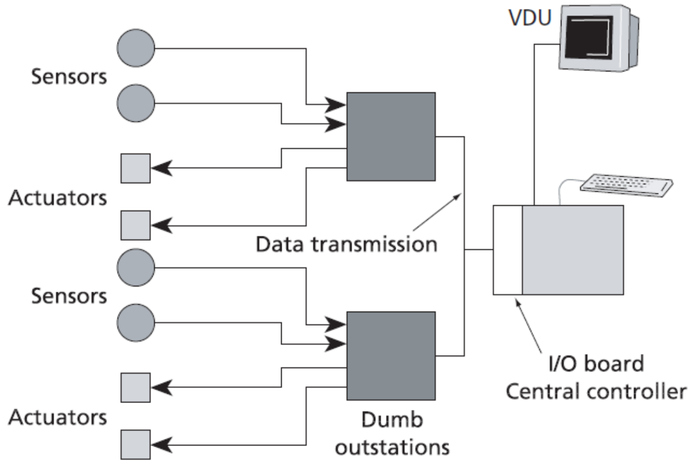
၉.၁ BAS Hardware Architecture

Computer control system များ၏ hardware architecture ဆိုသည်မှာ hardware device များ မည်ကဲ့သို့ ချိတ်ဆက်ထားသည်ကို ဖော်ပြထားခြင်း ဖြစ်သည်။ ချိတ်ဆက်ထားပုံ(connection)ကို ကြည့်၍ ထို hardware များ မည်ကဲ့သို့ ဆက်သွယ်(communicate)ကြသည်ကို သိနိုင်သည်။

Distributed system architecture နှင့် centralized architecture ဟူ၍ နှစ်မျိုး ခွဲခြားနိုင်သည်။ BAS အများစုသည် distributed system architecture ဖြစ်သည်။ သို့သော် centralized architecture သည် သင့်လျော်သည့် အခါတွင် ပို၍ အသုံးဝင်ပြီး၊ တစ်ခါတစ်ရံ တွေ့နိုင်သည်။

၉.၁.၁ Centralized BAS

Centralized building control system များကို လက်ရှိ building control system များတွင် တပ်ဆင်ခြင်းဖြင့် လက်ရှိ control system ၏ လုပ်ဆောင်နိုင်စွမ်း(capabilities)များ ပိုမို မြင့်မားလာနိုင်သည်။ Centralize BAS တွင် central computer တစ်လုံးသာရှိပြီး ထိုcomputer ထဲတွင် application program အားလုံး နှင့် database များ တည်ရှိသည်။ Central computer သည် sensor နှင့် actuator များ အားလုံးကို input/output field panel မှတစ်ဆင့် ဆက်သွယ်သည်။ Communicate လုပ်သည်။ ပုံ(၉-၂)တွင် centralized system တစ်ခု၏ schematic diagram ကို ဖော်ပြထားသည်။ System အတွင်း၌ information များ စီးဆင်းပုံနှင့် data flow ဖြစ်ပုံတို့ကို ဖော်ပြထားသည်။



ပုံ ၉-၂ Centralised controller with dumb outstations

Disadvantages of Centralized BAS (အားနည်းချက်များ)

(၁) Central PC တစ်ခုတည်းကသာ တွက်ချက်မှုများ လုပ်ဆောင်ပေးသည်။ တစ်ခုတည်းသော computing power ဖြစ်ပြီး system တစ်ခုလုံး၏ intelligence device ဖြစ်သည်။ တစ်ပြိုင်နက် monitoring လုပ်ခြင်း၊ တွက်ချက်(calculation)ခြင်း နှင့် control function များအတွက် central PC သည် မနိုင်ဝန် ထမ်းသကဲ့သို့ ဖြစ်နိုင်သည်။

(၂) Centralized BAS ၏ response time သည် နှေးလေ့ရှိသည်။ အထူးသဖြင့် data point များစွာရှိသည့် centralized BAS များတွင် ပို၍ နှေးသည်။

(၃) Central computer ပျက်ခြင်း(fail) သို့မဟုတ် central computer နှင့် field panel များ အကြားရှိ communication ပြတ်ခြင်း စသည်တို့ကြောင့် building control system တစ်ခုလုံး သုံးမရတော့ပါ။

၉.၁.၂ Distributed BAS

ယနေ့ BAS များအားလုံးလိုလိုသည် distributed architecture ပုံစံများ ဖြစ်ကြသည်။

Distributed BAS ၏ အဓိက အစိတ်အပိုင်း(main component) များမှာ

(က) Network communication modules

(ခ) Digital communication network and associated communication protocol(s)

(ဂ) Direct digital controllers(DDC)

(ဃ) System Operator Interface, (typically a workstation PC).

(င) Remote communication devices(where necessary)- modern, telephone links, etc.

Advantage of Distributed BAS (အားသာချက်များ)

(၁) Control system ၏ အစိတ်အပိုင်းတစ်ခု ပျက်ခြင်းသည် ကျန်ရှိသည့် တခြားသောနေရာများနှင့် မသက်ဆိုင်ပေ။ မပျက်သည့် DDC များ အားလုံးသည် သူတို့ဆောင်ရွက်စရာရှိသည့် control function များကို ပုံမှန် ဆောင်ရွက်နေလိမ့်မည်။

(၂) Distributed control system ၌ ရှိသော control response နှင့် alarm response အချိန် အလွန်မြန်သည်။ DDC အားလုံးသည် သူတို့နှင့်သက်ဆိုင်သည့် data processing နှင့် control operation များကို သက်ဆိုင် DDC အတွင်း၌ ရွက်ဆောင်ပေးနေသောကြောင့် ဖြစ်သည်။

(၃) Distributed system များသည် ဈေးသက်သာသည်။ Operate လုပ်ရန် လွယ်ကူပြီး Local Area Network Topologies expansion လုပ်ရန်လည်း မခက်ခဲပေ။ LAN communication အတွက် coax cable ၊ twisted pair သို့မဟုတ် optical fiber များကို အသုံးပြုနိုင်သည်။ Network ကို star ၊ bus သို့မဟုတ် mixed network စသည့် configuration ပြုလုပ်နိုင်သည်။ ပါဝင်သည့် node (participating node) များ၏ geometric wiring layout ကို network topology ဖြင့် ဖော်ပြသည်။

အောက်တွင် network topology များ၏ အားနည်းချက်နှင့် အားသာချက်များကို ဖော်ပြထားသည်။

(က) Bus topology များ အားလုံးတွင် အားနည်းချက် နှင့် အားသာချက်များ ရှိကြသည်။

(၁) Cable များကို node တစ်ခုမှထွက် တခြား node တစ်ခုသို့ဝင် စသည့် ပုံစံမျိုးဖြင့် ဆက်သွယ်ထားသည်။ T-splice ကို အသုံးပြု၍ ဆက်သွယ်ထားသည်။

(၂) Bus ၏ အဆုံးနေရာ၌ resistor ကို အသုံးပြု၍ terminate လုပ်ရသည်။ ထို resistor ကို End of Line(EOL) resistor ဟု ခေါ်သည်။ Signal များ ပြန်ရိုက်ခြင်း(reflection)ကို ကာကွယ်ရန် အတွက် EOL resistor အသုံးပြုခြင်း ဖြစ်သည်။ Impedance mismatch ဖြစ်၍ signal reflection ဖြစ်သည်။ Cable short ဖြစ်ခြင်း(shorted cable) သို့မဟုတ် faulty node တစ်ခုခုကြောင့် bus တစ်ခုလုံး၏ communication ပျက်သွားလိမ့်မည်။

အားသာချက်များ - ကေဘယ်ကြိုး(cable) အနည်းငယ်သာ အသုံးပြုရန် လိုသည်။

အားနည်းချက်များ - Node တစ်ခုပျက်ခြင်းကြောင့် network တစ်ခုလုံး မထိခိုက်နိုင်ပေ။ အကယ်၍ အလွန်ရှည်လျားသော bus(cable length)၌ ချို့ယွင်းချက်(fault) ဖြစ်ပေါ်ခဲ့သော်၊ ထို fault ကို ရှာဖွေရန် အလွန်ခက်ခဲသည်။ နောင်တစ်ချိန် တိုးချဲ့မှုများပြုလုပ်(Future expansion)ရန်အတွက် ကြိုတင်၍ pre-wiring လုပ်ရန်ခက်ခဲသည်။

(ခ) Star topology တွင် active သို့မဟုတ် passive hub တည်ရှိပြီး၊ ထို hub နှင့် node များအားလုံးကို series of radial connection များဖြင့် ဆက်သွယ်ထားသည်။

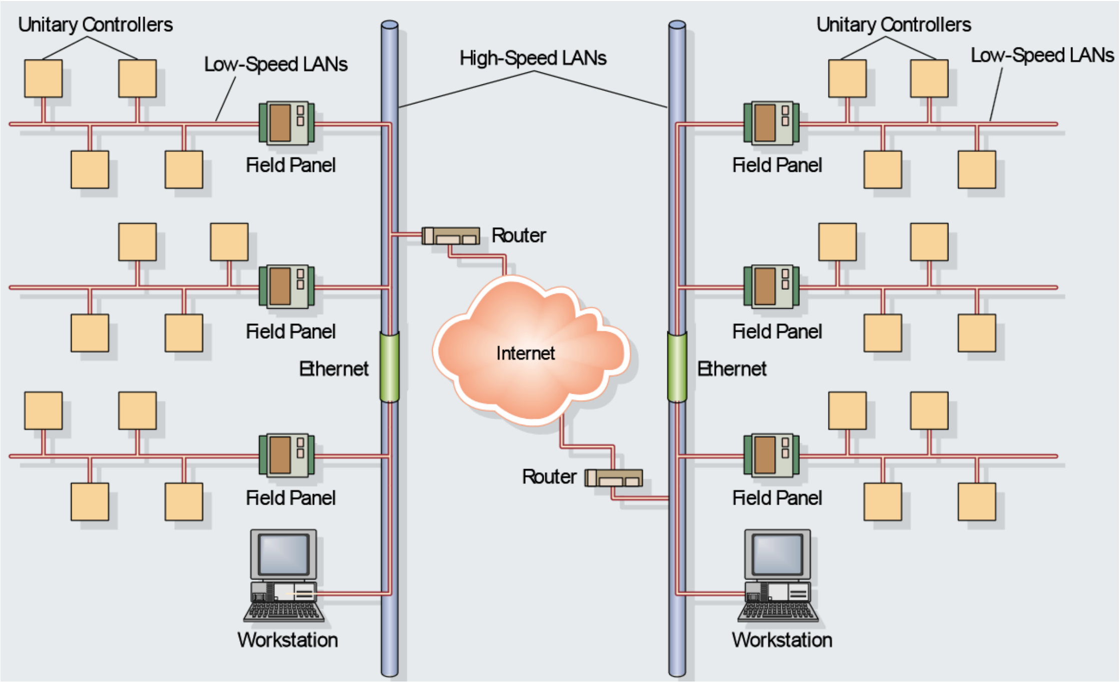
(၁) Active hub သည် signal amplification လုပ်ငန်းကို လုပ်ဆောင်နိုင်စွမ်းရှိပြီး management command များကိုလည်း ဆောင်ရွက်ပေးနိုင်စွမ်း ရှိသည်။

(၂) Active hub သည် အမှား စစ်ဆေးခြင်း(error checking) နှင့် ပြဿနာရှိသည့် node ကိုလည်း electrically isolate (electronic နည်းဖြင့် ဖယ်ထားခြင်း) လုပ်နိုင်သည်။ Passive hub များသည် node များ အပြန်အလှန် ချိတ်ဆက်(interconnect)ရုံသာ လုပ်နိုင်သည်။ Impedance ကိုက်ညီအောင်(matching) ပြုလုပ်နိုင်သည်။

အားသာချက်များမှာ fault ဖြစ်ပေါ်သည့်နေရာ ကန့်သတ်တားဆီးခြင်း(ease of fault isolation)၊ by-passing လုပ်ခြင်း နှင့် faulty ဖြစ်နေသည့် node များကို ပြုပြင်ရန် လွယ်ကူခြင်း တို့ဖြစ်သည်။
အားနည်းချက်များမှာ bus topology ထက် ပိုရှည်လျားသည့် cable များ အသုံးပြုရန် လိုသည်။

(ဂ) Mixed(star and bus) topology

(၁) Network တစ်ခုအတွင်းရှိ component များကို Star ပုံစံ(Star network) နှင့် Bus ပုံစံ (Bus network) နှစ်မျိုးလုံးဖြစ်အောင် ရောနှော၍ ချိတ်ဆက်ထားလျှင် mixed network ဟုခေါ်သည်။



ပုံ ၉-၃ Internet မှ တစ်ဆင့် BAS network နှစ်ခုကို integration လုပ်ခြင်း

၉.၂ Basic of Network Communication

Computerised system များ တစ်ခုနှင့် တစ်ခု အချင်းချင်းအဆင်ပြေစွာ ဆက်သွယ်မှု(communicate) ပြုလုပ်နိုင်ရန်အတွက် အောက်ပါ compatibility ပြဿနာများကို ဦးစွာ ဖြေရှင်းရန် လိုအပ်သည်။

(၁) System များအားလုံးသည် တူညီသော Operating System(OS) သို့မဟုတ် compatible ဖြစ်သော Operating System(OS)များဖြင့် run ထားပြီး၊ တူညီသော(similar) networking capabilities ရှိရမည်။ အသုံးများသော Operating System(OS) များမှာ(DOS ၊ Window ၊ OS/2 ၊ UNIX, etc.....)စသည်တို့ ဖြစ်သည်။

(၂) System များ အားလုံးတွင် တူညီသော network သို့မဟုတ် compatible network အတွင်းတွင် ရှိရမည်။ သို့မဟုတ် network မတူညီပါက သို့မဟုတ် compatible မဖြစ်ပါက (network compatibility မဖြစ်ပါက) convertor gateway စသည် network interface device များကို အသုံးပြု၍ ချိတ်ဆက်နိုင်သည်။ (Ethernet , ARCNET, etc.....)

