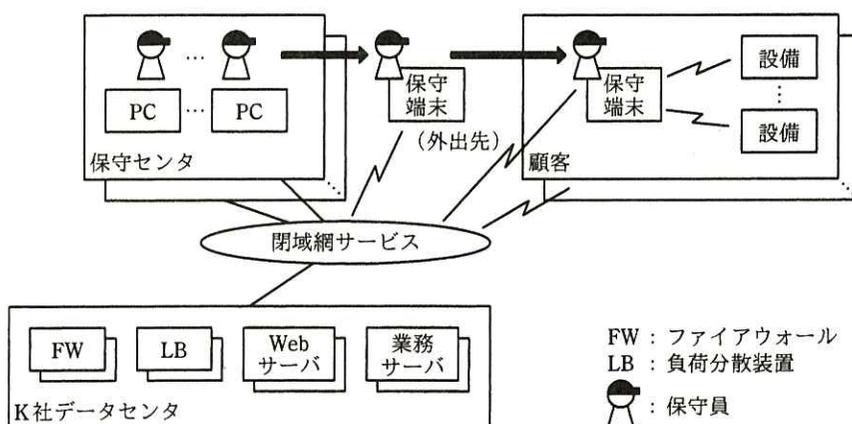


問1 ネットワーク基盤の拡張に関する次の記述を読んで、設問1～4に答えよ。

K社は、様々な用途の空調設備（以下、設備という）を製造し、保守サービスにも力を入れている。全国の保守センタに配備された保守員が、顧客のオフィスや工場などを訪問して、設備の点検や修理を行っている。今後は、リモート保守などの新サービスを提供する予定である。

〔現在の保守システム〕

現在の保守システムの構成を図1に示す。



- ・ 保守員は、保守端末を携帯して顧客へ出向き、設備の点検、修理を行う。
- ・ 保守員は、無線 LAN を介して保守端末から設備に、HTTP を使ったアクセスを行うことができ、設備の稼働情報を参照したり、設備を操作したりする。
- ・ K 社データセンタには、2 台の Web サーバと 2 台の業務サーバが設置され、両サーバによって保守情報が管理されている。
- ・ 必要に応じて、保守員は保守センタの PC 又は保守端末から Web サーバへアクセスし、保守情報を参照、更新する。アクセスを受けた Web サーバは、一部の処理を業務サーバに依頼する。

K 社データセンタ内のネットワーク構成を、図2に示す。

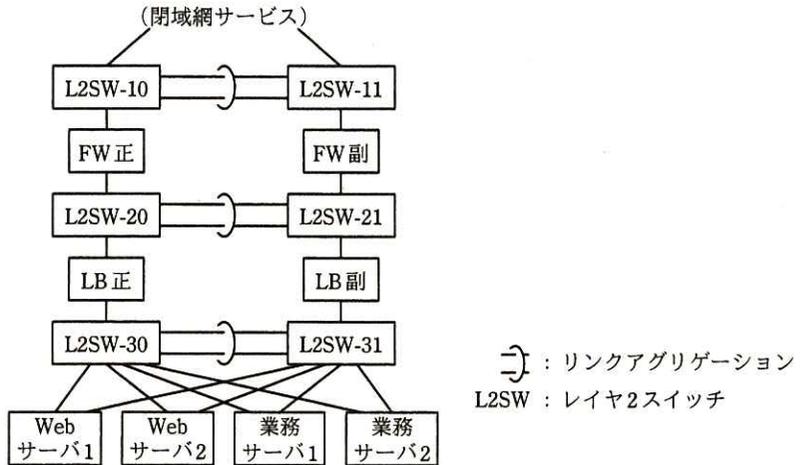
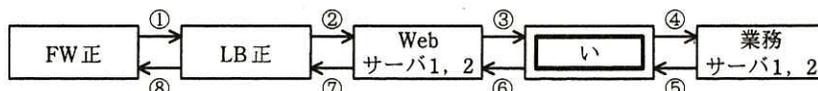


