

岡山大学における地域IXとSINETを利用したネットワーク冗長化

山井 成良¹ 岡山 聖彦¹ 金 勇² 河野 圭太¹ 大隅 淑弘¹

¹岡山大学 総合情報基盤センター

²岡山大学 大学院自然科学研究科

¹{yamai,okayama,keita,oosumi}@cc.okayama-u.ac.jp

²yongkim@dist.cne.okayama-u.ac.jp

概 要

岡山大学では学術情報ネットワーク SINET や地方自治体等が運用する地域IX (Internet eXchange) を利用して学外接続や多くのキャンパス間接続を行っている。ところが、これらの接続は多重化されていなかったため、何らかの障害が発生した場合にはキャンパス間の通信や学外との通信に支障が生じた事例が頻繁に発生した。そこで我々は平成 20 年 8 月に従来の津島キャンパスだけでなく三朝キャンパスにおいても地域IXと鳥取大学を経由してSINETに接続し、学外接続やキャンパス間ネットワークの冗長化を行った。その結果、動作確認実験において耐故障性の向上が確認された。

Configuration of Redundant Network in Okayama University via Regional IXes and SINET

Nariyoshi Yamai¹, Kiyohiko Okayama¹, Yong Jin², Keita Kawano¹, and Yoshihiro Oosumi¹

¹Information Technology Center, Okayama University

²Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University

¹{yamai,okayama,keita,oosumi}@cc.okayama-u.ac.jp

²yongkim@dist.cne.okayama-u.ac.jp

Abstract

Okayama University has been operating an external link and many inter-campus links via Science Information Network (SINET) and regional Internet eXchanges (IXes) operated by local governments. However, since there were no redundant links for them, we often experienced problems that external connections and inter-campus connections failed in case of some troubles on these links. To overcome these problems, we added a link between Misasa Campus and SINET via regional IXes and Tottori University in addition to the external link between Tsushima Campus and SINET, so that made redundant logical links for the external link and the inter-campus link between Tsushima and Misasa Campuses. According to operations test, we confirmed fault tolerance of these links was improved.

1 はじめに

岡山大学は学生数約 14,000 人、教職員数約 2,600 人、11 学部を擁する、地方大学としては比較的大規模の総合大学である。主要なキャンパスとしては岡山市内の津島キャンパス（医療系を除く学部、総合情報基盤センター、事務局など）と鹿田キャンパス（医療系学部、岡山大学病院など）、倉敷市の倉敷キャンパス（資源生物科学研究所など）、鳥取県三朝町の三朝キャンパス（地球物質科学研究センター、岡山大学病院三朝医療センター）がある。

このうち、津島キャンパスはキャンパス間ネットワークの拠点になっており、津島キャンパスと他の主要なキャンパスとの間にはそれぞれ地域 IX（Internet eXchange）である岡山情報ハイウェイ OKIX[1] を利用したキャンパス間ネットワークが構築され、活発に利用されている。また、同キャンパスには学術情報ネットワーク SINET が接続され、岡山大学内の全てのキャンパスと学外との間の通信は一部の例外を除いて SINET 経由で行われる。このようにキャンパス間通信や学外との通信の大部分は地域 IX や SINET のような無償で利用できるネットワークを利用しており、通信費の大幅な削減が達成されている。

ところが、OKIX や SINET（以下、外部ネットワーク）との接続は多重化されていないため、これらのネットワークで何らかの障害が発生した場合には大学全体あるいは 1 つのキャンパスが孤立してしまう状況に陥ることになる。実際に、岡山大学では特に平成 17 年度から平成 19 年度にかけてネットワーク機器の障害によりキャンパス間の通信や学外との通信に支障が生じた事例が頻繁に発生した。

そこで我々は平成 20 年 8 月に津島キャンパスだけでなく三朝キャンパスにおいても地域 IX を利用して SINET に接続し、SINET との接続や津島・三朝キャンパス間ネットワークの冗長化を行った。本稿では我々が実施したネットワーク冗長化の構成方法について報告する。