(၃) System များအားလုံးတွင် compatible ဖြစ်သော Application Program Interface (API) ရှိရမည်။ (NetBIOS, Sockets, etc....)

(၄) System များအားလုံးတွင် တူညီသော protocol သို့မဟုတ် compatible protocol ရှိရမည်။ (OSI, TCP/IP, BACnet, MOD Bus, etc.....)

(၅) အခြား network ရှိ အခြား system များမှ information များကို လှမ်းယူနိုင်ရန်(import လုပ်နိုင်ရန်) system အတွင်းရှိ application software များကို ဒီဇိုင်း ပြုလုပ်ထားရမည်။ Point များကို mapping လုပ်ခြင်း၊ migration လုပ်ခြင်း စသည့်ကိစ္စများအတွက် Net DDE စသဖြင့် ဈေးကွက်တွင် အလွယ်တကူ ရနိုင်သည့် software များကို အသုံးပြု၍ import လုပ်နိုင်သည်။

၉.၂.၁ BUS

Bus ဆိုသည်မှာ Busbar ကို အတိုခေါက် ခေါ်ဆိုခြင်း ဖြစ်သည်။ Digital communication system အတွင်းရှိ source တစ်နေရာ (ပေးပို့မည့်နေရာ)မှ destination တစ်နေရာ (ရောက်ရမည့်နေရာ၊ လက်ခံမည့် နေရာ) သို့ data များ ရောက်အောင် ပို့ဆောင်ရန်(data များသယ်ဆောင်ပေးရန်)အတွက် အသုံးပြုရန် cable ကြိုးများကို "Bus" ဟုခေါ်သည်။

Control system အတွင်း၌ ပေးပို့သည့်နေရာ(source) နေရာများအနက် မည်သည့် source က ပိုအရေးကြီးသည်ဆိုသည့် priority ချမှတ်ပေးထားရသကဲ့သို့ လက်ခံမည့်နေရာ(destination) များ အနက် မည်သည့်နေရာက ပိုအရေးကြီးသည် ဆိုသည့် priority သတ်မှတ် ပေးထားရသည်။

၉.၂.၂ Interface

Interface ဆိုသည်မှာ system တစ်ခုအတွင်း component နှစ်ခု အကြား၌ ရှိသော common boundary သို့မဟုတ် shared boundary ကို ခေါ်ဆိုသည်။ BAS တစ်ခုတွင် DDC နှင့် controlled device အကြား တွင် interface circuit ရှိရန် လိုအပ်သည်။ Controlled device များမှာ motorized valve သို့မဟုတ် motor starter ဖြစ်သည်။

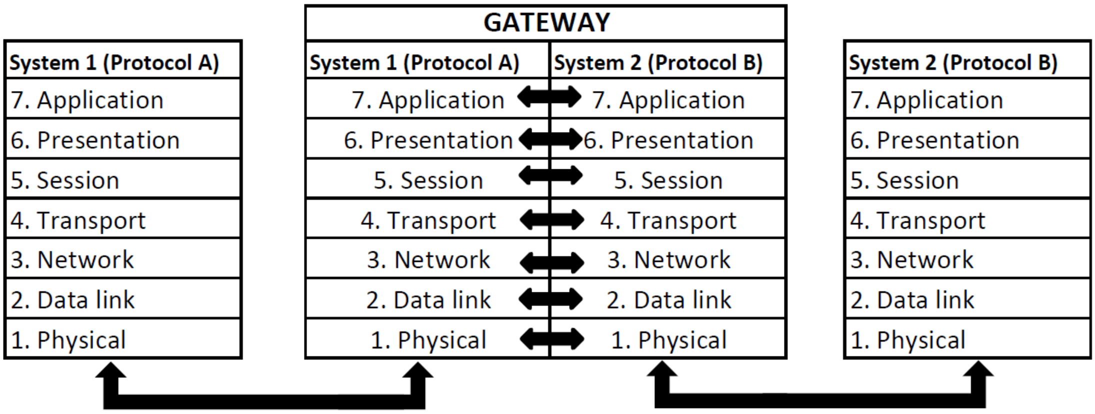
၉.၂.၃ Integrated Control System

Integrated control system တွင် နှစ်ခုထက် ပိုသော dedicated control system များ အချင်းချင်း ဆက်သွယ်(communicate)နိုင်သည်။ သင့်လျော်သည့် protocol နှင့် gateway များကို အသုံးပြု၍ network တစ်ခု အတွင်းရှိ ကွဲပြားသော proprietary system များ အချင်းချင်း ဆက်သွယ် (communicate) နိုင်သည်။ အဆောက်အဦများစွာ ရှိသည့် complex သို့မဟုတ် campus ထဲတွင် အမျိုးမျိုးသော plant များနှင့် service များအတွက် co-ordinated control ဖြစ်အောင် integrated control system မှ ပြုလုပ်ပေးသည်။

၉.၂.၄ Gateway

မတူညီသည့် protocol ကို သုံးထားသည် computer system များ အကြားတွင် translator အဖြစ်ဆောင်ရွက်ပေးသည့် hardware package သို့မဟုတ် software package ကို gateway ဟု ခေါ်သည်။ Network အတွင်းရှိ system များ တစ်ခုချင်းစီသည် translation ပြုလုပ်ပြီး ဆက်သွယ် (communicate)

နိုင်သောကြောင့် မိမိသုံးနေသော protocol ကို ပြောင်းရန် မလိုပေ။ Gateway သည် system တစ်ခုမှ protocol ကို ဘာသာပြန်ပြီး (interpret လုပ်ပြီး) တခြား system တစ်ခုမှ နားလည်သော protocol အဖြစ်သို့ ပြောင်းပြီး၊ ထို system ဆီသို့ information များကို ပို့ပေးသည်။ အောက်တွင် ဖော်ပြထားသော diagram တွင် protocol A နှင့် protocol B ကို သုံးထားသည့် system နှစ်ခုကို gateway မှတစ်ဆင့် ဆက်သွယ် ပေးထားသည်။ Gateway သည် သူနှင့် ချိတ်ဆက်ထားသည့် system များ အားလုံး၏ protocol ကို နားလည်နိုင်စွမ်း ရှိရမည်။



ပုံ ၉-၄ Gateway တစ်ခု အလုပ်လုပ်ပုံကို OSI layer များဖြင့်ဖော်ပြထားပုံ

၉.၂.၅ Hubs/Repeater

မည်သည့် media အမျိုးအစား(type) ဖြစ်ပါစေ၊ နှစ်ခုထက်ပိုသည့် Ethernet segment များကို ချိတ်ဆက်ရန်(connect) အတွက် hubs/repeater များကို အသုံးပြုနိုင်သည်။ အလွန်ကြီးမားသည့် system များတွင် segment များသည် သတ်မှတ်ထားသည့် maximum length ကို ကျော်လွန်သည့် အတွက် signal quality ကျဆင်းလာသည်။ Signal များ ပုံပျက်(deteriorated)လာသည်။ Hub များသည် signal amplification ပြုလုပ်နိုင်သောကြောင့် သတ်မှတ်ထားသည့် အရှည်ထက် ပိုရှည်သည့် segment များကို လက်ခံနိုင်သည်။ Hub တစ်ခုသည် ဝင်လာသည့် incoming signal ကို port အားလုံးထံသို့ repeat လုပ်ပေးနိုင်သည်။ ထို့ကြောင့် repeater ဟု ခေါ်ဆိုခြင်း ဖြစ်သည်။

၉.၂.၆ Bridge

Bridge သည် သီးခြား network နှစ်ခုကို ဆက်သွယ်ပေးသည်။ ချိတ်ဆက်(connect) ပေးသည်။ Bridge သည် အမျိုးအစားမတူသည့် network နှစ်မျိုးကို ချိတ်ဆက်ပေးသလို အမျိုးအစားတူသည့် network နှစ်မျိုးကို တစ်သားတည်းဖြစ်အောင် ပြုလုပ်ပေးသည်။ Ethernet နှင့် Fast Ethernet တို့သည် အမျိုးအစား မတူညီသည့် network နှစ်မျိုး ဖြစ်သည်။ ဟိုဘက်ကမ်းနှင့် ဒီဘက်ကမ်းကို ဆက်စပ် ပေးသည့် သဘော ဖြစ်သောကြောင့် bridge ဟု ခေါ်သည်။ ဒီဘက်က network နှင့် ဟိုဘက် building မှ network ကို ပေါင်းပေး သောကြောင့် bridge ဟု ခေါ်ဆိုခြင်း ဖြစ်သည်။

Network အတွင်းရှိ node များ၌ set ထားသော Ethernet address များကို mapping လုပ်ပြီး လိုအပ်သည့် traffic ကိုသာ bridge က သွားခွင့်ပြုသည်။ Data packet များ bridge ဆီသို့ ရောက်သည့်အခါ လက်ခံရမည့်နေရာ(destination)နှင့် ပေးပို့သည့်နေရာ(source)တို့သည် မည်သည့် network ၏ မည်သည့် နေရာတွင် ရှိသည်ကို ကြည့်ပြီး လမ်းကြောင်း သတ်မှတ်သည်။

ပေးပို့သည့်နေရာ(Source) နှင့် ရောက်ရှိရမည့်နေရာ(destination) တို့သည် segment တစ်ခုအတွင်း၌ ရှိလျှင် ဖယ်ထား(drop လုပ်)သည်။ တစ်နည်းအားဖြင့် filter လုပ်သည်။ Source နှင့် destination တို့သည်

မတူညီသည့် segment နှစ်ခုတွင် (သီးခြား segment တစ်ခုစီတွင်) ရှိလျှင်သာ forward လုပ်သည်။ Data packet ကို ရောက်ရမည့် segment သို့ရောက်အောင် forward လုပ်သည်။ ထို့အပြင် bridge သည် ပျက်စီးနေသည့် data packet သို့မဟုတ် misaligned ဖြစ်နေသည့် data packet ကို forward မလုပ်ပါ။ Bridge များကို '**store and forward**' device များဟု ခေါ်သည်။ Filtering လုပ်မည် သို့မဟုတ် forward လုပ်မည် စသည့် ဆုံးဖြတ်ချက်(decision)ကို မချမှတ်ခင် Ethernet network တစ်ခုလုံးကို အရင်ကြည့်ရှု စစ်ဆေးသောကြောင့် 'store and forward' device ဟု ခေါ်ခြင်း ဖြစ်သည်။

၉.၂.၇ Ethernet Switch

Ethernet switch များသည် Ethernet bridge များ အလုပ်လုပ်ပုံကို ပိုကောင်းအောင် ပြုပြင် ထားခြင်း ဖြစ်သည်။ LAN switch များသည် (၁၀)ခုထက် ပိုများသော network များကို ချိတ်ဆက် ပေးနိုင်သည်။ LAN switch များတွင် cut-through နှင့် store and forward ဟူ၍ အခြေခံအားဖြင့် architecture နှစ်မျိုး ကွဲပြားသည်။ ယခင် အချိန်က cut-through switch များသည် "store and forward" switch များထက် ပိုမြန်အောင် အလုပ်လုပ်နိုင်သည်။ Cut-through switch များသည် destination segment ဆီသို့ data packet ကို forward မလုပ်ခင် destination address ကိုသာ စစ်ဆေးသည်။ Data packet တစ်လုံးကို မစစ်ဆေးပါ။ "Store and forward" switch သည် designation segment ဆီသို့ forward မလုပ်ခင် data packet တစ်ခုလုံးကို စစ်ဆေး(analyze လုပ်) ပြီးမှ ပေးပို့(forward)သည်။

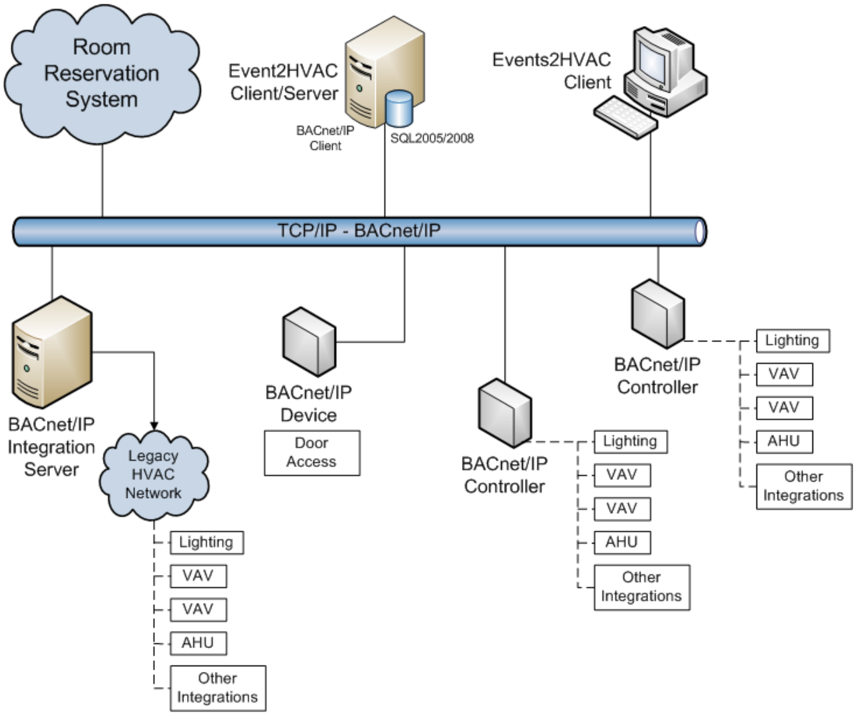
Data packet တစ်ခုလုံးကို စစ်ဆေးသောကြောင့် အချိန်ပိုကြာသည်။ သို့သော် data packet များ၏ error ကို ရှာဖွေနိုင်သည်။ ပျက်စီးနေသည့် data packet များ network အတွင်းတွင် ပျံ့နှံ့မနေအောင် (propagating ဖြစ်မနေအောင်) တားဆီး နိုင်သည်။ ထို switch နှစ်မျိုးလုံးသည် network ကို collision domain အဖြစ် ခွဲခြားနိုင်သည်။ Ethernet switch ရှိသည့် segment တိုင်းသည် 10Mbps bandwidth အပြည့်ကို အသုံးပြုသူ(user) အနည်းငယ်ကသာ share လုပ်သောကြောင့် ပို၍ စွမ်းဆောင်ရည်(performance) ကောင်းသည်။