図2 K社データセンタ内のネットワーク構成（抜粋）

- ・リンクアグリゲーションで接続された3組のL2SWは、それぞれ単一の異なるセグメントを構成している。
- ・FW及びLBは、Active-Standby方式で冗長化されている。
- ・L2SWとサーバの接続は、サーバのチーミング機能によって冗長化されている。
- ・Webサーバと業務サーバのデフォルトゲートウェイは、LBである。
- ・Webサーバと業務サーバへのアクセスは、LBによって負荷分散されている。
- ・Webサーバと業務サーバへアクセスするための仮想IPアドレスが、それぞれに定義されている。LBは、宛先の仮想IPアドレスを実IPアドレスに変換し、サーバへのアクセスを振り分ける。Webサーバから業務サーバへのアクセスについては、両サーバが同一セグメント内にあるので、あアドレスも変換する。

通常時のサーバへのアクセスに関するデータの流れを、図3に示す。



注記 → はリクエストのデータの流れを、← はレスポンスのデータの流れを示す。

図3 通常時のサーバへのアクセスに関するデータの流れ

[保守システムの機能強化]

情報システム部では、新サービスの提供に当たり、保守システムの機能強化プロ

プロジェクトを予定している。機能強化では、新業務サーバを K 社データセンタに設置して、全設備の稼働情報を継続的に収集し、それを保守員が参照する。また、保守センタから設備の操作（設定変更，ファームウェア更新）を行ったり，設備の稼働情報（運転実績，維持温度）を参照したりする。ところが，図 1 に示すように，現在の保守システムでは，ネットワークを介して設備へアクセスすることができない。そこで，情報システム部では，2 種類のネットワーク機器（通信アダプタと中継装置）を導入し，設備へのネットワークアクセスを実現しようとしている。