2 従来のネットワーク構成と問題点

2.1 キャンパス間ネットワークの構成

岡山大学では、従来はキャンパス間ネットワークとして商用の ATM サービス（津島・鹿田キャンパス間 6Mbps、津島・倉敷キャンパス間 0.5Mbps）や高速デジタル専用線サービス（津島・三朝キャンパス間

256kbps）を利用し、相当の回線費用を負担していた。その後、地域 IX が整備され無償で供用されるようになったため、徐々に商用サービスの契約を解除して地域 IX 経由でキャンパス間を接続するようになった。平成 20 年 7 月の時点での主要なキャンパス間ネットワークの構成を図 1 に示す。

このうち、津島・鹿田キャンパス間の回線については、OKIX の供用開始から 1 年後の平成 12 年 4 月に津島キャンパス、鹿田キャンパスが OKIX に接続されたため、OKIX 経由（ATM 155Mbps）に切り替えた。その後、岡山大学内の ATM 機器の老朽化に伴い、平成 18 年度にはギガビットイーサネット（GbE）による接続に変更した。

また、津島・三朝キャンパス間の回線については、鳥取情報ハイウェイ [2]、三朝・関金地域公共ネットワークの供用開始に伴い、平成 17 年 4 月に OKIX、JGN2（岡山・鳥取間）、鳥取情報ハイウェイ、三朝・関金地域公共ネットワークを経由した回線に切り替えた。ただし、JGN2 は研究目的での利用に限定されていたため、「複数の地域情報ハイウェイを経由したキャンパス間接続実験」という研究プロジェクトに基づく利用であり、同プロジェクト終了後は JGN2 を経由しない回線への切替えを前提としていた。その後、OKIX と鳥取情報ハイウェイとの相互接続に伴い、平成 20 年 4 月に研究プロジェクトを終了して JGN2 を経由しない経路に切り替えた¹。OKIX の回線速度は基幹ネットワーク、支線ネットワークとも 1Gbps であるが、鳥取情報ハイウェイの回線速度は基幹ネットワークが 1Gbps、支線ネットワークが 100Mbps であるため、津島・三朝キャンパス間の通信速度は 100Mbps に制限されている。

鹿田・三朝キャンパス間の回線は、岡山大学病院（本院）と同三朝医療センターの医療情報ネットワークを相互接続するためのものであり、経路は上記の津島・三朝キャンパス間の回線と同様であるが、医療情報を扱うため両端に VPN（Virtual Private Network）ルータを設置して通信内容の秘匿化を図っている。なお、JGN2 経由の際には「遠隔キャンパス間における医療情報ネットワーク相互接続実験」という研究プロジェクトに基づいて利用していた。通信速度は津島・三朝キャンパス間と同様に 100Mbps である。

その他、津島・倉敷キャンパス間の回線については平成 18 年 3 月に一部自営の光ファイバを用いて OKIX 経由で接続（GbE 1Gbps）するなど、多くのキャン