ယနေ့ခေတ် switch များသည် EDDI ၊ Fast Ethernet သို့မဟုတ် ATM စသည့် high-speed link များနှင့် ချိတ်ဆက် အသုံးပြုနိုင်၍ ပိုမြန်သည်။ High traffic server များအတွက် switch နှစ်ခုကို အတူပေါင်း ပေးခြင်းဖြင့် bandwidth ကို ပိုများစေသည်။ Switch link များစွာ ပေါင်းပြီး ဖွဲ့စည်းထားသည့် network ကို 'Collapsed backbone' network ဟုခေါ်သည်။

၉.၂.၈ Router

Router များသည် data packet များ(traffic) တစ်နေရာမှ တစ်နေရာသို့ ရောက်ရန် သတ်မှတ်ထားသော protocol ဖြင့် စီစစ်၍(filte လုပ်၍)ထိန်းပေးသည်။ Data packet address များဖြင့် filter မလုပ်၊ protocol တူသည် network ဆီသို့ protocol တူသည့် data packet များကိုသာ ရောက်စေသည်။ Router များသည် network ကို logical နည်းဖြင့်သာ ခွဲခြားထားသည်။ Physical နည်းဖြင့် ခွဲခြားမထားပေ။

IP router တစ်ခုသည် network ကို subnet များစွာ ဖြစ်အောင် ခွဲထားသည်။ ထို့ကြောင့် IP address တစ်ခုဆီသို့ ရောက်အောင် သူနှင့်သက်ဆိုင်သည့် segment များကိုသာ ဖြတ်သွားနိုင်သည်။ ဖြတ်သွားရန် လိုသည်။ ထိုကဲ့သို့ intelligent forwarding လုပ်ခြင်းကြောင့် network speed နှေးကွေးသွားနိုင်သည်။ ထိုကဲ့သို့ protocol ဖြင့် filtering လုပ်ခြင်းကြောင့် အချိန်ပိုကြာသည်။ Switch များနှင့် bridge များတွင် data packet address ဖြင့် filter လုပ်ခြင်းကြောင့် အချိန်တိုသည်။ Ethernet address ကိုသာ ကြည့်ရန် လိုသည်။ သို့သော် အလွန့် လွန်ရှုပ်ထွေးများပြားသည် network များတွင် router ကို အသုံးပြုခြင်းဖြင့် network ကြီးတစ်ခုလုံး၏ overall efficiency ပိုကောင်းလာ နိုင်သည်။



ပုံ ၉-၅ HVAC network ၊ lighting controller၊ VAV နှင့် AHU controller တို့ကို integrated လုပ်ထားပုံ

၉.၂.၉ Communications Networks

Polling Network

Polling network တစ်ခုတွင် DDC များစွာနှင့် central DDC တစ်ခု ပါဝင်သည်။ Polling DDC network တွင် DDC များကို အားလုံးကို central DDC နှင့် ချိတ်ဆက်ထားသည်။

Central DDC သည် အလှည့်ကျ DDC controller တစ်ခုနှင့်သာ communicate လုပ်သည်။ Central DDC က အလိုရှိသည့် အချိန်မှသာ DDC တစ်ခုနှင့်သာ communicate လုပ်သည်။ ထို့ကြောင့် network speed နှေးသည်။

Central DDC သည် DDC တစ်ခုချင်းစီမှ information များကို အစီအစဉ်တကျ အလှည့်ကျ တစ်ကြိမ်လျှင် တစ်ခုကျ polling လုပ်သည်။ DDC တစ်ခုမှ alarm ဖြစ်ပေါ်သည်နှင့် တစ်ပြိုင်နက် Central DDC က ချက်ချင်း သိရန် မဖြစ်နိုင်ပေ။ အလှည့်ရောက်အောင် စောင့်ရန် လိုသည်။

Peer-to-Peer Network

Peer-to-Peer network တွင် DDC များအားလုံးနှင့် တစ်ပြိုင်နက် communicate လုပ်နိုင်သည်။ DDC များ အချင်းချင်း တစ်ခုနှင့် တစ်ခု အပြန်အလှန် တစ်ပြိုင်နက် communicate လုပ်နိုင်သည်။(Controllers exchange information immediately)။ အလှည့်ရောက်အောင် စောင့်ရန် မလိုပေ။ DDC controller အားလုံး၌ communicate လုပ်ရန် equal authority ရှိသည်။ Device များအားလုံးသည် information အဆင်သင့် ဖြစ်သည်နှင့် တစ်ပြိုင်နက် စတင်၍ communicate လုပ်ကြသည်။ Input signal လက်ခံခြင်းနှင့် output ထုတ်ပေးခြင်းတို့ တစ်ပြိုင်နက် လုပ်နိုင်သည်။ DDC တစ်ခုသည် ကျန် DDC များ အားလုံးနှင့် communicate လုပ်နိုင်သည်။ စောင့်အချိန်(waiting time) မရှိသောကြောင့် network speed အလွန်မြန်သည်။

ရှေးယခင်က BAS များတွင် data processing ကို လုပ်ဆောင်နိုင်သည့် တစ်ခုသော central processor သာ ပါရှိသောကြောင့် poll response protocol ကို အသုံးများသည်။ ယနေ့ခေတ် BAS များတွင်

DDC များအားလုံး၌ processor ပါရှိသောကြောင့် peer protocol ကို အသုံးများလာသည်။ Master device ဟူ၍ မရှိတော့ပေ။

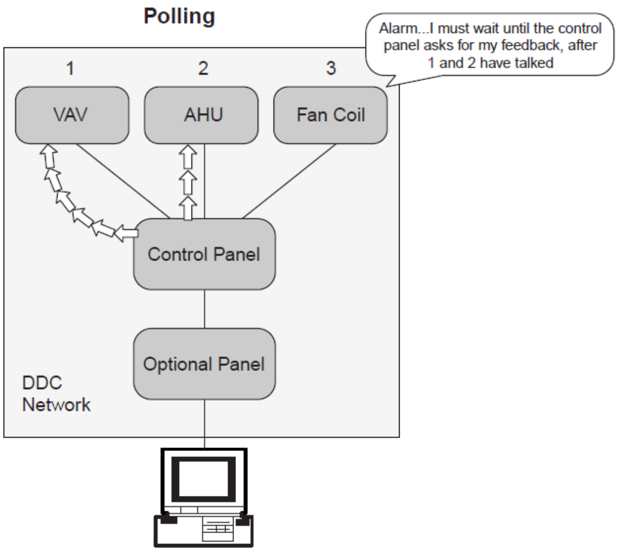
Poll-response communications protocol ထက်စာလျှင် Peer-communications protocol တွင် အောက်ပါ အားသာချက်များ(advantages)ရှိသည်။

(၁) Communication သည် master device တစ်ခုတည်းပေါ်တွင် မမှီခိုပေ။

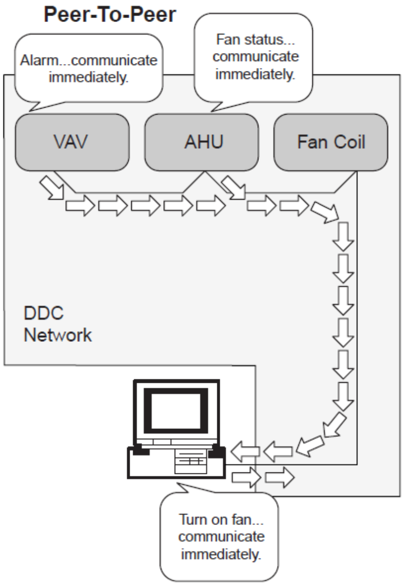
(၂) Bus နှင့် ချိတ်ဆက်ထားသည့် devices များ အချင်းချင်း တိုက်ရိုက် ဆက်သွယ်နိုင်သောကြောင့် central processor မှ တစ်ဆင့် အချက်အလက်များ ဖြတ်သွားရန် မလိုပေ။

(၃) အားလုံးနှင့် သက်ဆိုင်သည့်အချက်အလက်များ(Global messages) ကို bus နှင့် ချိတ်ဆက်ထားသည့် devices များဆီသို့ တစ်ပြိုင်နက် ထုတ်လွှတ်နိုင်သည်။

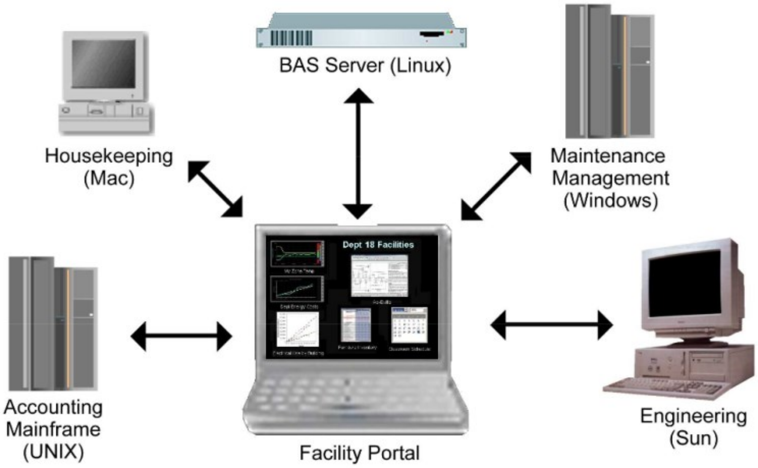
Peer communication တွင် device များ bus ကို ချိတ်နိုင်ခွင့် time slot သည် အလိုလျှောက် အလှည့်ကြ ဖြစ်သည်။ တစ်နည်းအားဖြင့် device များ data transfer လုပ်ရန် bus နှင့် ချိတ်ဆက်နိုင်ခွင့် time slot ကို အလှည့်ကျ ရနေသည်။



ပုံ ပုံ ၉-၆ (က) Polling network



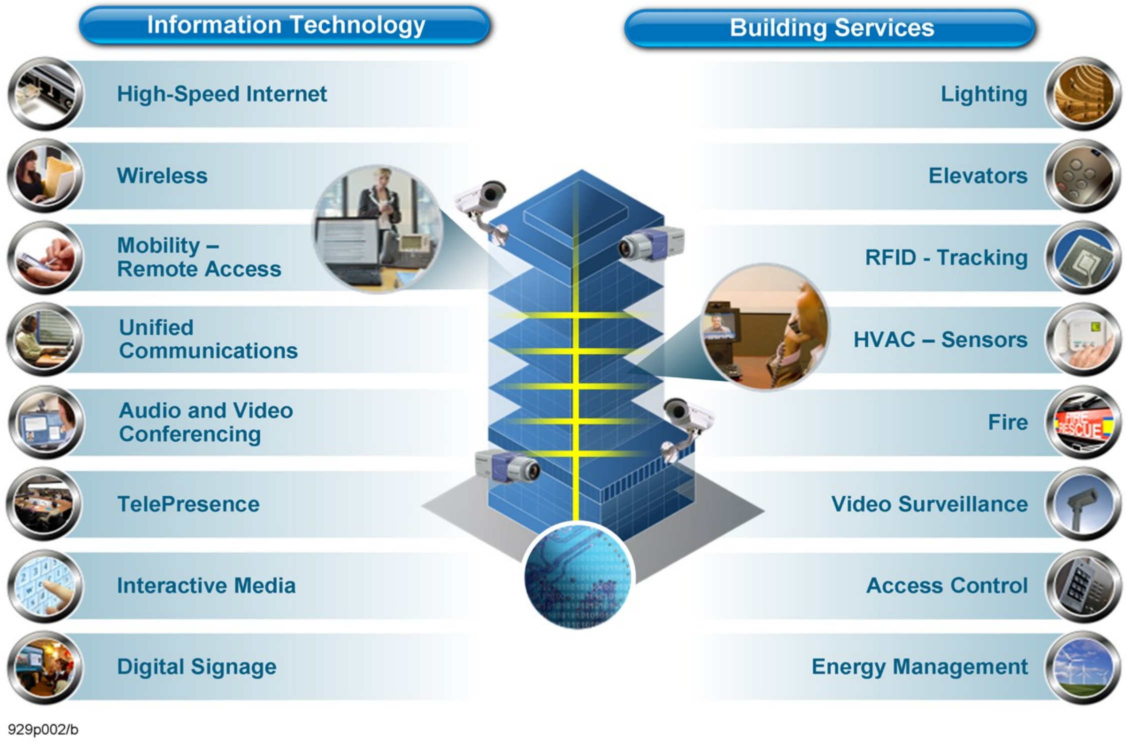
ပုံ ၉-၆ (ခ) Peer-to-Peer network



ပုံ ၉-၇ Integrating information from multiple system into a facility portal

၉.၃ Communication Protocol

Communication protocol ဆိုသည်မှာ computer system များ အချင်းချင်း ဆက်သွယ်ရန် (communicate)အတွက် လိုက်ရမည့်စည်းကမ်းများ(set of rules)ဖြစ်သည်။ Protocolသည် ဘာသာစကားနှင့် တူညီသည်။ ဘာသာစကားတူသူ နှစ်ဦးသားပြောဆို ဆက်သွယ်နိုင်သလို protocol တူသည့် system နှစ်ခုသာ ပြောဆို ဆက်သွယ်နိုင်သည်။ Communicate လုပ်နိုင်သည်။ Talk နိုင်သည်။ ဘာသာစကား မတူသည့် လူနှစ်ဦး ပြောဆိုရန် စကားပြန်(translator) လိုအပ်သကဲ့သို့ protocol မတူသည့် system နှစ်ခု communicate လုပ်ရန်အတွက် gateway လိုအပ်သည်။ Gateway သည် ဘာသာပြန် (translator) အဖြစ် ဆောင်ရွက်ပေးသည်။