機能強化に伴う導入機器の設置場所を図 4 に，機能強化後の通信の概要を図 5 に，それぞれ示す。

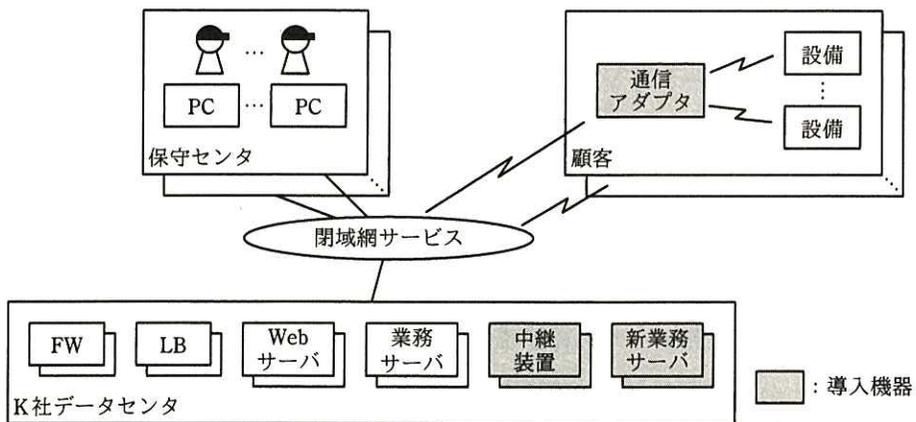


図 4 機能強化に伴う導入機器の設置場所

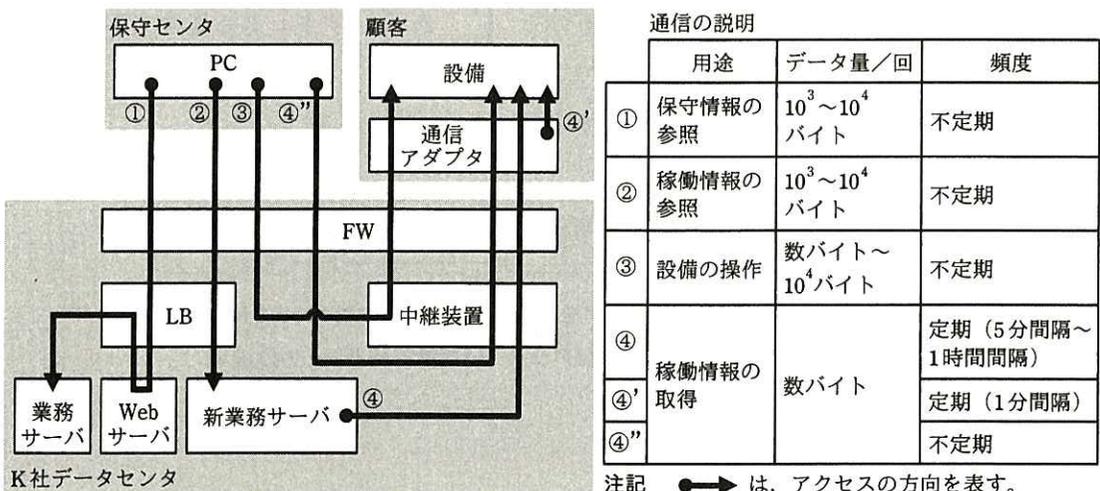


図 5 機能強化後の通信の概要

図 5 中の通信の概要は、次のとおりである。

- ・ ① は、現在の通信であり、通信プロトコルには HTTP を用いている。同様に、新たに追加される ②～④、④'、④" も HTTP を用いる。
- ・ ② は、保守員が新業務サーバにある、設備の稼働情報を参照するときの通信である。
- ・ ③ は、保守員が設備を操作するときの通信である。その際、保守員は最新の稼働情報を参照するので、④" の通信も発生する。
- ・ ④ は、新業務サーバが設備の稼働情報を自動的に取得するときの通信である。収集周期は、サービス開始時は 1 時間とし、段階的に 5 分間程度に短縮しサービス品質を向上させる。また、設備はいつも通電されているとは限らないので、それを考慮した仕組み（以下、稼働情報取得案という）を用意する。
- ・ ② の通信では、アクセスの際、新業務サーバ上の稼働情報を次の形式で指定する。

http://（新業務サーバの FQDN）/（稼働情報ファイル名）

- ・ ③、④、④'、④" の通信では、アクセスの際、設備の中の稼働情報又は操作対象の機能（以下、リソースという）を、次の形式で指定する。

http://（設備を指定するための FQDN）/（リソース名）

情報システム部では、図 5 中の ④、④'、④" の通信に関して、通信アダプタと中継装置の HTTP キャッシュ機能を使った次のような稼働情報取得案を構想している。

- ・ 中継装置と通信アダプタは、HTTP レスポンスに含まれる設備の稼働情報を、自装置にキャッシュする。
- ・ 中継装置と通信アダプタは、稼働情報に関する GET リクエストを中継する際に、自装置がキャッシュしている最新の稼働情報よりも新しい稼働情報を取得するように、HTTP ヘッダ [If-Modified-Since : x] を付加する（x は時刻）。そして、新しい稼働情報が得られない場合には、自装置がキャッシュしている最新の稼働情報を利用する。
- ・ ④ の通信では、2 台の新業務サーバに実装された HTTP クライアントが、定期的に配下の設備に GET リクエストをそれぞれ送信し、稼働情報を取得する。(a) 稼働情報取得のトリガは、設備ではなく K 社データセンタ側にあるが、それは運用上の利点となっている。各新業務サーバが取得した稼働情報は、データベースの機能を用いて新業務サーバ間で同期する。

・④’の通信では、通信アダプタは単独で、HTTP ヘッダ [If-Modified-Since : x] を付加した GET リクエストを設備へ 1 分間隔で送信し、取得した稼働情報を自装置にキャッシュする。