¹同時期に JGN2 から移行した JGN2plus では、この相互接続により鳥取のアクセスポイントが廃止された。

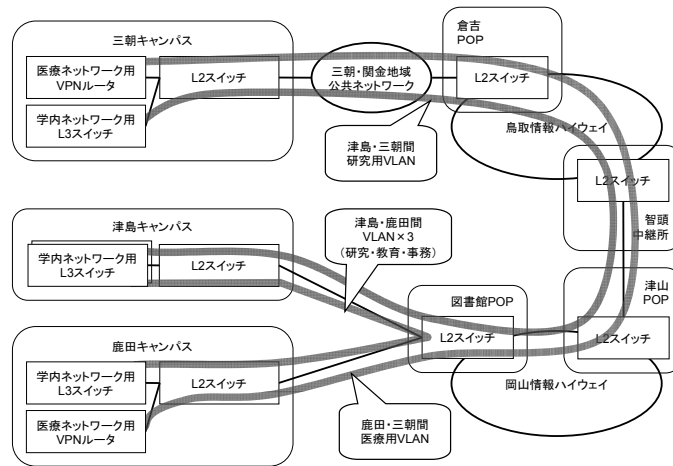


図 1: 平成 20 年 7 月における主要キャンパス間ネットワークの構成

パス間ネットワークが地域ネットワークを利用して構築されている。

2.2 SINET との接続

岡山大学は古くから SINET ノード設置機関となっており、岡山県内の高等教育機関が接続されている²。平成 19 年 4 月に SINET3 への移行作業が行われるまでの間は岡山大学内にルータが設置され、岡山大学ノードに接続されている機関間の通信はノード内でルーティングされていたが、SINET3 では中国地方に設置されていたルータが広島データセンター（広島 DC）に集約されたため、岡山大学にはレイヤ 2 スイッチのみが設置されるようになった。回線速度は平成 17 年 4 月より 1Gbps になっている。

岡山大学ノード経由で SINET に接続していた他の高等教育機関は、平成 12 年 4 月に岡山大学が OKIX と接続された際に、加入機関からノードまでの回線（足回り回線）として従来の専用線の代わりに OKIX 経由での接続も可能になった。当初は岡山県立大学など一部の大学だけが OKIX 経由での接続であったが、その後徐々に増加し、現在では多くの高等教育機関が OKIX 経由で SINET に接続されている。一方、従来の専用線サービスの代わりに VPN サービスのような安価な回線サービスが提供されるようになると、OKIX を経由しなくても安価かつ高速な足回り回線が利用できるため、現在でも OKIX 経由でない接続がかなり存在する。

²四国地方のノード設置機関が少なかった時期には徳島県、香川県の高等教育機関も接続されていた。

2.3 従来のネットワーク構成の問題点

岡山大学の外部ネットワークは SINET と OKIX の 2 系統であったが、このうち OKIX については OKIX 接続組織との直接通信しか行わなかったため³、インターネットへの接続はもっぱら SINET 経由に限られていた。したがって、SINET の機器に障害が発生するすると、インターネットへのアクセスが全くできないことになる。実際に平成 17 年度以降には表 1 に示すように多数の障害が発生しており、学内から対策の要望が総合情報基盤センターに多数寄せられるようになった。

一方、OKIX や鳥取情報ハイウェイでは突発的な障害はほとんど発生していないが、計画的な保守や工事などに伴う通信障害は年に数回発生している。このような障害は深夜や早朝など通信が少ない時間帯に発生することが多く、また事前に利用者には通知されていることから、あまり問題にはなっていない。ただし、津島・三朝キャンパス間ならびに鹿田・三朝キャンパス間の回線については経由する地域 IX 全ての影響を受けるため、何らかの対策を取ることが望まれていた。

3 地域 IX と SINET を利用したネットワーク冗長化

前章で述べたように、津島・三朝キャンパス間の回線は OKIX と鳥取情報ハイウェイを経由している。この鳥取情報ハイウェイには鳥取大学が接続され、また

³OKIX には民間 ISP（Internet Service Provider）も多数接続されているが、ISP 経由でのマルチホーム接続は高額であったため導入しなかった。

表 1: 平成 17 年度～平成 19 年度に発生した SINET の主な障害

発生日	継続時間	原因
平成 17 年 6 月 1-2 日	37 分間	ケーブル不良 (間欠障害)
平成 17 年 10 月 5 日	15 分間	ネットワークスイッチ故障
平成 17 年 10 月 21 日	1 時間 14 分間	海外経路設定不良
平成 18 年 1 月 31 日	14 分間	OSPF ダウン (原因不明)
平成 18 年 4 月 29 日	6 時間 12 分間	ルータ故障 (ボード)
平成 18 年 5 月 22 日	3 分間	ルータ故障 (GBIC)
平成 18 年 5 月 29 日	13 分間	ルータ情報の設定ミス
平成 18 年 6 月 3 日	7 時間 42 分間	ルータ故障 (筐体交換)
平成 18 年 6 月 13-15 日	11 時間 46 分間	ルータ故障 (ボード)
平成 19 年 4 月 16 日	8 時間 16 分間	作業手順誤り (OS のバグ誘発)