ပုံ ၉-၈ Information Technology and Building Services

Communications protocol များသည် BAS ၏ မရှိမဖြစ် လိုအပ်သည့် အရာဖြစ်သည်။ BAS တစ်ခု အတွင်း၌ ထုတ်လုပ်သူအမျိုးမျိုးထံမှ device အမျိုးမျိုး နှင့် controller အမျိုးမျိုးတို့ ရှိနေနိုင်သည်။ တစ်နေရာမှ data များ အခြားတစ်နေရာဆီသို့ ပေးပို့ခြင်း၊ ရယူခြင်း လုပ်ဆောင်ရန်လိုအပ်သည်။

(က) Open Protocol
(ခ) Standard Protocol
(ဂ) Proprietary Protocol ဟူ၍ အခြေခံအားဖြင့် protocol သုံးမျိုး ရှိသည်။

ယနေ့ အသုံးများသည့် communications protocol များကို ဖော်ပြထားသည်။

(၁) Building automation and control network (BACnet®, Modicon®, MODBUS®).
(၂) European installation bus (EIB).
(၃) Local Operating Network Talk (LonTalk®) Echelon Corporation.
(၄) Emerging BAS Internet Protocol (transmission control protocol/Internet protocol [TCP/IP], hypertext transfer protocol [HTTP], extensible markup language [XML]).

Protocol များ နှင့် ထုတ်လုပ်သည့် ကုမ္ပဏီများနှင့်တကွ ဖော်ပြထားသည်။

BACnet	LonWorks	Property Protocols
Alerton Automated Logic control Delta	Invensys Echelon TAC/CSI	Siemens Trane Johnson Controls Honeywell Carrier

၉.၃.၁ Standard Protocol

Industry တစ်ခု သို့မဟုတ် အဖွဲ့အစည်း တစ်ခုမှ တီထွင်ထားသည့် protocol ဖြစ်သည်။ Industry တစ်ခုက ၎င်းတို့၏ လိုအပ်ချက်များကို ဖြည့်ဆည်းရန်အတွက် develop လုပ်ထားသည့် standard ဖြစ်သည်။ Standard protocol အများစုသည် International Standard Organization (ISO) မှ publish လုပ်သည့် Open System Interconnection (OSI) model ကို အခြေခံထားကြသည်။

OSI model ကို computer industry မှ adopte လုပ်ထားပြီး network တစ်ခုအတွင်းရှိ computer တစ်လုံးမှ အခြား network အတွင်းရှိ computer တစ်လုံးဆီသို့ data များ transfer လုပ်လိုသည့်အခါ လုပ်ဆောင်ရန် လိုအပ်သော activity များကို ဖော်ပြထားသည်။

ဉပမာ - EIA/RS 232 Communication, Ethernet Communication တို့ ဖြစ်သည်။

၉.၃.၂ BACnet (Building Automation Control Networking) Protocol

BACnet ၏ နောက်ခံသမိုင်း

BACnet သည် Building Automation Control Networking Protocol ဖြစ်သည်။ BACnet ကို American Society of Heating Refrigeration & Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) အဖွဲ့မှ ၁၉၈၇ တွင် စတင်တီထွင် အသုံးပြုခဲ့သည်။ ASHRAE ကော်မတီတွင် manufacturers ၊ major users ၊ consultants နှင့် စိတ်ဝင်စားသူများ ပါဝင်ကြသည်။

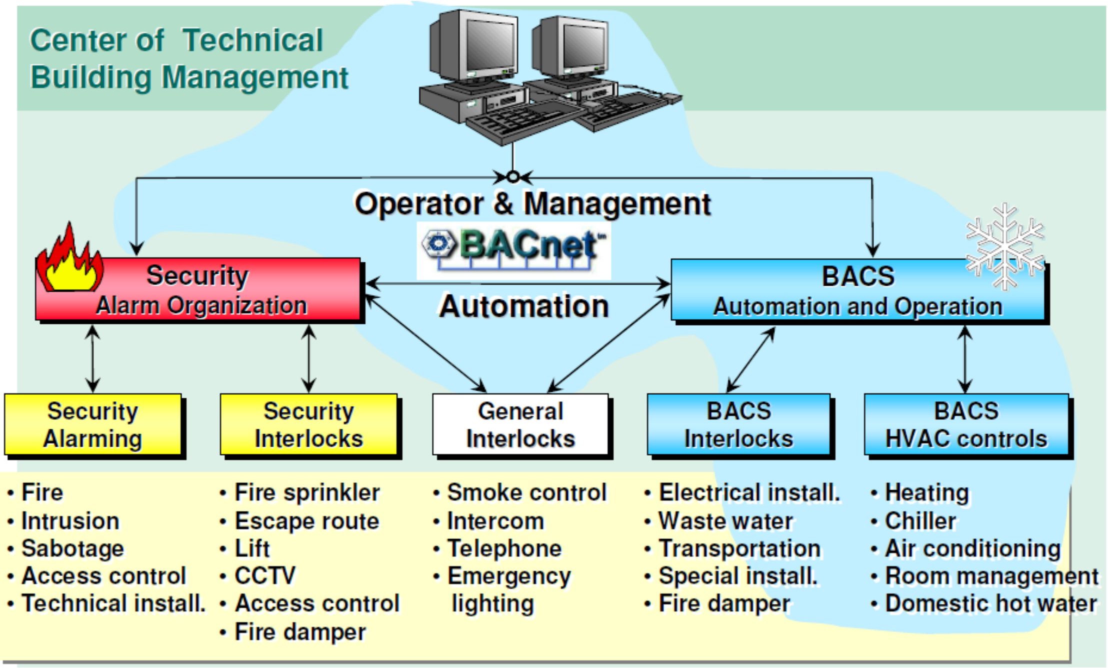
BACnet Protocol ၏ အားသာချက်များ (Strengths)

(က) Global standard ဖြစ်သည်။
(ခ) တိုးတက်လာမည့် နည်းပညာများအတွက်ပါ လိုက်လျောညီထွေ ဖြစ်အောင် ဒီဇိုင်း လုပ်ထားသည်။
(ဂ) Architecture ပုံသေဖြစ်ရန်မလို။ မိမိနှင့် သင့်လျော်သလို ဒီဇိုင်းလုပ်နိုင်သည်။
(ဃ) Device အရေအတွက် ကန့်သတ်ချက် မရှိ။
(င) BACnet protocol ကို အသုံးပြုသည့်အတွက် အခကြေးငွေ ပေးရန် မလိုပေ။
(စ) ကြိုက်သလို မွန်းမံ အသုံးပြုနိုင်သည်။
(ဆ) Vendor များ အားလုံးနီးပါး တညီတညွတ်တည်း ထောက်ခံသည့် protocol ဖြစ်သည်။

Benefits of BACnet

(က) BACnet protocol ကို အသုံးပြုသူ အရေအတွက် အလွန်များသည်။ တစ်နည်းအားဖြင့် ဈေးကွက်ထဲတွင် BACnet protocol ကို အသုံးပြုသည့် device များစွာကို ရွေးချယ်နိုင်သည်။
(ခ) Engineer များနှင့် end user များက အသုံးပြုကြသည်။ Support လုပ်ကြသည်။
(ဂ) HVAC object များ ပြည့်ပြည့်စုံစုံ ရှိထားပြီး ဖြစ်သည်။
(ဃ) EIA/ANSI standard ကို အခြေခံ ထားသည်။

(င)   Robust ဖြစ်သည်။



ပုံ ၉-၉ System integration

BACnet Protocol ၏ အတားအဆီးများ (Obstacles)

(က) Field level တွင် လက်ခံ အသုံးပြုရန် အခက်အခဲရှိသည်။

(ခ)   Interoperability လုပ်နိုင်စွမ်း အားနည်းသည်။ (Lack of interoperability)

(ဂ)   Guidelines အားနည်းသည်။

(ဃ) Testing လုပ်ခြင်း certification ပေးခြင်း ကိစ္စများ ဆောင်ရွက်ဆဲဖြစ်သည်။

(င)   တိတိ ကျကျ specify လုပ်ရန် ခက်ခဲသည်။ (Hard to specify)

(စ)   တိုးတက်မှု နှေးကွေးသည်။ (Speed of development)

(ဆ) HVAC မဟုတ်သည့် လုပ်ငန်းများအတွက် support လုပ်ပေးမှု အားနည်းသည်။

(ဇ)   Device အမျိုးအစား အနည်းငယ်သာ ရနိုင်သည်။ (Limited device offerings)

(ဈ)   Gate way ကို မဖြစ်မနေ အသုံးပြုရန် လိုသည်။ (Gateways still required)

BACnet® သည် ANSI standard building automation and control network protocol ဖြစ်သည်။ ANSI/ASHRAE 135-2004, BACnet2---A Data Communication Protocol for Building Automation and Control Networks ဟု၍ ထင်ရှားသည်။ ၂၀၀၃ ခုနှစ်တွင် BACnet® သည် ISO 16484-5 နှင့် လုံးဝ ကိုက်ညီသည့် protocol ဖြစ်လာသည်။

BACnet networking လုပ်နိုင်သည့် option များမှာ

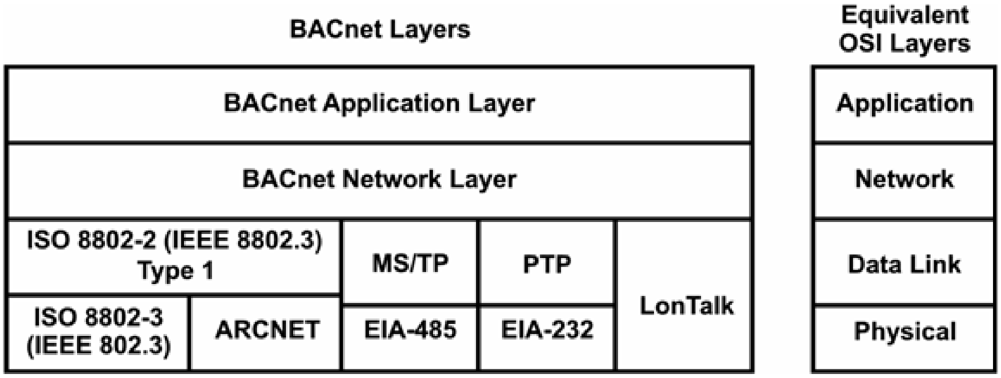
(၁)   Ethernet ARCNET

(၂)   Master-Slave/Token-Passing (MS/TP)

(၃)   Point-to-Point (PTP)

(၄)   Echelon's LonTalk

(၅)   BACnet/IP



ပုံ ၉-၁၀ BACnet layer များ နှင့် Open System Interconnection (OSI) layer များ နှိုင်းယှဉ်ပုံ

BACnet Websites

(၁) www.bacnet.org

(၂) www.bacnetassociation.org

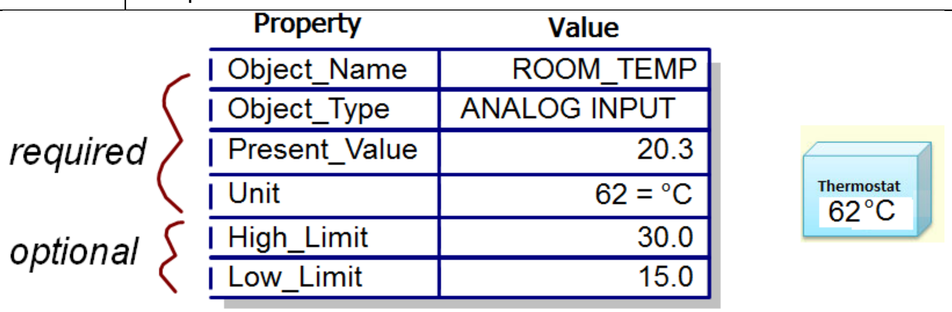
(၃) www.big-eu.org

BACnet မှ သတ်မှတ်ထားသည့် standard object အမျိုးအစား (၂၃)ခုကို အောက်တွင် ဖော်ပြထားသည်။

Table 1. Standard BACnet Objects.