この稼働情報取得案に従うと、う はフォワードプロキシ、え はお プロキシとして動作しているとみなすことができる。

稼働情報取得案の通信シーケンス例を、図 6 に示す。

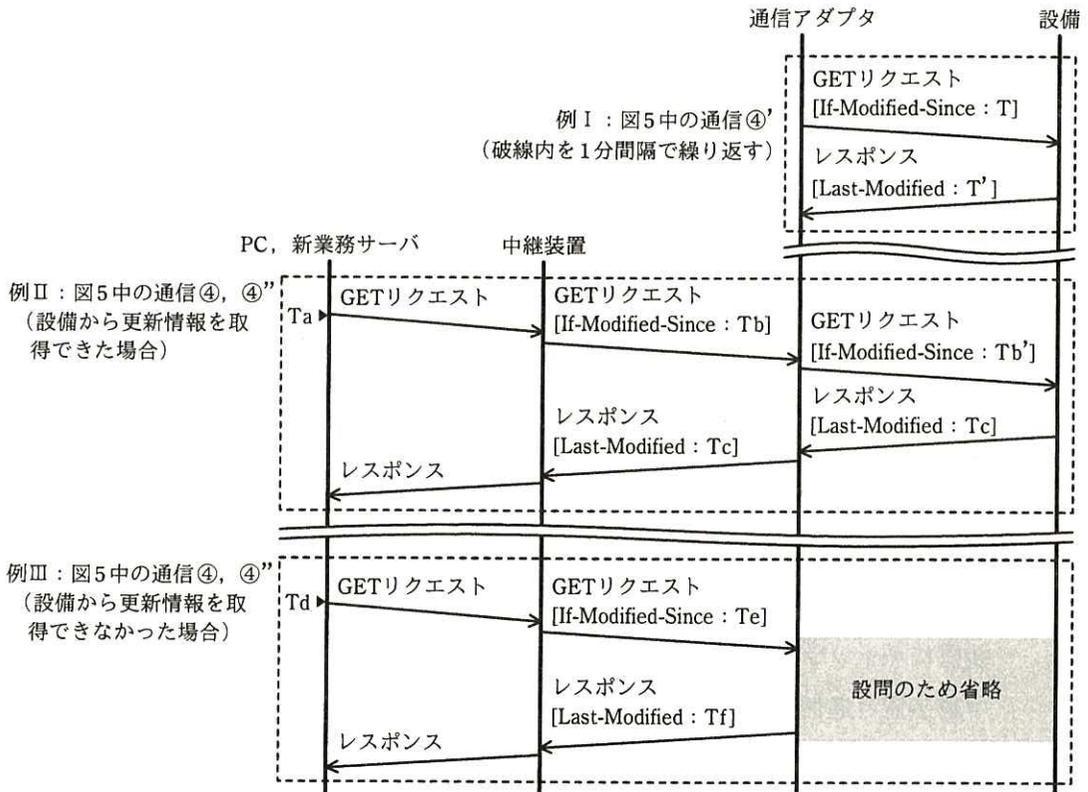


図 6 稼働情報取得案の通信シーケンス例

図 6 中の時刻 (T, Ta~Tf, T', Tb') のうち、Ta, Td はリクエストの開始時刻、Tb, Tb', Te, Tf はキャッシュされている最新稼働情報のタイムスタンプの時刻である。また、時刻の前後関係は次のとおりである。

$$Tb \leq Tb' < Tc$$

$$Te < Tf$$

ここで、 $x < y$ は、 x が y に先行することを示す。

K 社情報システム部の M 君は、保守システムのネットワーク基盤を担当している。上司の N 氏から指示を受けた M 君は、保守システムの機能強化プロジェクトに先立ち、そこで必要となるネットワーク基盤の拡張について調査を進めてきた。

M 君は、図 4～6 を使って、その調査結果を N 氏に説明した。次はそのときの会話である。

N 氏：図 4～6 の内容は分かった。保守システムの機能強化プロジェクトで具体的な検討を行うことにしよう。ただ、その前に二つ確認したいことがある。

M 君：どのようなことでしょうか。

N 氏：今、保守システムの機能強化と並行して、次世代設備の企画も進められている。次世代設備では、通信インタフェースとして、低電力でも稼働できる ZigBee を採用する。さらに、HTTP 以外の通信プロトコルも実装できる。一方、サービスの拡充に伴い、通信トラフィックは増加していくだろう。そこで、次世代設備向けにもっと効率が良い通信方式がないか調査して報告してほしい。図 4～6 の案が、その新しい通信方式にも拡張可能かどうか、事前に確認しておきたい。