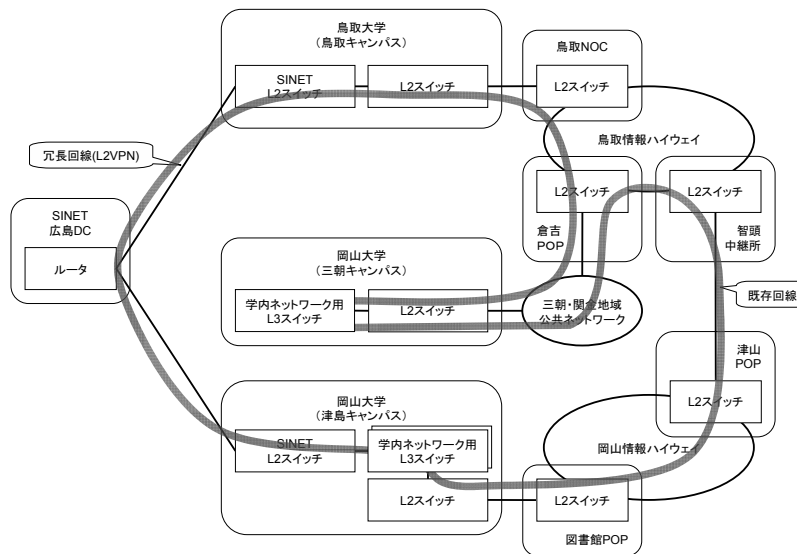


図 2: 冗長化後の津島・三朝キャンパス間回線のネットワーク構成

鳥取大学には SINET ノードが設置されているため、津島キャンパスや三朝キャンパスは SINET 鳥取大学ノードにも鳥取情報ハイウェイ経由で接続できるようになる。そこで、同ノードを経由してネットワーク冗長化を図ることとした。冗長化の具体的な内容は次の 3 種類である。

- 津島・三朝キャンパス間回線の冗長化
- SINET 接続の冗長化
- 三朝キャンパスのマルチホーム接続

以下では、それぞれの冗長化の構成について詳述する。

3.1 津島・三朝キャンパス間回線の冗長化

平成 19 年 6 月より運用を開始した SINET3 では、新たに VPN サービス [3] が提供された。そこで津島・

三朝キャンパス間ネットワークのバックアップ回線として SINET3 の VPN サービスを利用することにした。このサービスには L2VPN と L3VPN の 2 種類が選択可能であるが、津島キャンパス側のレイヤ 3 スイッチを二重化して HSRP (Hot Standby Routing Protocol) [4] を運用する都合上、L2VPN を利用した。

図 2 に冗長化後のネットワーク構成を示す。

2 つの回線の優先度については、SINET 経由のほうが高速 (最大 1Gbps) であるが、SINET 広島 DC・鳥取大学ノード間の帯域 1Gbps は鳥取県内の SINET 加入組織で共有されているため、従来の OKIX・鳥取情報ハイウェイ経由の回線を優先利用することになった。経路制御手法としては、それまで RIP (Routing Information Protocol) を使用しており必要以上の変更を加えたくないことから、デフォルト経路としては SINET 経由のバックアップ回線を静的に設定し、さらに RIP によりデフォルト経路より優先度が高い経