OBJECT	EXAMPLE OF USE
Analog Input	Sensor input
Analog Output	Control output
Analog Value	Setpoint or other analog control system parameter
Binary Input	Switch input
Binary Output	Relay output
Binary Value	Binary (digital) control system parameter
Calendar	Defines a list of dates, such as holidays or special events, for scheduling.
Command	Writes multiple values to multiple objects in multiple devices to accomplish a specific purpose, such as day-mode to night-mode, or emergency mode.
Device	Properties tell what objects and services the device supports, and other device-specific information such as vendor, firmware revision, etc.
Event Enrollment	Describes an event that might be an error condition (e.g., "Input out of range") or an alarm that other devices to know about. It can directly tell one device or use a Notification Class object to tell multiple devices.
File	Allows read and write access to data files supported by the device.
Group	Provides access to multiple properties of multiple objects in a read single operation.
Loop	Provides standardized access to a "control loop."
Multi-state Input	Represents the status of a multiple-state process, such as a refrigerator's On, Off, and Defrost cycles.
Multi-state Output	Represents the desired state of a multiple-state process (such as It's Time to Cool, It's Cold Enough and it's Time to Defrost).
Notification Class	Contains a list of devices to be informed if an Event Enrollment object determines

	that a warning or alarm message needs to be sent.
Program	Allows a program running in the device to be started, stopped, loaded and unloaded, and reports the present status of the program.
Schedule	Defines a weekly schedule of operations (performed by writing to specified list of objects with exceptions such as holidays. Can use a Calendar object for the exceptions.



ပုံ ၉-၁၁ Example of BACnet Analog Input Object

Table 2. Properties of the Analog Input Object.

PROPERTY	BACnet	EXAMPLE
Object_Identifier	Required	**Analog Input #1**
Object_Name	Required	**"AI 01"**
Object_Type	Required	**Analog Input**
Present_Value	Required	**68**
Description	Optional	**"Outside Air Temperature"**
Device_Type	Optional	**"10k Thermistor"**
Status_Flags	Required	**In_Alarm**, **Fault**, **Overridden**, **Out_Of_Service** flags
Event_State	Required	**Normal** (plus various problem-reporting states)
Reliability	Optional	**No_Fault_Detected** (plus various fault conditions)
Out_Of_Service	Required	**FALSE**
Update_Interval	Optional	**1.00** (seconds)
Units	Required	**Degrees-Fahrenheit**
Min_Pres_Value	Optional	**-100.0**, minimum reliably read value
Max_Pres_Value	Optional	**+300.0**, maximum reliably read value
Resolution	Optional	**0.1**
COV_Increment	Optional	Notify if Present_Value changes by increment: **0.5**
Time_Delay	Optional	Seconds to wait before detecting out-of-range: **5**
Notification_Class	Optional	Send COV notification to Notification Class Object: **2**
High_Limit	Optional	**+215.0**, Upper normal range
Low_Limit	Optional	**-45.0**, Lower normal range
Deadband	Optional	**0.1**
Limit_Enable	Optional	Enable **High-limit-reporting**, **Low-limit-reporting**.
Event_Enable	Optional	Enable **To_Offnormal**, **To_Fault**, **To_Normal** change reporting.
Acked_Transitions	Optional	Flags indicating received acknowledgments for above changes.
Notify_Type	Optional	**Events** or Alarms

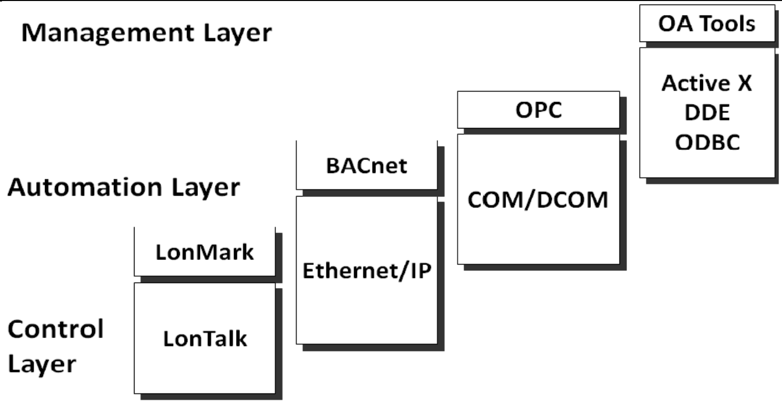
Table 3. **Properties of the Device Object.**

PROPERTY	BACnet	EXAMPLE
Object_Identifier	Required	Device #1076
Object_Name	Required	"Office 36 DD Control"
Object_Type	Required	Device
System_Status	Required	Operational (plus others)
Vendor_Name	Required	"Alerton Technologies, Inc."
Vendor_Identifier	Required	Alerton
Model_Name	Required	"VAV-DD Controller"
Firmware_Revision	Required	"1.0"
Application_Software_Version	Required	"Dual-Duct DDC"
Location	Optional	"Office 36, Floor 3"
Description	Optional	"(on network 5)"
Protocol_Version	Required	1 (BACnet protocol version)
Protocol_Conformance_Class	Required	2
Protocol_Services_Supported	Required	readProperty, writeProperty, atomicWriteFile,...
Protocol_Object_Types_Supported	Required	Analog Input, Analog Output,...
Object_List	Required	Analog Input #1, Analog Input #2, ...
Max_APDU_Length_Supported	Required	50 (bytes or characters)
Segmentation_Supported	Required	No
VT_Classes_Supported	Optional	n/a
Active_VT_Sessions	Optional	n/a
Local_Time	Optional	30:15.2
Local_Date	Optional	Tuesday, March 12, 1996
UTC_Offset	Optional	+480 (minutes from GMT/UTM)
Daylight_Savings_Status	Optional	False (not in effect)
APDU_Segment_Timeout	Optional	n/a
APDU_Timeout	Required	3000 milliseconds
Number_Of_APDU_Retries	Required	0
List_Of_Session_Keys	Optional	n/a
Time_Synchronization_Recipients	Optional	n/a
Max_Master	Optional	n/a
Max_Info_Frames	Optional	n/a
Device_Address_Binding	Required	None

Table 4. **Alarm and Event Services**

SERVICE	BACnet	DESCRIPTION
AcknowledgeAlarm	C	Used to tell sender of alarm that a human has seen the alarm.
ConfirmedCOVNotification	C	Tells subscribing devices of the COV that occurred in a property.
ConfirmedEventNotification	C	Used to tell sender of a possible error condition.

GetAlarmSummary	C	Requests from a device a list of "active alarms," if any.
GenEnrollmentSummary	C	Requests a list of "event" (possible error) generating objects.
SubscribeCOV	C	Sent by a device to request that it be told of COVs in an object.
UnconfirmedCOVNotification	U	Tells subscribing devices that a change has occurred to one or more properties of a particular object.



ပုံ ၉-၁၂ Protocol များကို network layar များဖြင့် နှိုင်းယှဉ်ပုံ

၉.၃.၃ LonTalk®

LON ၏ အဓိပ္ပာယ်သည် Local Operating Network(LON) ဖြစ်သည်။ LonTalk သည် Peer to Peer protocol ဖြစ်သည်။ LonTalk protocol သည် electronic component များ အချင်းချင်း သတင်းအချက်အလက်များ ဖလှယ်(data exchange) ရာတွင် အသုံးပြုသည့် သဘောတူညီချက် (ဘာသာစကား) ဖြစ်သည်။

LonTalk® သည် Echelon Corporation မှ LonWorks® နည်းပညာဖြင့် interoperable control network များအတွက် တီထွင်ထားသည့် protocol တစ်ခု ဖြစ်သည်။ ၁၉၈၈ ခုနှစ်တွင် Echelon မှ LonWorks platform ကို စတင်တီထွင်ခဲ့သည်။ Echelon နှင့် LonMark user များက LonMark® Interoperability Association ကို ၁၉၉၄ ခုနှစ် မေလတွင် စတင်ဖွဲ့စည်းခဲ့သည်။ LonMark Association မှ certified လုပ်ထားသည့် device များသည် LonMark တံဆိပ်(logo) ကပ်ခွင့်ရှိပြီး LonMark device ဟု သတ်မှတ်ခြင်းခံရသည်။ မည်သည့် LonWorks network တွင် မဆို တပ်ဆင် အသုံးပြုနိုင်သည့် device ဖြစ်သည်ဟု ဆိုလိုသည်။ LonWorks ကို intelligent device များ ချိတ်ဆက်ထားသည့် distributed control network များတွင် အသုံးပြုသည်။

Local Operating Network(LON) နှင့် ချိတ်ဆက်နိုင်သည့် media အမျိုးအစား(type) များမှာ

(၁) Electrical power lines (e.g., power line carrier)

(၂) Balanced twisted-pair cabling may be supported by any recognized topology (e.g., bus, ring, star)

(၃) Optical fiber cabling

(၄) Coaxial cabling

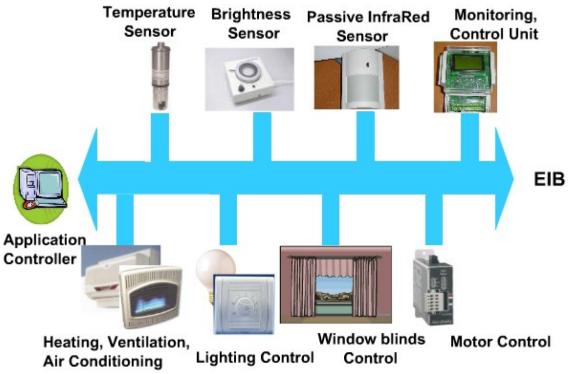
(၅) Wireless

LonWorks network အတွင်းရှိ LonMark device များတွင် Neuron® chip ဟုခေါ်သည့် intelligent microprocessor ပါရှိသည်။ Neuron® chip သည် processing လုပ်ငန်း နှင့် communicating လုပ်ငန်းများကို ဆောင်ရွက်ပေးသည်။

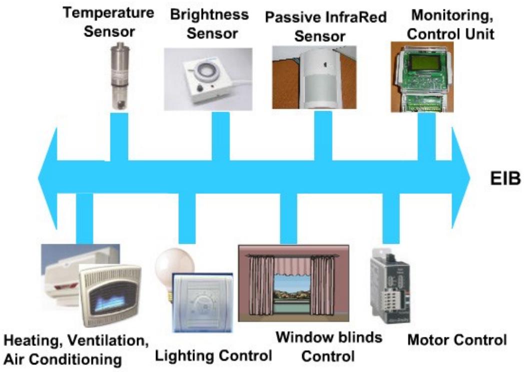
Toshiba နှင့် Cypress Semi-conductor Corporation တို့သည် Echelon ၏ လိုင်စင်ခွင့်ပြုချက်(licensing agreements)ဖြင့် Neuron® chip များကို ထုတ်လုပ်ကြသည်။ အခြား protocol များနှင့် မတူညီသည့် အချက်မှာ LonWorks သည် OSI model မှ အလွှာ (၇)လွှာ(seven layers)လုံးကို အသုံးပြုထားသည်။

LonWorks Strengths
- Gaining momentum
- Good field bus solution
- HVAC, lighting, security, fire, sun blinds, lifts
- Widely adopted (worldwide)
- Interoperability

LonMark Obstacles
- Number of available devices
- High level implementation
- Lack of support from engineers
- Echelon ownership of technology and marks
- Not native IP



ပုံ ၉-၁၃ EIB centralized system



ပုံ ၉-၁၄ EIB decentralized system

၉.၃.၄ Modbus Protocol

Modbus protocol သည် serial communications protocol ဖြစ်သည်။ Communicate လုပ်လိုသည့် device များကို အတန်းလိုက်ပုံစံ(series form)ဖြင့် ချိတ်ဆက်ထားသောကြောင့် serial communication ဟုခေါ်သည်။ ၁၉၇၉ခုနှစ်တွင် Schneider Electric (ယခင်အခေါ် Modicon) မှ Programmable Logic Controllers (PLCs) များအတွက် တီထွင်ခဲ့သည်။ ရိုးရှင်းပြီး စိတ်ချရသည့် communication protocol ဖြစ်သည်။ စက်မှုလုပ်ငန်းများ(industrial)တွင် အသုံးပြုသည့် electronic device များ အပြန်အလှန် ချိတ်ဆက်ရန်ရာတွင် အသုံးများသည့် protocol ဖြစ်သည်။ Network တစ်ခုအတွင်း၌ device ပေါင်း (၂၄၇)အထိ ချိတ်ဆက်၍ communicate လုပ်နိုင်သည်။ Supervisory computer မှ remote terminal unit (RTU)များကို control လုပ်ရန် နှင့် data acquisition လုပ်ရန်အတွက် အသုံးပြုသည်။

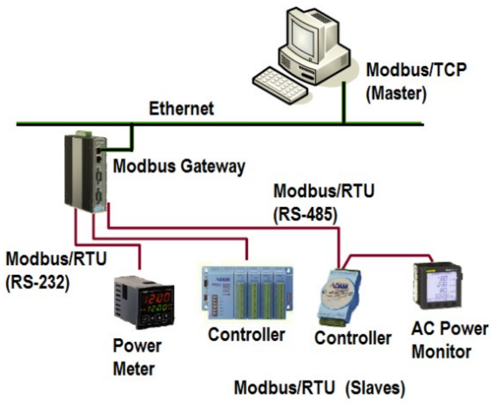
၂၀၀၄ခုနှစ်တွင် Modbus protocolကို Modbus organization မှ ပိုကောင်းအောင် ထပ်မံပြုပြင်ခဲ့သည်။ Schneider Electric မှ မူပိုင်ခွင့်များကို Modbus organization သို့ လွှဲပြောင်းပေးခဲ့သည်။ MODBUS message များအားလုံးတွင် တူညီသည့် တည်ဆောက်ပုံ(structure) ရှိကြသည်။
MODBUS message structure တွင် အောက်ပါ အချက်များ ပါဝင်သည်။

(၁) Device address—Address of the receiver.