M 君：分かりました。調べてみます。

N 氏：もう一つは、LAN 構成とネットワーク負荷に関する確認だ。今回、初めてブレードサーバを導入する予定だが、LAN 構成をどのように変えるのかを確認してほしい。それから、稼働情報収集では大量の通信が発生するはずだ。現行のネットワーク機器への影響が懸念される。その調査もお願いする。

M 君：分かりました。それらについても確認します。

[次世代設備に関する通信方式]

M 君は早速、新しい通信方式について調査し、RFC 7252 によって標準化が進められている通信プロトコルである CoAP (Constrained Application Protocol) が HTTP の代わりに利用できそうだと考えた。M 君が CoAP について調査した結果を次に示す。

- ・ CoAP は、UDP 上で動作可能な、HTTP に似た通信プロトコルである。
- ・ HTTP リクエストを CoAP リクエストに変換したり、CoAP レスポンスを HTTP レスポンスに変換したりすることもできる。

- ・ CoAP のメッセージ形式を図 7 に示す。

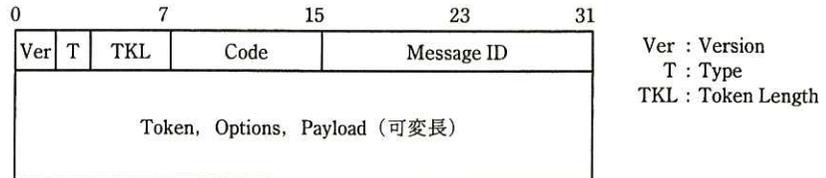


図 7 CoAP のメッセージ形式

- ・ CoAP のメッセージは、4 バイトのヘッダと可変長の Token, Options, Payload から構成されている。1 バイトの Code を使い、リクエストの種別やレスポンスの状態コードを指定する。ZigBee に用いられる IEEE 802.15.4 フレームのデータ部は、IEEE 802.3 (Ethernet) フレームのデータ部よりもかなり短く、CoAP のメッセージ形式は、それに適したものになっている。

以上の調査から、M 君は、(b) TCP 上の HTTP を UDP 上の CoAP に置き換えることによって、通信アダプタと中継装置を用いた通信の TAT (Turn Around Time) を向上させることができると判断した。また、その際 FW の設定を変更しなくてもよいように、HTTP と CoAP の変換機能は、図 5 中の か に実装することにした。

M 君は、調査結果を基に、現在の設備に関する通信方式が次世代設備に関しても拡張可能であることを N 氏に説明した。

[LAN の構成とネットワーク負荷]

情報システム部は、新機能の開発に先立ち、次のような方針を立てている。

- ・ 2 台のブレードを内蔵したブレードサーバを K 社データセンタに導入する。
- ・ 2 台の新業務サーバと 2 台の中継装置を、ブレード上の仮想サーバに実装する。
- ・ 中継装置は Active-Standby 方式で冗長化させる。
- ・ 図 5 中の ② の通信は LB を経由させ、2 台の新業務サーバに負荷分散させる。

M 君は、新機能開発の方針を基に、NIC (Network Interface Card) を含む、ブレードサーバに関する LAN 構成について、次のような確認・検討を行った。