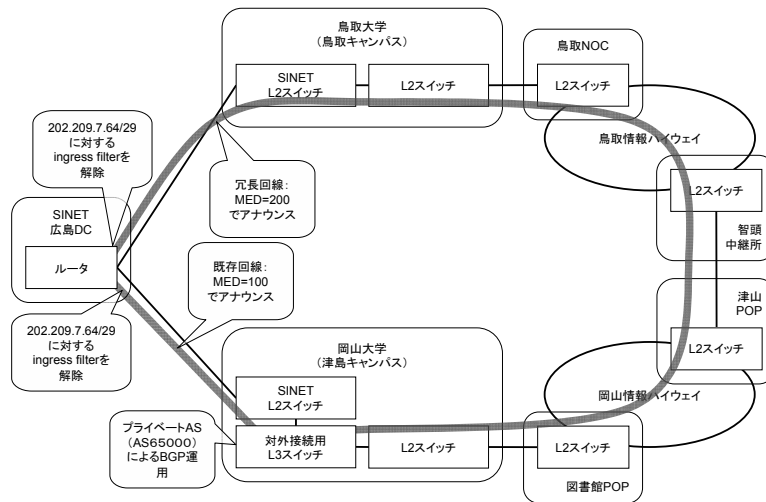


図 3: 冗長化後の岡山大学・SINET 間のネットワーク構成

路情報を OKIX・鳥取情報ハイウェイ経由の回線で広告することにより、上記の優先度に従う経路制御を行うようにした。これにより、OKIX・鳥取情報ハイウェイ経由の回線に障害が発生すると、RIP による経路情報が公告されなくなるため、自動的にデフォルト経路に切り替わる。なお、鹿田・三朝キャンパス間の回線については、今回は冗長化を見送った。

3.2 SINET 接続の冗長化

前章でも述べたように、OKIX には民間 ISP も多数接続されているため、これらを用いたマルチホームネットワークの構築も当初は検討した。しかし、試算の結果、実用的なマルチホームネットワークの構築には導入費用も運用費用も相当高額になることが判明したため、断念せざるを得なかった。そこで、次善策として津島キャンパスを OKIX および鳥取情報ハイウェイを経由して SINET 鳥取大学ノードに接続し、SINET 接続のバックアップ回線として利用することにした。

冗長化技法としては STP (Spanning Tree Protocol) [5] によるレイヤ 2 での冗長化、BGP (Border Gateway Protocol) [6] によるレイヤ 3 での冗長化など、いくつかの技法が適用可能であるが、経路制御が行いやすい、誤動作時にパケットの異常発生が起りにくいなどの理由により BGP を用いることになった。この場合、AS (Autonomous System) 番号が必要になるが、他のネットワークと経路情報を交換する必要がないことからプライベート AS 番号 (65000) を用いた。優先経路の設定については、たとえば計画作

業時などに事前に岡山大学側で双方向の経路を設定できるようにするため、岡山大学から SINET の方向では weight 属性⁴を指定し、また SINET から岡山大学の方向では岡山大学側から通知する MED (Multi-Exit-Discriminator) 属性に従うように設定した。

図 3 に冗長化後のネットワーク構成を示す。

3.3 三朝キャンパスのマルチホーム接続

三朝キャンパスと外部との通信は、これまで全て津島キャンパス経由で行われていたが、SINET 鳥取大学ノードへの接続が可能になると、こちらを経由する方が高速かつ低遅延で通信できることになる。そこで三朝キャンパスを対象としたマルチホーム接続を検討した。マルチホーム接続の実現方法としては、全ての通信を対象として BGP を利用する方法と、SMTP や HTTP など一部の通信を対象として ALG (Application Level Gateway) を利用する方法が考えられるが、後者を採用することにした。これは、前者の方法では全ての通信に対してセキュリティ対策を行う必要があり、多額の費用がかかるためである。

図 4 にマルチホーム接続に関する論理構成を示す。この構成では、まず SINET よりサブネットマスク長 29 ビットの IP アドレス (202.209.7.64/29) の割当てを受け、このアドレスを既存のレイヤ 3 スイッチでルーティングするようにした。このルーティングは本来であれば別のレイヤ 3 スイッチを用意するべきであるが、費用削減のためポリシールーティング機能を用いて既存のスイッチで行うことにした。