(၂) Function code—Code defining message type.

(၃) Data—Data block with additional information.

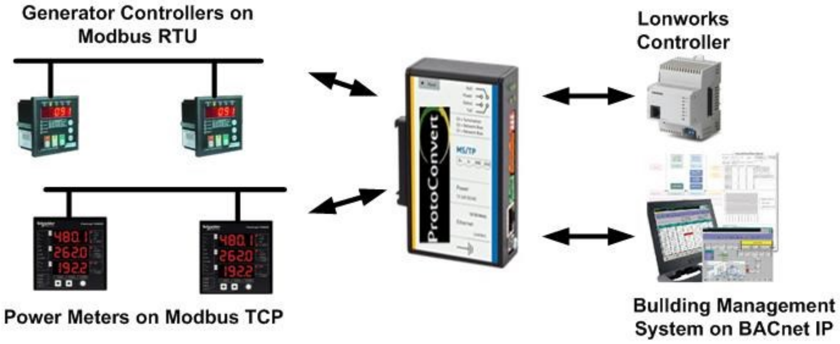
(၄) Error check—Numeric check value to test for communication errors.



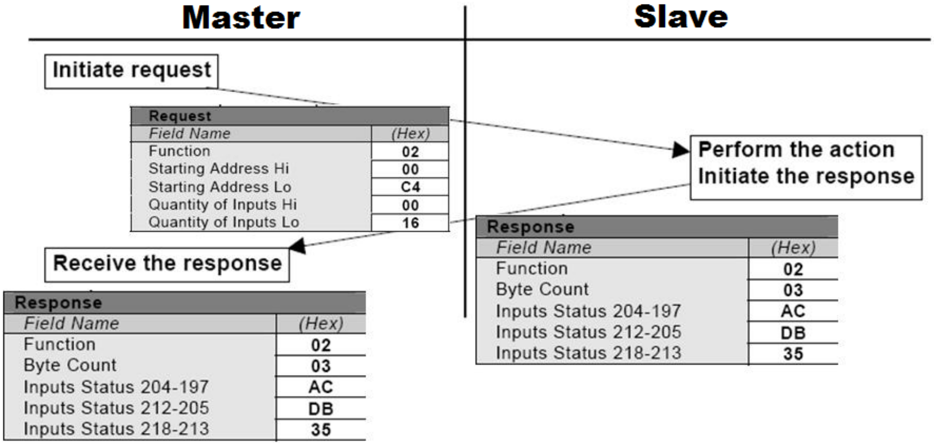
ပုံ ၉-၁၅ Modbus connection

Serial MODBUS network များတွင် master device နှင့် slave device ဟူ၍ နှစ်မျိုးရှိသည်။ Data များ ပေးပို့ရန် အတွက် master မှ စတင်၍ initiate လုပ်သည်။ slave device မှ တုန့်ပြန်သည်။ MODBUS serial communication ၏ message များအားလုံးကို code လုပ်ထားသည်။

American Standard Code for Information Interchange(ASCII)နှင့် Remote Terminal Unit(RTU) ဟူ၍ MODBUS transmission mode နှစ်မျိုးရှိသည်။



ပုံ ၉-၁၆ Modbus RTU နှင့် Modbus TCP



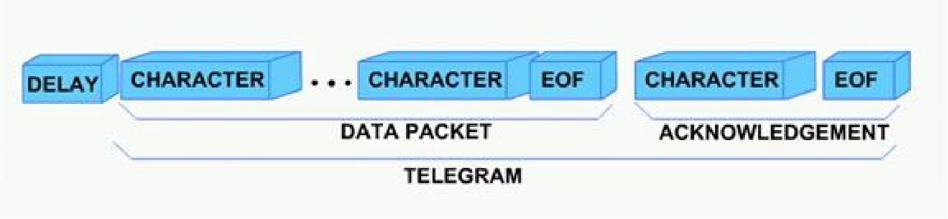
ပုံ ၉-၁၇ Modbus message များ အပြန်အလှန် ပေးပို့(transfer)ပုံ

ASCII transmission mode တွင် message များအားလုံးကို ASCII format ဖြင့် code လုပ်ထားသည်။ Remote Terminal Unit (RTU) transmission mode သည် binary coding ဖြစ်သည်။ RTU transmission mode တွင် message အရွယ်အစားများ သေးငယ်သည်။ တူညီသည့်အချိန်အတွင်း message များများကို transmit လုပ်နိုင်သည်။

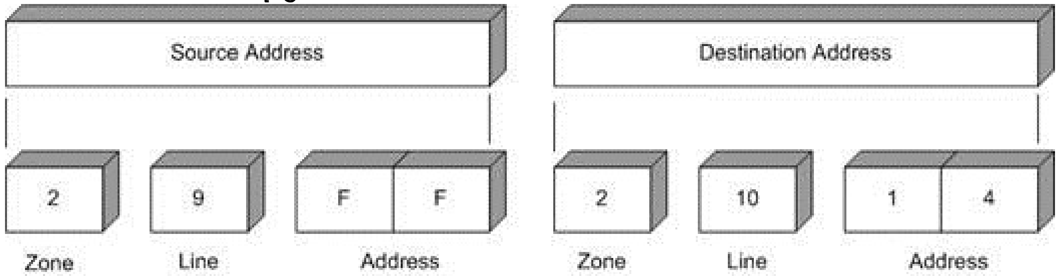
TCP/IP သို့မဟုတ် Ethernet connection များ အတွက် MODBUS protocol ကို အသုံးပြုသည့် MODBUS/TCP ဟူ၍ တီထွင်ထားသည်။ TCP frame အတွင်း၌ MODBUS frame ထည့်ထားသည့် ပုံစံမျိုးဖြစ်သည်။

Modbus serial ဝါယာများသည် RS232 သို့မဟုတ် RS422/485 connection တို့ ဖြစ်သည်။ 2-wire သို့မဟုတ် 4-wire ဖြစ်နိုင်သည်။ Polyethylene insulation ဖြင့် 24 AWG [(0.51 mm (0.020 in)] conductor

ဖြစ်သည်။ Twisted pairs ဝါယာများကိုလည်း အသုံးပြုနိုင်သည်။ MODBUS/TCP တွင် category 6 ကေဘယ်များကို အသုံးပြုသည်။



ပုံ ၉-၁၈ Structure of an EIB compliant telegram



ပုံ ၉-၁၉ Address structure for source and destination of telegram (system accessing mode)

၉.၃.၅ European Installation Bus (EIB)

European Installation Bus (EIB)သည် ၁၉၉၀ တွင် Siemens မှ တီထွင်ထားသည့် industry standard protocol ဖြစ်သည်။ ၂၀၀၂ တွင် စက်မှုလုပ်ငန်းပေါင်း ၁၁၀ ပါဝင်သည့် EIB Association (ELBA)ဟု ထင်ရှားသည့်အဖွဲ့မှ ဝိုင်းဝန်းထောက်ခံခဲ့သည့် protocol ဖြစ်သည်။ EIB သည် modular ပုံစံမျိုးဖြစ်သည်။ Multi-vendor environment တွင် လုပ်ငန်းမျိုးစုံအတွက် အသုံးပြုရန် ရည်ရွယ်၍ တီထွင်ခဲ့ခြင်း ဖြစ်သည်။

EIB ကို မည်သည့် topology နှင့် မဆို အသုံးပြုနိုင်သည်။ Carrier sense multiple access with collision avoidance (CSMA/CA) protocol ကို အခြေခံထားသည့် serial communication ဖြစ်သည်။ Network အတွင်းရှိ device များ အချင်းချင်း common bus ကို သုံး၍ communicate လုပ်နိုင်သောကြောင့် ကေဘယ်ကြိုး သွယ်တန်းရန် ကိစ္စများ နှင့် bridging လုပ်ခြင်းကိစ္စများ လျှော့ချနိုင်သည်။

အောက်တွင် transmission media များကို အသုံးပြု၍ home ၊ office ၊ building automation လုပ်ငန်းများကို EIB ဖြင့် ပြုလုပ်နိုင်သည်။

(က) Balanced twisted-pair cabling (9600 b/s).

(ခ) Electrical power lines (e.g., power line carrier, 1200 b/s).

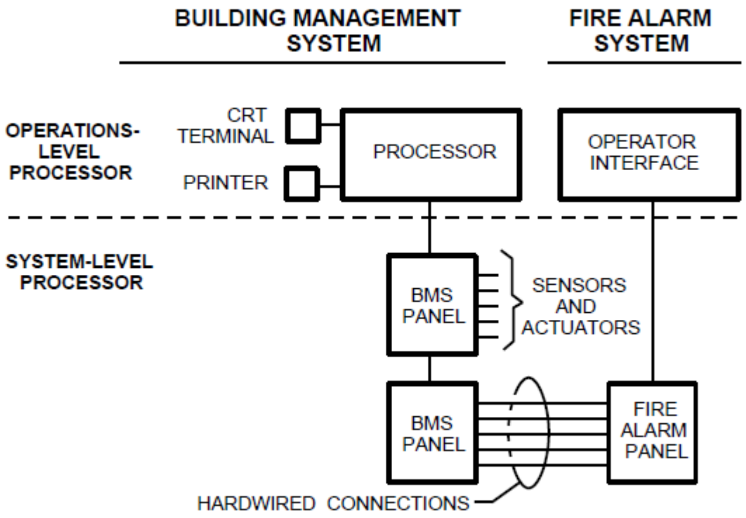
(ဂ) Radio frequency (RF [19 200 b/s, 868 MHz band]).

Advanced Network for unified building integration services (ANubis) သည် powerful protocol ဖြစ်သည်။ Internet ၊ intranet နှင့် extranet တို့မှ တစ်ဆင့် integration လုပ်ရန်အတွက် object model ဖြစ်သည်။ EIB ANubis protocols သည် မည်သည့် IP network အတွက်မဆို အသုံးပြုနိုင်သည်။

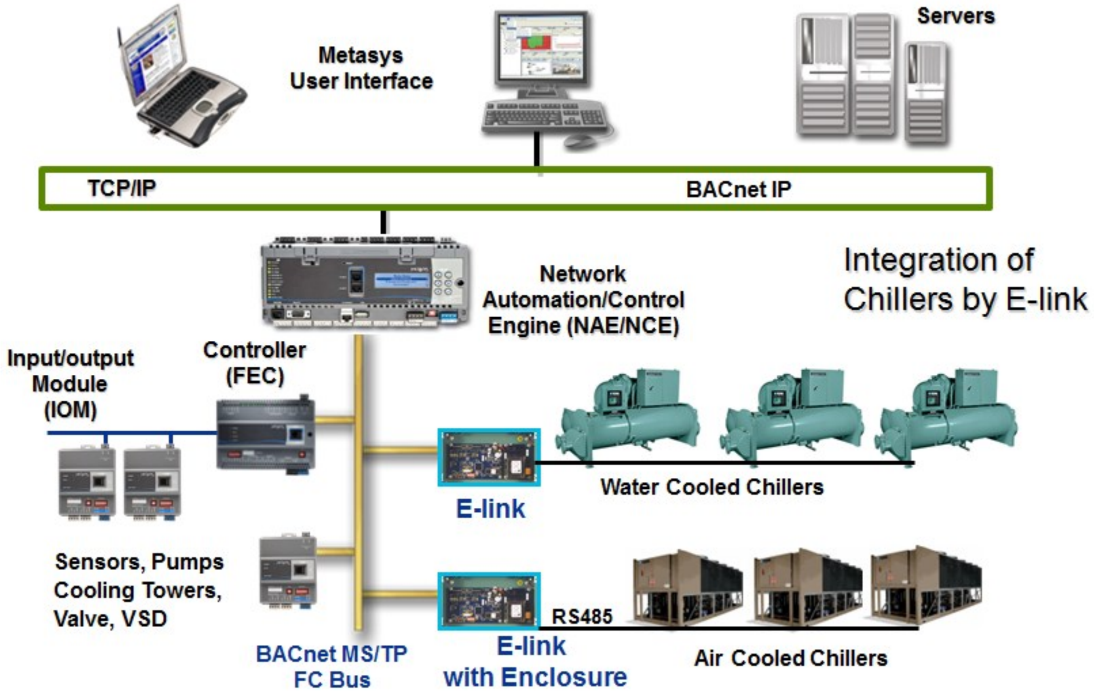
၉.၃.၆ Proprietary Protocol

Proprietary protocol များသည် Johnson Controls၊ Honeywell၊ Siemen စသည့် ကုမ္ပဏီတစ်ခုခုက သီးသန့်တီထွင်ထားသည့် protocol ဖြစ်သည်။ Proprietary protocol များ အကြောင်းကို ဤစာအုပ်တွင် မဖော်ပြထားပါ။

၉.၄ Low Level Interfacing and High Level Interfacing



ပုံ ၉-၂၀ surface integration သို့မဟုတ် hard wired integration



ပုံ ၉-၂၁ High level interfacing သို့မဟုတ် high level integration

၉.၄.၁ Hard Wired Integration or Low Level Interfacing

Hard wired integration ဆိုသည်မှာ sub-system တစ်ခုမှ input/output point တစ်ခုချင်းစီကို ဝါယာကြိုးဖြင့် ချိတ်ဆက်ခြင်းကို ဆိုလိုသည်။ Surface integration သို့မဟုတ် low level interfacing လုပ်သည့် ဟူ၍လည်း ပြောဆိုလေ့ရှိသည်။ အသက်အန္တရာယ်နှင့် သက်ဆိုင်သည့် input/output point များကို hard wired ဖြင့်သာ integration လုပ်ခွင့်ပြုသည်။ အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော် hard wired integration အလွန်စိတ်ချရသည့်နည်း ဖြစ်သည်။ Software integration မဟုတ်သောကြောင့် controller များ၊ router များ software များ၊ program များနှင့် မသက်ဆိုင်တော့ပေ။