- ・ブレードサーバ内の LAN 構成を、図 8 に示す。

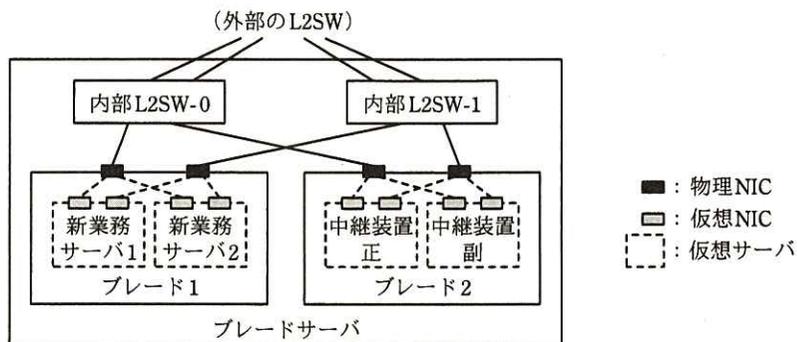


図 8 ブレードサーバ内の LAN 構成

- ・仮想サーバの二つの仮想 NIC は、ブレードの二つの物理 NIC にそれぞれ接続され、仮想サーバのチーミング機能によって冗長化されている。
- ・ブレードの二つの物理 NIC は、ブレードサーバの二つの内部 L2SW にそれぞれ接続され、ブレードのチーミング機能によって冗長化されている。
- ・LB 利用の有無を考慮し、新業務サーバと中継装置は別の VLAN に收容する。
- ・新業務サーバのデフォルトゲートウェイには き を、中継装置のデフォルトゲートウェイには FW を、それぞれ定義する。
- ・(c) 図 8 中の二つの内部 L2SW に、図 2 中の 2 組の L2SW を接続する。

図 5 中の ④ の通信では、大量の HTTP リクエストと HTTP レスポンスの対（以下、トランザクションという）が発生し、現行ネットワークの通信帯域に影響を与える可能性がある。また、FW は、TCP コネクションの確立開始から切断完了までの状態（以下、コネクションという）を管理するので、④ の通信の同時コネクション数は FW の性能に影響を与える可能性がある。そこで、M 君は、これらの通信負荷を見積もることにした。図 5 中の ④ の通信に関する見積りの前提を、表 1 に示す。

表 1 図 5 中の ④ の通信に関する見積りの前提

| 項番 | 項目 | 前提値 | 備考 |
|----|-------------------|-------------|-----------------------------|
| 1 | 稼働情報の収集対象となる設備数 | 108,000 台 | |
| 2 | 通信アダプタ 1 台当たりの設備数 | 1~100 台 | 通信アダプタ 1 台に対して、複数の設備が接続される。 |
| 3 | 稼働情報収集の成功率 | 80 % | 通信アダプタの約 20% は、電源断の状態にある。 |
| 4 | トランザクションの通信時間 | 3 秒 | |
| 5 | TCP の無通信タイムアウト時間 | T_{out} 秒 | |
| 6 | 新サービス開始時の収集周期 | 3,600 秒 | 将来、5 分間に短縮される。 |

表 1 を前提にした見積り結果は次のとおりである。

- ・ ④ の通信の起動タイミングは平準化されていると仮定すると、新サービス開始時には、表 1 中の項番 1, 6 から、毎秒 ア トランザクションが発生する。
- ・ 1 トランザクションは 1 コネクションで処理されると仮定すると、各コネクションの保持時間は、項番 3 ~ 5 から、平均 $(2.4 + 0.2 \times T_{out})$ 秒と推定できる。
- ・ したがって、2 台の新業務サーバの ④ の通信に関する同時コネクション数の合計は、平均 $(\text{イ} + \text{ウ} \times T_{out})$ コネクションと推定できる。この値は、将来、収集周期が 5 分間になると、12 倍に増加する。
- ・ 各コネクションにおける通信データ量は、稼働情報が数バイトに過ぎない (図 5) ことから、オーバーヘッドを考慮しても、図 2 中の現行ネットワーク機器や閉域網サービスに与える影響は限定的である。

このような検討の結果から、M 君は、通信帯域については当面懸念しなくてもよいと判断した。しかし、同時コネクション数は、FW の性能に大きく影響すると考え、負荷の予測と FW の増強について提言をまとめた。提言には、同時コネクション数を軽減するために、HTTP/1.1 の実装に関する次の三つの提案を含めた。

- ・ TCP コネクション保持時間の短縮案 1 : (d) 中継装置の T_{out} の設定方針
- ・ TCP コネクション保持時間の短縮案 2 : (e) 新業務サーバからのリクエストにおけるクローズ接続オプションの使い方
- ・ 同時コネクション数の削減案 : トランザクションをパイプライン化する工夫と、その前提となる、(f) 設備のリソースを指定する際の URL に関する設計方針