⁴Cisco Systems 社 IOS 独自の属性

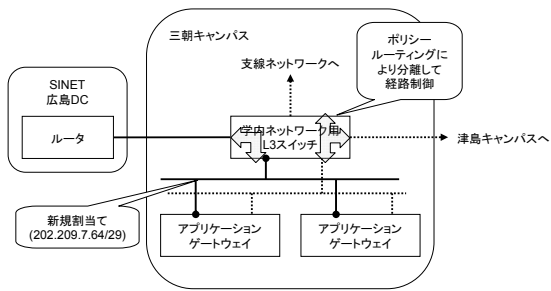


図 4: 三朝キャンパスのマルチホーム接続

ALG は現在設定中であり実運用はまだ行っていないが、DNS サーバを兼ねており、文献 [7] に示すように同時に複数の DNS 応答を各回線を経由して返すことにより遅延時間の短い経路を選択できるようになっている。このとき、全ての DNS 応答について送信元 IP アドレスを統一するため、従来の IP アドレス (150.46.0.0/16) が送信元になっている応答を鳥取大学ノードを経由して送ったり、逆にマルチホーム用の IP アドレスが送信元になっている応答を岡山大学ノードを経由して送ったりする必要が生じる。そこで、SINET 広島 DC において、送信元アドレスが 150.46.0.0/16 および 202.209.7.64/29 のパケットを岡山大学ノード、鳥取大学ノードのいずれから受信した場合でも中継するように、フィルタ (ingress filter) の解除を依頼した。

4 冗長化ネットワークの運用

前章で述べた冗長化ネットワークの運用は平成 20 年 8 月に開始した。運用開始から現時点までに SINET 接続、津島・三朝キャンパス間回線のいずれもバックアップ回線に切り替わるような障害は発生していない⁵が、運用開始時に動作確認実験を行い、有効性を確認している。また、三朝キャンパスのマルチホーム接続については、前章で述べたように実運用には至っていないが、文献 [7] に示すように学外からの SMTP 通信はほぼ全て鳥取大学ノード経由で、また学内からの SMTP 通信はほぼ全て OKIX・鳥取情報ハイウェイ経由で接続されることを確認しており、実運用開始後はかなりの有効性が見込まれる。

⁵三朝キャンパス内でのレイヤ 2 スイッチの故障によりキャンパス間通信が停止した事例はあるが、冗長化でも回避できなかった。

5 まとめ

本稿では、平成 20 年 8 月に実施した、SINET との接続や津島・三朝キャンパス間ネットワークの冗長化の構築方法について述べた。また、三朝キャンパスのマルチホーム接続方法についても述べた。これらの方法では SINET 鳥取大学ノードを経由する回線を使用することにより、安価に構築することができた。有効性については動作確認実験により確認した。

今後の課題としては、鹿田・三朝キャンパス間ネットワークの冗長化、三朝キャンパスにおけるマルチホーム接続の実運用が挙げられる。また、今回の冗長化では、単一障害点 (single point of failure) が多数残されていることから、その解消についても検討していきたい。

謝辞

今回の冗長化ネットワークの構築に際して、無償で回線や設備を供用いただいたり設定に協力していただいたりした、岡山県、鳥取県、三朝町、国立情報学研究所、鳥取大学の関係者の方々に感謝する。

参考文献

- [1] okix(Okayama Internet eXchange), <http://www.okix.ad.jp/>.
- [2] 鳥取情報ハイウェイ/とりネット/鳥取県公式サイト, <http://www.pref.tottori.lg.jp/dd.aspx?menuid=10012>.
- [3] L3/L2 VPN - SINET3(学術情報ネットワーク), <http://www.sinet.ad.jp/service/network/12/vpn>.
- [4] T. Li, B. Cole, P. Morton and D. Li, "Cisco Hot Standby Router Protocol (HSRP)", RFC2281, March 1998.
- [5] IEEE Standards for Local and Metropolitan Area Networks, "Media Access Control (MAC) Bridges", IEEE Std 802.1D-2004, June 2004.
- [6] Y. Rekhter, Ed., T. Li, Ed. and S. Hares, Ed, "A Border Gateway Protocol 4 (BGP-4)", RFC4271, January 2006.
- [7] 金勇, 清家巧, 岡山聖彦, 中村素典, 山井成良: "ALG を用いたマルチホーム環境における自組織宛メール配送の動的経路選択手法", 情報処理学会インターネットと運用技術研究会インターネットと運用技術シンポジウム 2008 講演論文集, pp. 137-143, 平成 20 年 12 月.