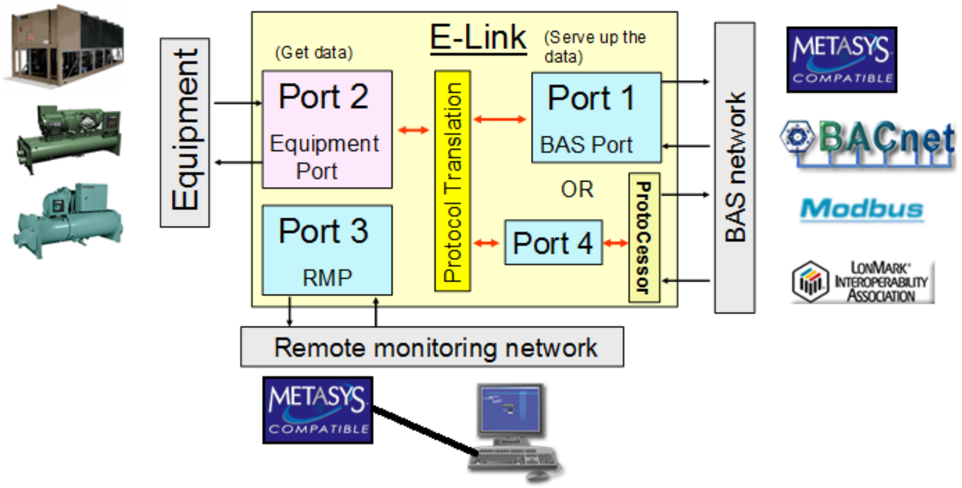
ဥပမာ မီးလောင်သည့်အခါ ACMV system ရှိ AHU များနှင့် FCU များ ပိတ်ရန်(shutdown)အတွက် fire alarm system မှ activation point နှင့် hard wired ဖြင့် integrate လုပ်ရမည်။ Lift များ homing လုပ်ရန်အတွက် fire alarm system မှ activation point ချိတ်ဆက်ရမည်။

၉.၄.၂ High Level Interfacing

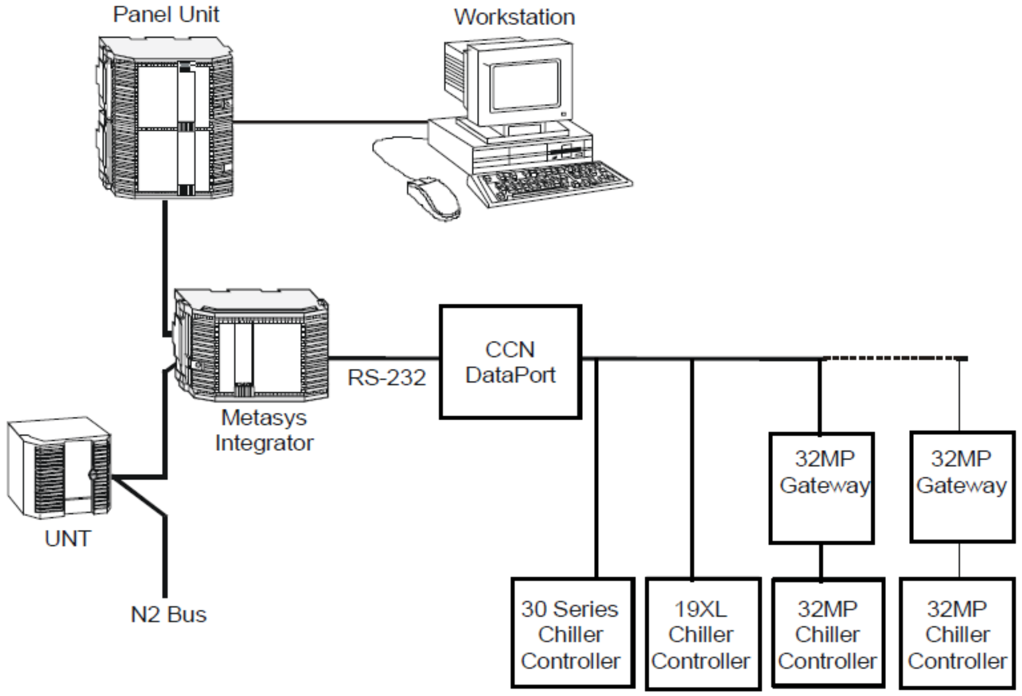
ကိုယ်ပိုင် control system ပါရှိသည့် equipment များဖြစ်ကြသော chiller ၊ air compressor ၊ generator ၊ Computer Room Air Conditioning unit(CRAC unit) များ၏ input/output point တစ်ခုချင်းစီကို integrate လုပ်ရန် ကုန်ကျစရိတ် အလွန်များလိမ့်မည်။ Serial communication ဖြင့် equipment အတွင်းရှိ အချက်အလက်အားလုံးကို တစ်ပြိုင်နက် ရယူနိုင်သည်။ ထိုနည်းသည် "**High level Interfacing**" ဖြစ်သည်။ အောက်တွင် York တံဆိပ် water cooled chiller များနှင့် air cooled chiller များမှ information များကို high level interface လုပ်၍ Building Automation System (BAS) နှင့် integration လုပ်ပုံကို ဖော်ပြထားသည်။ High level interface လုပ်သည့် device သည် Johnson Controls မှ ထုတ်လုပ်သည့် E-link ဖြစ်သည်။

Table 1. Recommended chiller-monitoring points per ASHRAE Standard 147

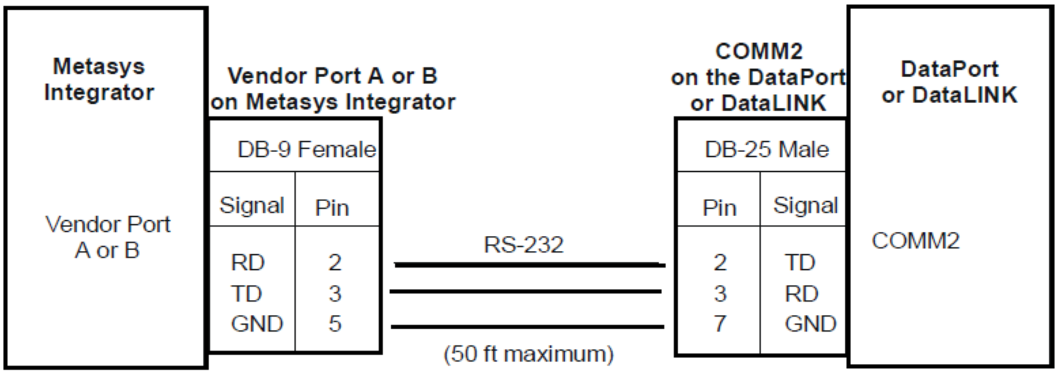
Chilled Water (or other secondary coolant)	Flow Flow	Condenser Water	Flow Flow
	Inlet Pressure		Inlet Pressure
	Inlet Temperature		Inlet Temperature
	Outlet Pressure		Outlet Pressure
	Outlet Temperature		Outlet Temperature
Evaporator	Refrigerant Pressure	Condenser	Refrigerant Pressure
	Refrigerant Temp.		Refrigerant Temp.
Oil	Level	Refrigerant	Level
	Pressure		Compressor Discharge Temp.
	Temperature		Compressor Suction Temp.
	Vibration Levels		PPM Refrigerant Monitor Level
Purge	Exhaust Time	Logs	Date and Time Data
	Discharge Count		Signature of Reviewer
Ambient Temperatures	Dry Bulb	Ambient Temperatures	Amps Per Phase
	Wet Bulb		Volts Per Phase



ပုံ ၉-၂၂ E-link နှင့် ချိတ်ဆက်နိုင်သည့် protocol များ



Carrier CCN DataPort Device and Metasys Companion System Integration

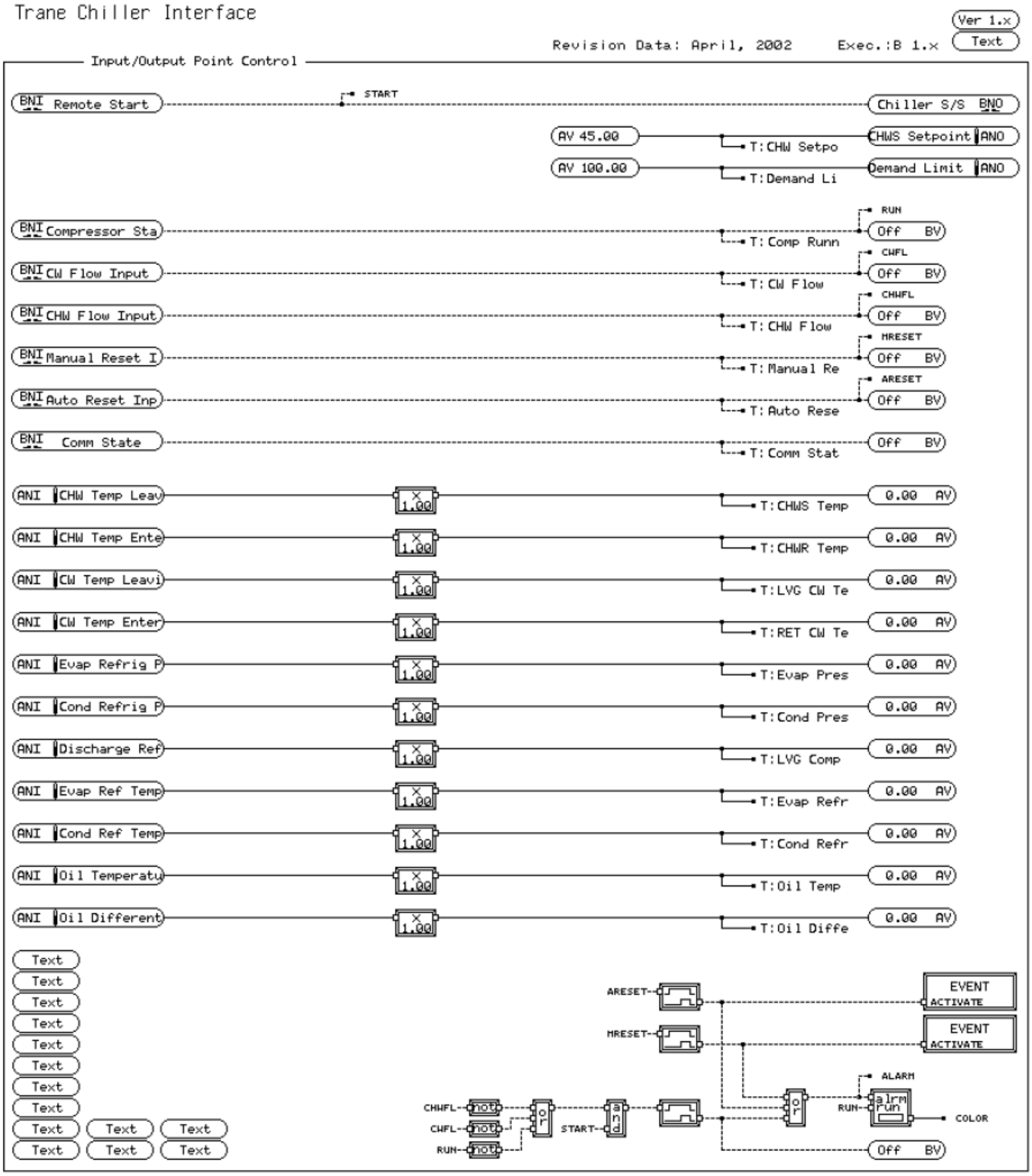


Port-to-Port Connection and Cable Pinouts

Table 1. Chiller တစ်လုံးမှ ဖတ်ယူ(read)နိုင်သည့် Point များ

Network Point Type	Network Point Address	Unit	Description	DataLINK Module Reference Point Name
AI	1	%	Active Demand Limit	DEM_LIM
AI	2	DegF	Water/Brine Setpoint	SP
AI	3	DegF	Control Point	CTRL_PNT
AI	4	DegF	Entering Fluid Temperature	EWT
AI	5	DegF	Leaving Fluid Temperature	LWT
AI	6	min	Minutes Left For Start	min_left
AI	7	psi	A: Discharge Pressure	DP_A
AI	8	psi	A: Suction Pressure	SP_A
AI	9	psi	A: A1 Oil Pressure Diff.	DOP_A1
AI	10	psi	A: A2 Oil Pressure Diff.	DOP_A2
AI	11	psi	A: A1 Oil Pressure	OP_A1
AI	12	psi	A: A2 Oil Pressure	OP_A2
AI	13	DegF	A: Discharge Gas Temperature	DISTMP_A
AI	14	DegF	A: A1 Motor Temperature	TMTR_A1
AI	15	DegF	A: A2 Motor Temperature	TMTR_A2
AI	16	DegF	A: SAT Condensing Temperature	TMP_SCTA
AI	17	DegF	A: Saturated Suction Temperature	TMP_SSTA
AI	18		A: Cooler Level Indicator	LEVEL_A
AI	19	psi	A: Circuit A Econ Pressure	ECNP_A
AI	20	psi	B: Discharge Pressure	DP_B
AI	21	psi	B: Suction Pressure	SP_B
AI	22	psi	B: B1 Oil Pressure Diff.	DOP_B1
AI	23	psi	B: B2 Oil Pressure Diff.	DOP_B2
AI	24	psi	B: B1 Oil Pressure	OP_B1
AI	25	psi	B: B2 Oil Pressure	OP_B2
AI	26	DegF	B: Discharge Gas Temperature	DISTMP_B
AI	27	DegF	B: B1 Motor Temperature	TMTR_B1
AI	28	DegF	B: B2 Motor Temperature	TMTR_B2
AI	29	DegF	B: SAT Condensing Temperature	TMP_SCTB
AI	30	DegF	B: Saturated Suction Temperature	TMP_SSTB
AI	31	psi	B: Cooler Level Indicator	LEVEL_B
AI	32	DegF	B: Circuit B Econ Pressure	ECNP_B
AI	33	DegF	Cooler Entering Fluid	COOL_EWT
AI	34	DegF	Cooler Leaving Fluid	COOL_LWT
AI	35	DegF	Condenser Entering Fluid	COND_EWT
AI	36	DegF	Condenser Leaving Fluid	COND_LWT
AI	37	DegF	Reclaim Entering Fluid	HR_EWT
AI	38	DegF	Reclaim Leaving Fluid	HR_LWT
AI	39	mA	4-20 mA Reset Signal	RST_MA