M 君は、以上の検討結果をまとめ、N 氏に報告した。

その後、保守システムの機能強化プロジェクトが開始されることになり、M 君はネットワークグループのリーダーに任命された。

設問 1 [現在の保守システム] について、(1)～(4)に答えよ。

- (1) 本文中の に入れる適切な字句を答えよ。
- (2) 図 3 中の に入れる適切な機器名を答えよ。
- (3) 図 3 中の ①～⑧ の IP パケットのうち、送信元 IP アドレスが ②と同じになる IP パケットの番号を全て答えよ。
- (4) 図 3 中の ①～⑧ の IP パケットのうち、宛先 IP アドレスが ②と同じになる IP パケットの番号を全て答えよ。

設問 2 [保守システムの機能強化] について、(1)～(6)に答えよ。

- (1) 本文中の ～ に入れる適切な字句を答えよ。
- (2) 本文中の下線 (a) の利点を、25 字以内で述べよ。
- (3) 図 6 中の例Ⅱのシーケンスによって、通信アダプタのキャッシュが更新される。更新後の最新稼働情報のタイムスタンプの時刻を答えよ。
- (4) 図 6 中の例Ⅱの GET リクエストの中継において、Tb と Tb' は異なる場合が多いが、それはなぜか。キャッシュに着目して、35 字以内で述べよ。
- (5) 図 6 中の例Ⅲの通信シーケンスになるのは、どのような場合が考えられるか。通信アダプタと設備の間の通信に着目して二つ挙げ、それぞれ 30 字以内で述べよ。
- (6) 図 6 中の例Ⅰの周期を長くした場合（例えば 1 分間隔から 2 分間隔へ変更）、HTTP クライアントが受け取る応答への影響を 40 字以内で述べよ。

設問 3 [次世代設備に関する通信方式] について、(1)～(3)に答えよ。

- (1) 本文中の に入れる適切な機器名を答えよ。
- (2) 図 7 の CoAP メッセージ以外に、IEEE 802.15.4 フレームのデータ部に含まれるデータを、20 字以内で答えよ。
- (3) 本文中の下線 (b) について、TAT の向上に寄与する、CoAP と UDP の特長を二つ挙げ、それぞれ 30 字以内で述べよ。

設問4 [LANの構成とネットワーク負荷] について、(1)～(6)に答えよ。

- (1) 本文中の に入れる適切な機器名を答えよ。
- (2) 本文中の下線(c)について、内部L2SWとL2SWとの接続を、図9に示す。
内部L2SWとL2SWとの接続を追記し、図9を完成させよ。

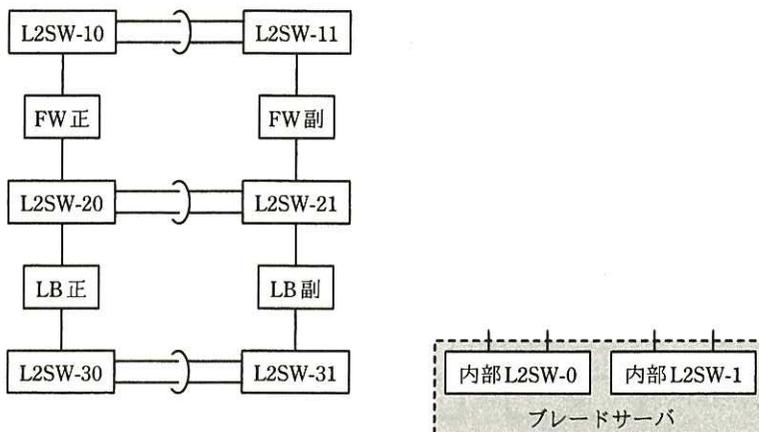


図9 内部L2SWとL2SWとの接続

- (3) 本文中の ～ に入れる適切な数値を答えよ。
- (4) 本文中の下線(d)の設定方針を、30字以内で述べよ。
- (5) 本文中の下線(e)の使い方を、30字以内で述べよ。
- (6) 本文中の下線(f)の設計方針を、50字以内で述べよ。