အောက်တွင် Trane chiller တစ်လုံးနှင့် Automated Logic (http://www.automatedlogic.com) တို့ high level interface လုပ်သည့် Graphic Function Block (GFB) program တစ်ခုကို ဖော်ပြထားသည်။



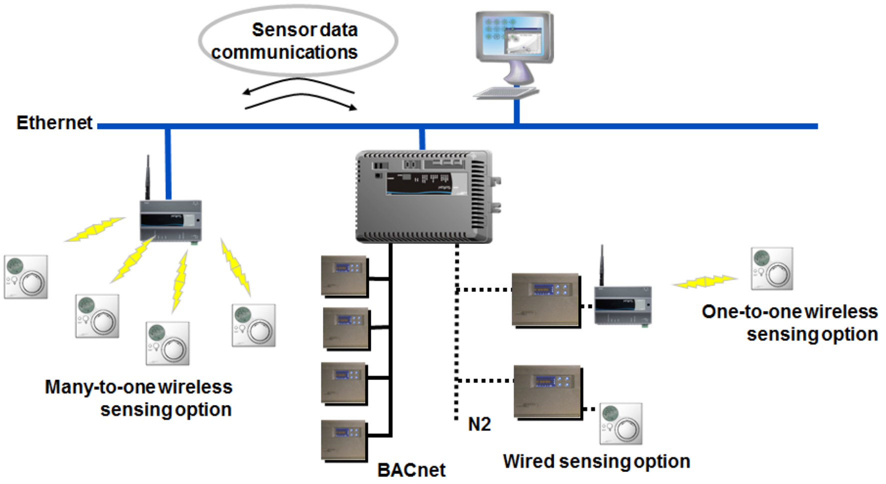
ပုံ BACnet Sample GFB-Trane Chiller using BACnet PTP

၉.၅ Wireless Sensing Systems

Wireless sensing systems ဆိုသည်မှာ sensor မှ controller အကြားတွင် ကြိုးမဲ့(wireless communication)ဖြင့် နှစ်မျိုးရှိသည်။

(က) Many-to-one room temperature sensing

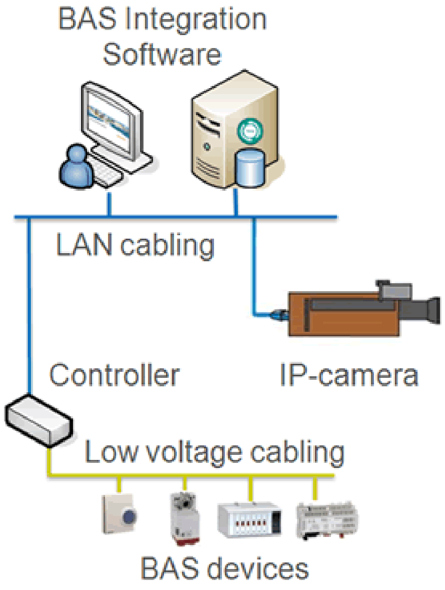
(ခ) One-to-one room temperature sensing



၉-၂၃ Many-to-one room temperature sensing နှင့် One-to-one room temperature sensing

၉.၆ Integration ဥပမာ

၉.၆.၁ BAS နှင့် Security System တို့ Integrate လုပ်ခြင်း



ပုံ ၉-၂၅

Security alarm များကို BAS workstation ဆီသို့ ပေးပြီး workstation operator အား alarm များ အားလုံး စောင့်ကြည့်ခြင်း၊ စီမံခန့်ခွဲခြင်းလုပ်ငန်းများ ဆောင်ရွက်နိုင်း နိုင်သည်။

BAS workstation operator သည် တံခါးအဖွင့်၊ ပိတ်လုပ်ခြင်း (door-open command)၊ security output point တစ်ခုခုကို trigger လုပ်ပေးခြင်း စသည်တို့ကို တစ်နေရာတည်းမှ ပြုလုပ်ပေးနိုင်သည်။

Building network တစ်ခုတည်းကိုသာ အသုံးပြုခြင်းကြောင့် တပ်ဆင်ခ ကုန်ကျစရိတ် (installation costs)ကို လျှော့ချနိုင်သည်။ HVAC system နှင့် security system တို့ ကို graphics တစ်ခုပေါ်တွင် အတူတကွ ဖော်ပြနိုင်သည်။ Security system မှ Alarm များသည် BAS မှ ဆောင်ရွက်စရာ တစ်ခုခုကို trigger လုပ်ပေးနိုင်သည်။

ဥပမာ- ဝန်ထမ်းတစ်ယောက်ယောက် ရုံးချိန်မဟုတ်သည့် အချိန်တွင် ရုံးသို့လာရောက် အလုပ်လုပ်ကိုင်သည့် အခါ ဝန်ထမ်းကဒ်(badge) ကို card reader ၌ ပြလိုက်လျှင် security system သည် မှန်၊ မမှန် စစ်ဆေးပြီး တံခါးဖွင့် ပေးသည်။ ထို့နောက် security system မှ BAS ဆီသို့ ရုံးအတွင်း၌ ဝန်ထမ်းတစ်ယောက် ရှိနေကြောင်း signal ပေးလိုက်သည်။ BAS သည် လိုအပ်သည့် မီးများကို အလိုလျောက်ဖွင့်ပေးပြီး သက်ဆိုင်သည့်အခန်းကို occupied area အဖြစ်သတ်မှတ်ကာ သက်သောင့်သက်သာဖြစ်စေမည့် အခန်းအပူချိန် (comfortable temperature) ဖြစ်အောင် ပြုလုပ်ပေးသည်။ အလိုရှိလျှင် air con မောင်းနိုင်အောင် ခွင့်ပြု(enable လုပ်)ပေးသည်။ ထိုဝန်ထမ်း ပြန်ရန် အတွက် တံခါးပွင့်ရန် ဝန်ထမ်းကဒ်(badge) ကို card reader ၌ ပြလိုက်လျှင် လူမရှိ(unoccupied area)ဟုသတ်မှတ်ပြီး မီးများနှင့် air con တို့ကို ပိတ်ပေးသည်။

၉.၆.၂ BAS နှင့် Fire Alarm System တို့ Integrate လုပ်ခြင်း

BAS နှင့် Fire Alarm System တို့ integrate လုပ်ခြင်းကြောင့် အဆောက်အဦ၏ fire alarm ဖြစ်ပေါ်သည့် အခါတွင် chillers ၊ boilers ၊ AHU ၊ fan စသည့် equipment များကို ရပ်တန့်(shut down) နိုင်သည်။

အထပ်မြင့် အဆောက်အဦ တစ်ခု၏ မီးလောင်သည့်ဥပမာ-

အထပ်မြင့် အဆောက်အဦ တစ်ခု၏ (၅)ထပ်တွင် မီးစတင်လောင်ကျွမ်းသည့်အခါ fire alarm signal ရရှိပြီး BAS ၏ integrated floor plan ပေါ်တွင် display လုပ်သည်။ မီးလောင်သည့်အထပ်သာမက BAS က ဆောင်ရွက်ထားပြီးဖြစ်သည့် action များအားလုံးကို ဖော်ပြထားသည်။ မီးခိုးများကို HVAC fan များက စုပ်ထုတ်ပစ်ခြင်း၊ လှေခါးများအတွင်း လေဖိအားမြင့်တက်လာအောင် pressure fan များကို မောင်းပေးခြင်း၊ Security Management System (SMS) မှတစ်ဆင့် လူများပြေးထွက်ရန် လမ်းတစ်လျှောက်ရှိ တံခါးများကို unlock လုပ်ပေးခြင်း တို့ဖြစ်သည်။

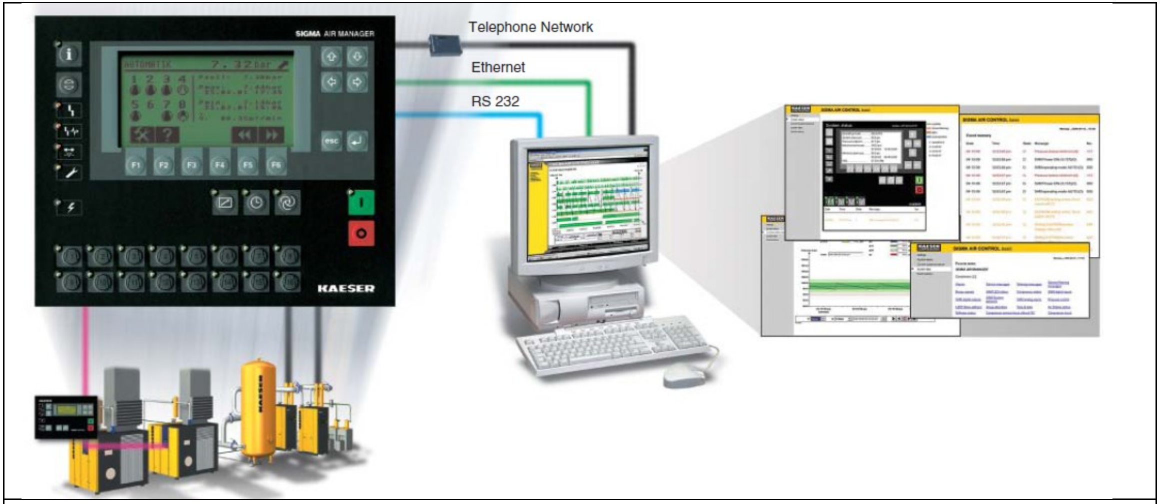
-End-

Contents

၉.၁ BAS Hardware Architecture 3
၉.၁.၁ Centralized BAS ....
၉.၁.၂ Distributed BAS ....
၉.၂ Basic of Network Communication 5
၉.၂.၁ BUS ....
၉.၂.၂ Interface ....
၉.၂.၃ Integrated Control System ....
၉.၂.၄ Gateway ....
၉.၂.၅ Hubs/Repeater ....
၉.၂.၆ Bridge ....
၉.၂.၇ Ethernet Switch ....
၉.၂.၈ Router ....
၉.၂.၉ Communications Networks ....
၉.၃ Communication Protocol 11
၉.၃.၁ Standard Protocol ....
၉.၃.၂ BACnet (Building Automation Control Networking) Protocol ....
၉.၃.၃ LonTalk® ....

၉.၃.၄ Modbus Protocol ....
၉.၃.၅ European Installation Bus (EIB) ....
၉.၃.၆ Proprietary Protocol..
၉.၄ Low Level Interfacing and High Level Interfacing 21
၉.၄.၁ Hard Wired Integration or Low Level Interfacing ....
၉.၄.၂ High Level Interfacing ....
၉.၅ Wireless Sensing Systems 25
၉.၆ Integration ဥပမာ 26
၉.၆.၁ BAS နှင့် Security System တို့ Integrate လုပ်ခြင်း..
၉.၆.၂ BAS နှင့် Fire Alarm System တို့ Integrate လုပ်ခြင်း ....

၉.၁ BAS Hardware Architecture 3
၉.၁.၁ Centralized BAS 3
၉.၁.၂ Distributed BAS 4
၉.၂ Basic of Network Communication 5
၉.၂.၁ BUS 6
၉.၂.၂ Interface 6
၉.၂.၃ Integrated Control System 6
၉.၂.၄ Gateway 6
၉.၂.၅ Hubs/Repeater 7
၉.၂.၆ Bridge 7
၉.၂.၇ Ethernet Switch 8
၉.၂.၈ Router 8
၉.၂.၉ Communications Networks 9
၉.၃ Communication Protocol 11
၉.၃.၁ Standard Protocol 12
၉.၃.၂ BACnet (Building Automation Control Networking) Protocol 12
၉.၃.၃ LonTalk® 17
၉.၃.၄ Modbus protocol 18
၉.၃.၅ European Installation Bus (EIB) 20
၉.၃.၆ Proprietary Protocol 20
၉.၄ Low Level Interfacing and High Level Interfacing 21
၉.၄.၁ Hard Wired Integration or Low Level Interfacing 21
၉.၄.၂ High Level Interfacing 22
၉.၅ Wireless sensing systems 25
၉.၆ Integration ဥပမာ 26
၉.၆.၁ BAS နှင့် Security System တို့ Integrate လုပ်ခြင်း 26
၉.၆.၂ BAS နှင့် Fire Alarm System တို့ Integrate လုပ်ခြင်း 27


Telephone Network
Ethernet
RS 232
SIGMA AIR MANAGER
KAESER